

Experimentelle Untersuchung elektrostatischer Kraftmodelle für polarisierbare Körper

Semesterarbeit

Um das Jahr 1785 formulierte der französische Physiker Charles Augustin De Coulomb das berühmte, später nach ihm benannte Gesetz für die elektrostatischen Kräfte, die zwei ruhende Punktladungen im Vakuum aufeinander ausüben. Dieses Gesetz wurde bis heute vielfach experimentell bestätigt und stellt wissenschaftlichen Konsens dar. Weniger eindeutig verhält es sich auf der makroskopischen Skala, wo an Stelle von Punktladungen Ladungsdichten betrachtet werden, auf die dann beispielsweise elektrostatische Volumen- und Flächenkraftdichten wirken. Hinzu kommt, dass bei polarisierbaren Medien, auch Dielektrika genannt, neben den freien auch gebundene Ladungen berücksichtigt werden müssen. Während eine naheliegende Verallgemeinerung des Coulombschen Gesetzes auf die Makroskala für freie Ladungen als konkurrenzlos angesehen wird, steht eine überzeugende experimentelle Validierung der Kräfte auf gebundene Ladungen bis heute aus. Andererseits hat sich die Theorie der Maxwell-Spannungen insbesondere in der Elektromechanik etabliert, bei der Divergenz und Sprung des Maxwell-Spannungstensors obengenannte Kraftdichten liefern. Dessen Formulierung in Dielektrika ist allerdings gleichermaßen Gegenstand einer seit über 100 Jahren andauernden Debatte, bei der das sog. Lorentz-Modell im Einklang mit dem verallgemeinerten Coulombschen Gesetz ist, andere Modelle allerdings gleichermaßen Einzug in verschiedene Probleme der Elektromechanik halten.

Die Semesterarbeit soll einen Beitrag zur Kontroverse um den Maxwell-Spannungstensor leisten, indem dessen prominenteste Modelle anhand eines einfachen Experimentes überprüft werden. Da sich die Modelle für freie Ladungen nicht unterscheiden, müssen Dielektrika involviert sein. Als geeignet wird ein in dielektrisches Öl eingetauchter Plattenkondensator erachtet, bei dem die elektrostatische Kraft auf eine der Platten gemessen wird. Durch Gegenüberstellung mit den theoretischen Vorhersagen auf Basis von FE-Berechnungen erfolgt im Idealfall die eindeutige Identifikation des korrekten Modells.

Die Arbeit umfasst im Einzelnen folgende Punkte:

1. Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen der Elektrostatik,
2. Konzeption und Aufbau eines Experiments zur Kraftmessung an in Öl getauchten Kondensatorplatten,
3. Durchführung und Auswertung des Experiments; Variation von Plattenabstand, elektrischer Spannung und des Öls,
4. Durchführung von FE-Berechnungen auf Basis der verschiedenen Modelle mit Abaqus und vergleichende Bewertung der Ergebnisse,
5. Zusammenschrift der Arbeit.