

Untersuchung elektrischer Felder und elektrostatischer Volumenlasten in rissbehafteten Dielektrika und Piezoelektrika mittels FEM

Bachelorarbeit

Vielen multifunktionalen Materialien kommt aufgrund ihrer besonderen elektromagnetischen Eigenschaften eine bedeutende Rolle in der Technik zu. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Strukturwerkstoffen unter hauptsächlich mechanischer Beanspruchung finden diese häufig Anwendung in Regelungs- oder Steuerungselementen, wobei sie zusätzlichen elektrischen oder magnetischen Lasten ausgesetzt sind. Hierbei sind besonders piezoelektrische Keramiken, die eine lineare Kopplung zwischen mechanischen und elektrischen Zustandsgrößen aufweisen, in das Forschungsinteresse gerückt. Wie auch bei Strukturwerkstoffen stellt Materialversagen in Form von Sprödbruch einen maßgebenden Faktor bei ihrer konstruktiven Auslegung dar.

Während die Theorie der linearen piezoelektrischen Bruchmechanik bislang fast ausschließlich elektrische und mechanische Randlasten betrachtet, bleiben elektrische Volumenkraftdichten, die auf die Kraftwirkung elektrischer Felder im Rahmen der Kontinuumsmechanik zurückzuführen sind, häufig unberücksichtigt. Beiden Größen ist gemein, dass sie sich in statischen Problemen vom Maxwellschen Spannungstensor ableiten, dessen Formulierung in polarisierbaren Medien trotz seiner zentralen Rolle in der makroskopischen Elektrodynamik bis heute kontrovers diskutiert wird. An diese Fragestellungen anknüpfend soll im Rahmen der Abschlussarbeit ein FE-Modell von zunächst nicht-piezoelektrischen Dielektrika und später Piezoelektrika unter elektromechanischer Belastung erstellt werden, um schließlich den Einfluss elektrischer Volumenkräfte auf bruchmechanische Fragestellungen zu untersuchen. Dabei ist zu erwarten, dass die bekannten Formulierungen des Maxwellschen Spannungstensors zu qualitativ unterschiedlichen Spannungsverläufen an Rissspitzen führen, was vor dem Hintergrund experimenteller Befunde zu interpretieren sein wird. Die programmiertechnische Umsetzung erfolgt im Rahmen des open source code FEniCS.

Die Arbeit umfasst im Einzelnen folgende Punkte:

1. Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen,
2. Aufbau eines ebenen FE-Modells mit Innenriss in isotropen und anisotropen Dielektrika, später in Piezoelektrika und Untersuchung von E-Feld-Verläufen,
3. Durchführung von Netzstudien und von Vergleichen mit vorhandenen analytischen Lösungen,
4. Untersuchung verschiedener Maxwell-Spannungstensoren hinsichtlich des Einflusses von Volumenkräften in Dielektrika,
5. Zusammenschrift der Arbeit.