

Analyse dynamisch beanspruchter Risse in elastischen Körpern mit der Virtuelle Elemente Methode

Masterarbeit

Risse in elastischen Materialien stellen eine besonders extreme Form von Kerben dar und neigen, aufgrund hoher lokaler Beanspruchung an deren Spitzen, mitunter bereits bei mäßigen äußeren Lasten, zum Wachstum. Dies kann die Integrität einer technischen oder natürlichen Struktur gefährden und zu deren Bruch führen. Insbesondere hochdynamische Belastungen, etwa in Gestalt von Stößen, begünstigen diesen Prozess und können zudem ohne Vorwarnung zum plötzlichen Versagen bis hin zur Katastrophe führen.

Numerische Methoden kommen seit Jahrzehnten bei der Beanspruchungsanalyse von Rissen zur Anwendung und leisten heute wesentliche Beiträge, u.a. zur sicheren Auslegung von Konstruktionen oder zur Vorhersage und Erhöhung von Lebensdauern im Sinne eines sicheren Betriebs. Neben der Methode der Finiten Elemente (FEM) wurde die Randelementmethode intensiv in Bezug auf Anwendungen in der Bruchmechanik erforscht. Partikelbasierte Ansätze und schädigungsmechanische Zugänge, etwa auf Basis von Phasenfeldern, liefern qualitative Ergebnisse, sind aber für quantitative Untersuchungen und zur Absicherung in sicherheitsrelevanten Anwendungsfeldern nicht geeignet. Die Virtuelle Elemente Methode (VEM) stellt eine erst vor wenigen Jahren ins Leben gerufene Generalisierung der FEM dar, bei der die Formfunktionen nur virtuell vorliegen und mithilfe geeigneter Projektionsoperatoren hinreichend exakt approximiert werden. Vorteile bei Rissproblemen ergeben sich insbesondere aus dem hohen Maß an Flexibilität bei der Elementgestaltung.

Im Zuge der Masterarbeit sollen dynamische Beanspruchungsanalysen von stationären Rissen, als Vorstufe einer Risswachstumssimulation, im Rahmen der VEM umgesetzt werden. Unter Berücksichtigung von Massenträgheit und Strukturdämpfung, sowie durch Anwendung eines geeigneten Ansatzes zur Zeitintegration, werden dynamische Spannungsintensitätsfaktoren und Energiefreisetzungsraten berechnet.

Im Einzelnen sind die folgenden Schritte erforderlich:

1. Einarbeitung in die Grundlagen der VEM und der dynamischen Bruchmechanik
2. Recherche zu Verfahren der Zeitintegration und Auswahl eines geeigneten Verfahrens
3. Erweiterung der VEM-Implementierung durch Trägheitsterm und modale Dämpfung
4. Implementierung eines Zeitintegrationsverfahrens
5. Studie zum Lösungsverhalten anhand von 1D und 2D Beispielen
6. Implementierung des Postprocessings zur Berechnung von Beanspruchungsgrößen
7. Verifikation auf Basis analytischer Lösungen und von Beispielen aus der Literatur
8. Zusammenschrift der Arbeit