

EIN NUMERISCHES MODELL ZUR SIMULATION DES RISS- WACHSTUMS IN SPRÖDEN WERKSTOFFEN - ENTWICKLUNG UND IMPLEMENTIERUNG FÜR ABAQUS

Ch. Feist¹, Y. Theiner², G. Hofstetter²

¹CENUMERICS – Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian Feist
Haspingerstraße 16, A-6020 Innsbruck
Christian.Feist@cenumerics.com, www.cenumerics.com

²Arbeitsbereich für Festigkeitslehre, Baustatik und Tragwerkslehre,
Universität Innsbruck, Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck
Yvonne.Theiner@uibk.ac.at / Guenter.Hofstetter@uibk.ac.at, www.uibk.ac.at/bft

Kurzfassung

Der vorliegende Beitrag beleuchtet die Entwicklung eines numerischen Modells zur Simulation der Rissinitiierung und des Risswachstums in Strukturen aus spröden Werkstoffen. Weiters wird die Implementierung des Modells als Familie von Finiten Elementen in Form von *user elements* für das FE-Programm Abaqus beschrieben.

Ein diskreter Riss kann aus mathematischer Sicht als eine durch eine Unstetigkeit im Verschiebungsfeld gekennzeichnete Diskontinuitätsfläche angesehen werden. Mit Hilfe des Konzeptes der *strong discontinuity kinematics* kann die Kinematik eines Festkörpers, durch welchen eine solche Diskontinuität verläuft, beschrieben werden. Das vorgestellte numerische Modell, welches diese Kinematik abbildet, basiert auf der Methode des *strong discontinuity approach (SDA)* und ist im Rahmen der *elements with embedded discontinuities* formuliert. Diese Elemente erlauben die Abbildung von Diskontinuitätsflächen, welche eine gewählte räumliche Diskretisierung in nahezu beliebiger Form durchschneiden können. Somit kann auf die Anwendung aufwändiger adaptiver Methoden verzichtet werden, die darauf abzielen, die Diskretisierung entsprechend dem prognostizierten Rissverlauf anzupassen. Im Gegensatz zum Ansatz der *eXtended Finite Element Method (X-FEM)* werden jene Freiheitsgrade, welche den Sprung im Verschiebungsfeld beschreiben, nicht als globale Lösungsgrößen betrachtet, sondern auf Elementebene eliminiert.

Die beschriebenen Elemente sind für zwei- und dreidimensionale quasistatische Probleme in das FE-Programmsystem Abaqus als *user elements* implementiert. Zur Gewährleistung netzunabhängiger Ergebnisse ist es in der Regel erforderlich, über benachbarte Elemente hinweg stetige Diskontinuitätsflächen vorzuschreiben. Dazu werden *Rissverfolgungsalgorithmen* eingesetzt. Ein entsprechender Ansatz und seine Umsetzung für Abaqus wird vorgestellt.

Zur Berücksichtigung lokaler Entlastungszustände sowie von Ent- und Wiederbelastung wird das im Rahmen der Plastizitätstheorie formulierte Modell mit einem isotropen Schädigungsmodell gekoppelt. Der Entstehung eines diskreten, makroskopischen Risses geht der Prozess der Lokalisierung verbunden mit einer diffusen Schädigung des Materials voran. Um die einzelnen Phasen der Rissbildung möglichst genau beschreiben zu können, wird das Modell der eingebetteten Diskontinuitäten mit einem Modell verschmierter Risse kombiniert.

Die Anwendung des numerischen Modells wird anhand der Nachrechnung diverser Versuche und Anwendungsprobleme gezeigt. Abschließend wird ein Ausblick auf mögliche Anwendungsgebiete des Modells im Rahmen strukturmechanischer Berechnungen gegeben.