

Schriftenreihe des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau

Herausgeber:  
Geschäftsführender Direktor des  
Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau  
Ruhr-Universität Bochum

Heft 2009-3

**Peter Dumstorff**

**Modellierung und numerische Simulation  
von Rissfortschritt  
in spröden und quasi-spröden Materialien  
auf Basis der Extended Finite Element Method**

Shaker Verlag  
Aachen 2009

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2005

Copyright Shaker Verlag 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-8280-6

ISSN 1614-4384

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

# Modellierung und numerische Simulation von Rissfortschritt in spröden und quasi-spröden Materialien auf Basis der *Extended Finite Element Method*

Dipl. Ing. Peter Dumstorff

## Kurzfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Finite Elemente Modell entwickelt, das die wirklichkeitsnahe Simulation von Rissfortschritt erlaubt. Neben quasi- spröden Materialien - wie zum Beispiel zementgebundenen Werkstoffen - werden auch spröde Materialien - wie zum Beispiel Glas oder Keramik - betrachtet. Das entwickelte Modell baut auf der *Extended Finite Element Method* (X-FEM) auf, die sich für die numerische Simulation von Rissfortschritt bewährt hat.

Die *Extended Finite Element Method* bietet die Möglichkeit diskrete Risse und Rissfortschritt unabhängig vom verwendeten Finite Elemente Netz zu simulieren. In der vorliegenden Arbeit wird dazu die Finite Elemente Approximation im Bereich der Risspitze mit speziellen Rissspitzenfunktionen angereichert. Abhängig von der Art der betrachteten Problemstellung – spröde oder quasi-spröde Materialien- kommen unterschiedliche Rissspitzenfunktionen zum Einsatz. Im Bereich des geöffneten Risses wird unabhängig von der Art der Problemstellung die Signum-Funktion als Erweiterungsfunktion verwendet.

Im Rahmen diskreter Rissmodelle ist die sorgfältige Formulierung eines geeigneten Rissfortschritts- und Rissrichtungskriteriums von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grund bildet die Entwicklung eines globalen Energiekriteriums zur Bestimmung der Rissfortschrittsrichtung und der Rissfortschrittslänge einen zentralen Punkt dieser Arbeit. Bei der Formulierung dieses Kriteriums stellen sowohl die Rissfortschrittslänge als auch der Rissfortschrittswinkel zusätzliche globale Systemfreiheitsgrade dar. Diese zusätzlichen Freiheitsgrade werden zusammen mit den regulären Freiheitsgraden im Rahmen der Gleichgewichtsiteration bestimmt.

Die wirklichkeitsnahe Erfassung der wesentlichen Charakteristika des Werkstoffverhaltens quasi-spröder Materialien erfordert die Formulierung eines geeigneten Materialgesetzes. Hierzu wird in der vorliegenden Arbeit ein Materialmodell zur Simulation quasi-spröder Materialien in Form einer Traktions-Verschiebungsbeziehung hergeleitet.

Die Leistungsfähigkeit des entwickelten Modells wird anhand repräsentativer numerischer Rissfortschrittsanalysen demonstriert. Die Validierung des Rissmodells erfolgt durch den Vergleich mit Ergebnissen experimenteller Untersuchungen.