

# **Einsatz von Hyperworks für eigenen Programmcode – Die elementfreie Galerkin-Methode zur Berechnung von Beton unter Detonationsbeanspruchung**

Martin Larcher

*Institut für Massivbau und Baustofftechnologie*

*Universität Karlsruhe (TH)*

*76128 Karlsruhe*

*E-Mail: larcher@ifmb.uka.de*

## **1 Abstract**

Die Berechnung von Beton unter einer hochdynamischen Beanspruchung stellt hohe Anforderungen an die verwendeten Methoden und Stoffgesetze. Diese werden von den klassischen Finite-Elemente-Programmen nicht in vollem Umfang zur Verfügung gestellt. In einem solchen Fall kann es notwendig sein, einen eigenen Berechnungscode zu entwickeln. Neben der Programmierung des Programmkernes ist die Frage des Prä- und Postprozessings zu klären. Um den Aufwand zu minimieren, bietet es sich an, auf bestehende Programme wie Hyperworks zurückzugreifen.

In der Arbeit wird das elementfreie Galerkin-Verfahren benutzt, bei dem die Zuordnung der Knoten zueinander nicht über Elemente repräsentiert wird, sondern nur über den Abstand zueinander definiert ist. Dieses Verfahren eignet sich für Anwendungen bei denen große Verzerrungen auftreten, da bei der EFG-Methode keine Beschränkungen bezüglich Elementverformungen existieren. Für die Berechnung von Beton wird die EFG-Methode benutzt, um diskrete Risse darstellen zu können. Die nichtlinearen Eigenschaften bei der Entstehung eines Risses werden durch die Einführung einer Bruchprozesszone implementiert. Weiterhin muss bei einer Detonationsbeanspruchung das nichtlineare Verhalten des Betons unter hohem hydrostatischem Druck berücksichtigt werden, das zur Ausbildung von Schockwellen führt. Die Berechnung selbst findet mit einem axialsymmetrischen Ansatz statt. Als Kontrolle der verwendeten Methoden dienen die Rissbilder, die sich bei den am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie durchgeführten Versuchen ergeben haben.

Die Eingabe in das entwickelte Programm erfolgt analog zur Syntax von abaqus, so dass verschiedene Programme wie hypermesh für das Präprozessing zum Einsatz kommen können.

Wesentlich aufwändiger als die Erstellung der Geometrien ist die Auswertung der Ergebnisse. Das relativ gut dokumentierte abaqus-fil-Format wird vom Programm

erzeugt und kann mit dem hmabaqus-Skript in eine res-Datei übersetzt werden, so dass die Ergebnisse mit hyperview ausgewertet werden können.

Da in dem numerischen Modell diskrete Risse verwendet werden, sollen diese auch dargestellt werden. Dabei werden die Risse als eigene FE-Modelle definiert, die über den Kontour-Plot gelegt werden. Das Programm erstellt automatisch die erforderlichen mvw-Eingabedateien, so dass auch Modelle mit vielen Rissen ausgewertet werden können. Dabei können auch die Phänomene der Rissentstehung und des Risswachstums kontrolliert werden.

Auch wenn sich die Verwendung der res-Dateien mit den generierten mvw-Dateien mittlerweile bewährt hat, bleibt dieses Vorgehen aufwändig. Alternativ wäre die Ausgabe des Altair Binary Formats (ABF) möglich. Diese Schnittstelle ist leider nicht offen verfügbar und nur sehr knapp dokumentiert.