

# Dissertation

Hermann Josef Feise

## Modellierung des mechanischen Verhaltens von Schüttgütern

Um das Verhalten von Schüttgütern mit der Finite Elemente Methode vorhersagen zu können, werden leistungsfähige Stoffmodelle benötigt, die in der Lage sind, die besonderen Eigenschaften von Schüttgütern beim Verdichten, ihre Reibungseigenschaften, die Kohäsion und das zeitabhängige Verhalten zu beschreiben. In der Arbeit wird das hypoplastische Stoffmodell von Kolymbas, welches die Spannungsrate als eine Funktion der Spannung und der Deformationsrate beschreibt, auf feinen Kalkstein als Beispiel für kohäsive Schüttgüter angewendet. Aus Versuchen in der Zweiaxialbox wird ein geeignetes Qualitätskriterium entwickelt, welches in einer Optimierungsrechnung mit der Evolutionsstrategie zur Parameterbestimmung eingesetzt wird.

Das grundlegende Gestaltungsprinzip des hypoplastischen Stoffmodells ist die Antwortumhüllende, die die gerichtete Steifigkeit des Materials angibt. Für den ebenen Dehnungszustand wird aus Versuchen mit geknickten Dehnungspfaden die Antwortumhüllende experimentell bestimmt. In der Abb. sind drei Antwortumhüllende für Kalkstein gezeigt, wie sie sich für Spannungszustände ergeben, die aus symmetrischen zweiaxialen Verdichtungen resultieren. Die Größe der Antwortumhüllenden hängt vom Spannungsniveau ab, ihre Form jedoch nicht. Dabei ist die Steifigkeit des Kalksteins beim Expandieren etwa um zwei Größenordnungen höher als beim Verdichten.

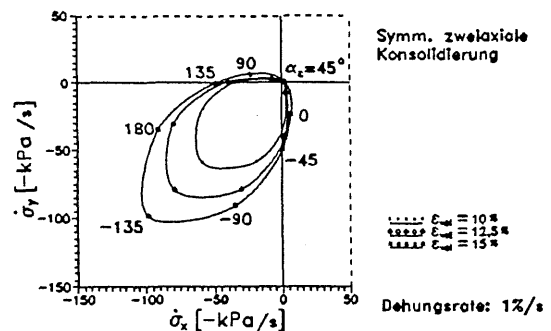
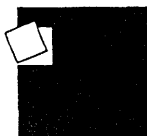


Abb.: Antwortumhüllende für Kalkstein

Um das Verhalten von feinem Kalkstein zu beschreiben, reicht die Grundversion des hypoplastischen Stoffmodells nicht aus. Daher wird die Stoffgleichung für die Spannungsrate um zwei Größen zur Beschreibung der Kohäsion (Strukturtenor) und der Zeitabhängigkeit ( $\Psi$ -Tensor) erweitert. Mit dem erweiterten Stoffmodell können die isotrope Zugfestigkeit, Relaxation, Kriechen und Geschwindigkeitsabhängigkeit beschrieben werden.



Institut für  
Mechanische Verfahrenstechnik  
TU Braunschweig