



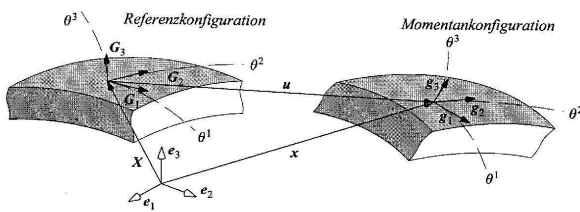
Entwicklung eines Volumen-Schalen-Elementes im Rahmen der FEM basierend auf DSG Ansätzen

Diplomarbeit von Daniel Mesghena



Oberflächenorientiertes Volumen-Schalen-Element

Oberflächenorientierte Schalenmodelle besitzen Freiheitsgrade an ihrer Ober- und Unterseite - der gesamte Schalenkörper wird wie ein 3-D Kontinuumsmodell diskretisiert. Mechanische Fragestellungen, die eine solche Formulierung erforderlich machen, sind z.B. Verformungsprozesse mit Kontakt oder Reibung. Zur Implementierung des 3-D Stoffgesetzes muss ein mindestens linearer Verschiebungsverlauf in Dickenrichtung zugelassen werden. In dieser Arbeit werden nur lineare Verschiebungsansätze betrachtet, sodass wir ein hexaedrisches Element mit trilinearen Ansatzfunktionen als Ausgangspunkt erhalten.



Versteifungseffekte/Locking

Die anschaulichste Definition des Locking ist die mechanische Sichtweise. Dabei werden parasitäre Spannungen und Verzerrungen als Indikatoren für die Versteifungseffekte angesehen. Diese kommen in der analytischen Lösung nicht vor, sehr wohl aber in der FE-Lösung, abhängig von den linearen Ansatzfunktionen. Grund ist eine fehlende Balance derselben - die Verläufe einiger Verzerrungsanteile besitzen einen niedrigeren Polynomgrad als andere z.B.:

$$\gamma^h(x) = \underbrace{w_{,x}^h}_{const.} + \underbrace{\varphi^h}_{linear}$$

Discrete-Shear-Gap Methode

Die DSG-Methode nimmt eine Modifikation der Verläufe einzelner Verzerrungsterme der B-Matrix vor. Dabei werden die Discrete-Shear-Gaps per Integral in den Knotenpunkten ausgewertet und mithilfe der Ansatzfunktionen N_i über das gesamte Element interpoliert.

$$\Delta w_\varphi^i = \int_{x_1}^{x_i} \varphi(x) dx$$

$$w_\varphi^*(x) = \sum_{i=1}^{n_i} N_i \Delta w_\varphi^i$$

$$\varphi^*(x) = \frac{\partial w_\varphi^*(x)}{\partial x}$$

Die DSG-Methode (H2) weist Schwächen auf bei einer Netzverzerrung s in Dickenrichtung (1,3-Ebene). Es lässt sich ein starker Leistungsabfall des Elementes beobachten.

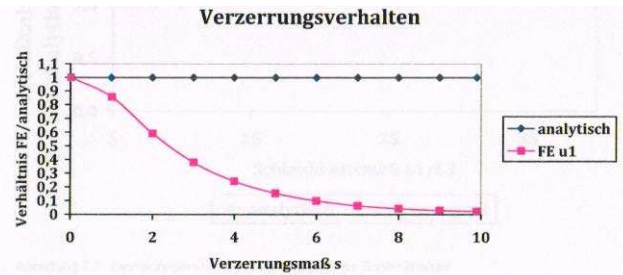


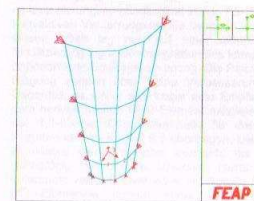
Abbildung 7.4: Elementverhalten bei Netzverzerrung in der 1,3-Ebene

Zur Beseitigung der Schwächen bei Netzverzerrung wird ein modifizierter Ansatz der DSG-Methode verwendet. Die Integration der Schubverzerrungsanteile wird erst im Anschluss an die Transformation auf das orthonormierte KOS durchgeführt:

$$\Delta w_i^{j3}(\xi^r) = \int_{\xi_1^1}^{\xi_1^{\circ 1}} \underline{TE}(\xi_i^r) d\xi^j$$

Ergebnisvergleich

Vorteile besitzt die modifizierte DSG-Methode (H3) nur bei Zugbeanspruchung. Anschaulich lässt sich dies am Beispiel eines Silos unter Innendruck zeigen. Unter dieser Belastung entsteht Zug in Umfangsrichtung. Die beiden DSG-Varianten reagieren unterschiedlich darauf. Das modifizierte DSG-Element (H3) nähert sich von der weichen Seite aus an die exakte, analytische Lösung an - im Gegensatz zum normalen DSG-Element (H2):



Diskretisierungsverhalten

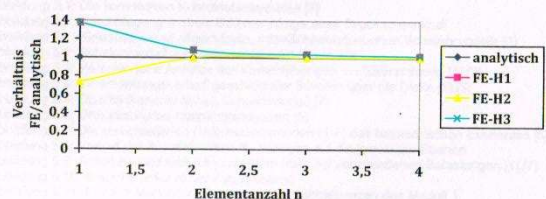


Abbildung 8.11: Vergleich des Elementverhaltens bei zunehmender Netzverfeinerung