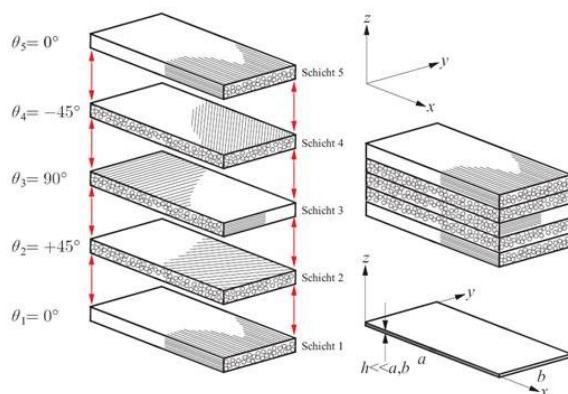

Masterarbeit

Implementation von Schalenelementen zur Beschreibung von Faserverbundlaminaten in einem nichtlinearen Finite-Elemente-Programm

Problemstellung



In Leitbauanwendungen findet vermehrt die Faserverbund-Bauweise Anwendung. Hierbei werden dünne, schalenartige Strukturen aus Laminaten von faserverstärkten Einzelschichten hergestellt.

Um solche Laminat effizient in Finite-Elemente-Analysen abzubilden, empfehlen sich Schalenelemente, die das gesamte Laminat als eine homogene Einzelschicht idealisieren (ESL-Theorie für engl. equivalent-single-layer), da hierbei die Anzahl der numerischen Freiheitsgrade (engl. dofs für degrees-of-freedom) nicht mit der Anzahl der Schichten steigt.

In der Arbeit soll eine aktuelle ESL-Theorie aus der Literatur ausgewählt und anschließend im am Fachgebiet KLuB entwickelten allgemeinen, nichtlinearen Finite-Elemente-Programm implementiert werden. Abschließend soll die Leistungsfähigkeit der Theorie mit etablierten ESL-Theorien verglichen, sowie weiteres Verbesserungspotential ermittelt werden.

Hintergrund

Auch bei ESL-Theorien können in Nachlaufrechnungen schichtweise die Zustandsgrößen (wie Spannungen) berechnet werden. In der Praxis verwendete ESL-Theorien, wie die klassische Laminattheorie oder die TSDT (third-order-shear-deformation-theory) nach Reddy machen hierbei jedoch qualitative Fehler. Z.B. generieren Sie nicht-kontinuierliche Schubspannungsverteilungen über die Dicke, die den Gesetzen der Kontinuumsmechanik widersprechen. Da gerade diese Spannungen essentiell zur Vorhersagen interlaminaren Versagens sind, benutzte man lange sogenannte „schichtweise



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Prof. Dr.-Ing. habil. C. Mittelstedt

Fachgebiet Konstruktiver
Leichtbau und Bauweisen

Fachbereich 16 Maschinenbau

Otto-Berndt-Str. 2
64287 Darmstadt
Tel. +49 6151 16 - 22020
Fax +49 6151 16 - 21980

Theorien“ (engl. layerwise theories) die (mindestens) jede Einzelschicht separat diskretisieren, wodurch der numerische Aufwand erheblich steigt.

In den letzten Jahren wurden jedoch große Fortschritte bei ESL-Theorien gemacht, so dass heutzutage gute qualitative und quantitative Vorhersagen der Spannungsverläufe möglich sind. Dieser Fortschritt beruht vor allem auf zwei Schlüsselkonzepten:

- Der Einbringung von speziellen Verschiebungsansatzfunktionen in die Kinematik, die in Dickenrichtung unstetige Ableitungen aufweisen. (Man spricht dann von „(refined) zig-zag-theories“.)
- Elementformulierungen, die aus gemischten Variationsansätzen abgeleitet werden, die selektiv auch einzelne Spannungskomponenten als zusätzliche Primärvariablen (neben den Verschiebungen) behandeln.

Aufgaben

Im Rahmen dieser Arbeit fallen folgende Teilaufgaben an:

- Einarbeitung in die nichtlineare Finite-Element-Methode
- Literaturrecherche zu aktuellen ESL-Theorien
- Einarbeitung in die Programmiersprache Python
- Nachvollziehen der Funktionsweise des bestehenden FE-Programms
- Implementation eines Standard-Schalenelementes mit Reissner-Mindlin Kinematik (zum Einstieg)
- Implementation einer ausgewählten, geeigneten ESL-Theorie
- Dokumentation der Implementationen
- Verifikation der Implementationen
- Kritischer Vergleich mit etablierten ESL-Theorien
- Herausarbeiten von Verbesserungspotentialen
- Dokumentation der Ergebnisse in Form einer Masterarbeit

Betreuer: Dr.-Ing. Patrick Schneider

Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Mittelstedt
