

Masterarbeit

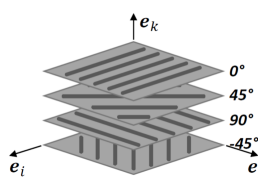
## Untersuchung der Eignung von 3D-Schalenelementen höherer Ordnung für die Simulation von Laminat-Strukturen

Für eine effiziente Simulation von dünnwandigen Laminat-Strukturen eignen sich dimensions-reduzierte Schalenmodelle besonders gut. Modellierungsansätze nach dem Stand der Technik mit klassischen Schalenelementen sind in ihrer Prognosequalität jedoch eingeschränkt, da diese lediglich einen reduzierten Spannungszustand abbilden können. Besonders bei dicken Laminaten, wie sie beispielsweise bei Wasserstofftanks vorkommen, ist jedoch die Berücksichtigung eines dreidimensionalen Spannungszustands notwendig, um realistischere Ergebnisse zu erhalten.

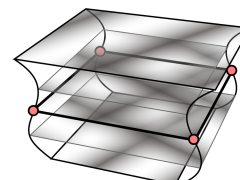
In dieser Abschlussarbeit soll die Eignung von sogenannten 3D-Schalenelementen höherer Ordnung zur effizienten Simulation von Laminat-Strukturen untersucht werden. Diese Elemente sind in der Lage, einen dreidimensionalen Spannungszustand sowie Querschnittsverwölbungen abzubilden. Die Ergebnisse werden mit Simulationen mit Standard-Schalenelementen verglichen. Als Referenz sollen (soweit möglich) Experimentaldaten aus der Literatur und vollständig dreidimensionale Simulationen mit Solid-Elementen dienen. Mithilfe dieser Referenzlösungen soll eine systematische vergleichende Untersuchung zur Qualität der Ergebnisse durchgeführt werden. Die Simulation der Laminat-Strukturen erfolgt unter Vernachlässigung von Delaminationen in der kommerziellen Finite-Elemente-Software LS-DYNA.



Wasserstofftank aus Laminat-Werkstoff



Schichtaufbau eines Laminat-Werkstoffs



Geschichtetes 3D-Schalenelement höherer Ordnung

Wasserstofftank von Claus Ableiter, CC BY-SA 4.0.  
Quelle: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/69/Linde-Wasserstofftank.JPG>

### Teilaufgaben

- Literaturrecherche zu Faserverbundwerkstoffen und Modellierungsansätzen.
- Einarbeitung in explizite Finite-Elemente-Simulationen mit LS-DYNA.
- Simulation ausgewählter Benchmarks mit verschiedenen Modellierungsansätzen.
- Systematischer Vergleich und Bewertung der Ergebnisse.

### Empfohlene Interessengebiete

Kommerzielle Finite-Elemente-Software, faserverstärkte Kunststoffe.

### Literatur

Willmann, T. et al.: *Cross-Sectional Warping in Sheet Metal Forming Simulations*, 13th European LS-DYNA Conference, 2021.

Czichos, R. et al.: *Comparison of Numerical Modelling Approaches for the Residual Burst Pressure of Thick Type IV Composite Overwrapped Pressure Vessels Related to Low-Velocity Impact*, Internat. Journal on Pressure Vessels and Piping 199, 2022.