

Motivation

Um das Tragverhalten von dünnwandigen Strukturen unter Innendruck zu schätzen, muss eine geeignete strukturmechanische Beschreibung gewählt werden.

Die Unterschiede zwischen Membran- und Schalentheorie sowie die daraus resultierenden Abweichungen werden durch die Simulation von ANSYS für einfache dünnwandige Strukturen verdeutlichen.

Die Einflüsse von Variablen wie Dicke, Geometrie und Materialparametern auf die Membran-, Biege- und Querschubenergie werden simuliert. Außerdem werden die Auswirkungen von Innendruck, Eigengewicht und Punktlasten berücksichtigt.

Finite-Element-Modelle

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf geometrisch nichtlinear, quasi statische Prozesse und isotrope linear elastische Materialien (kleine Verzerrungen).

SHELL181 wird als Elementtyp des Modells ausgewählt.

Es werden Modelle von Halbzylinder, Halbkugel und Tank-Geometrie berücksichtigt.

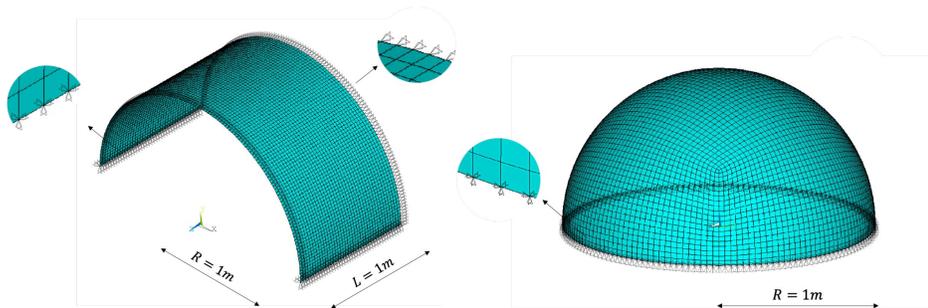


Abbildung: Strukturmodell des Halbzylinders.

Abbildung: Strukturmodell der Halbkugel.

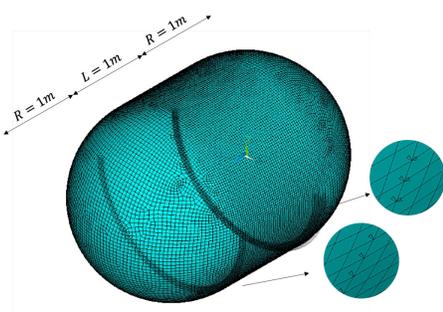


Abbildung: Strukturmodell des Tanks.

Die Verzerrungsenergiedichte ψ_{all} (pro Element) wird aus der Element-Output von ANSYS ermittelt.

$$\psi_{all} = \psi_m + \psi_b + \psi_s$$

Membranenergiedichte:

$$\psi_m = \frac{1}{2} (S_{m11}\epsilon_{11} + S_{m22}\epsilon_{22} + 2 S_{m12}\epsilon_{12})$$

Biegeenergiedichte:

$$\psi_b = \frac{1}{2} (S_{b11}\kappa_{11} + S_{b22}\kappa_{22} + 2 S_{b12}\kappa_{12}) \cdot \frac{t}{2}$$

Querschubenergiedichte:

$$\psi_s = \frac{1}{2} (S_{t13}\gamma_{13} + S_{t23}\gamma_{23})$$

Betreuer: M.Sc. Maximilian Schilling

<https://www.ibb.uni-stuttgart.de>

Simulationsergebnisse

Die Simulationsergebnisse werden als Grafik einer dimensionslosen Größe ψ_m/ψ_{all} dargestellt. Das Tragverhalten der Struktur unter jedem Lastfall wird dann bewertet.

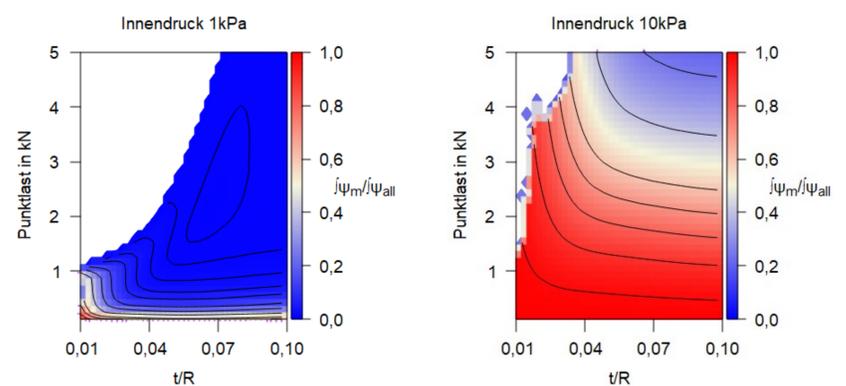


Abbildung: Das Verhältnis der Membranenergie des Halbzylinders unter Innendruck und Punktlast.

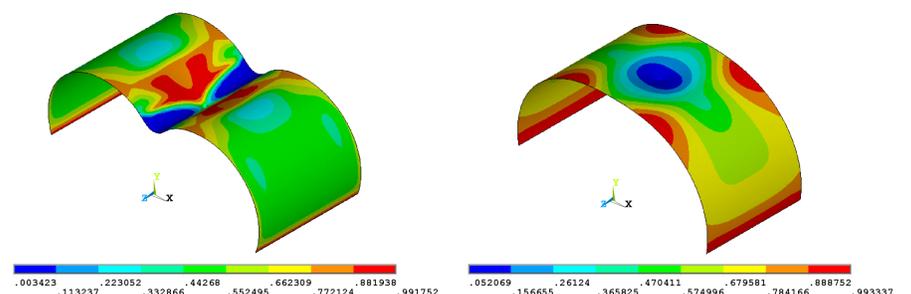


Abbildung: Die Verteilung des Verhältnisses der Membranenergiedichte eines Halbzylinders unter Innendruck und einer Punktlast. Links: $p = 1 \text{ kPa}$, $t/R = 0,01$, $F = 1 \text{ kN}$. Rechts: $p = 10 \text{ kPa}$, $t/R = 0,05$, $F = 5 \text{ kN}$.

Beispielsweise wird die Last bei Strukturen unter niedrigem Innendruck, hohen Punktlasten und mit kleinen Dickenverhältnissen überwiegend über Biegung abtragen.

Literatur

[1] Niewiarowski, Alexander; Adriaenssens, Sigrid; Pauletti, Ruy M.: Illustrating Membrane-Dominated Regimes in Pressurized Thin Shells. In: *Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures* 62 (2021)

[2] Bischoff, Manfred; Bletzinger, K-U; Wall, WA; Ramm, E: Models and finite elements for thin-walled structures. In: *Encyclopedia of computational mechanics* (2004)