



Problemstellung

Eine Schalentragwerk ist ein flächiges Tragwerk, das räumlich gekrümmt ist. Bei optimaler Ausnutzung der Tragfähigkeit ihres Materials, durch das Abtragen von Lasten über Membrankräfte, spielen Schalen in der Natur und Technik eine bedeutende Rolle.

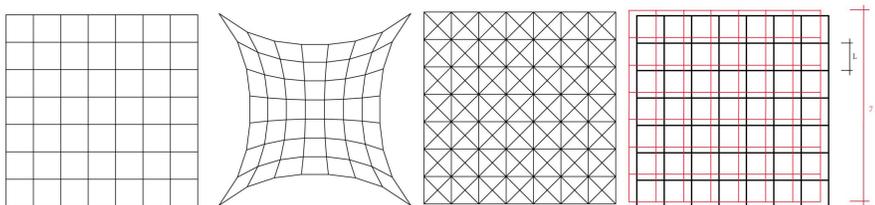
In dieser Arbeit soll mit numerischer Formfindung ein optimales Schalentragwerk gefunden werden, dazu werden das CAD Programm **Rhino** und das Pulgins, **Grasshopper** und **Kangaroo**, verwendet. Die NURBS-Geometrien sollen durch eine isogeometrische Analyse in das institutseigene Programm **NumPro** untergesucht und dann miteinander verglichen werden.

Partikel-Feder-System

Partikel-Feder-Systeme basieren auf konzentrierten Massen, sogenannten Partikeln, die durch linear elastische Federn verbunden sind. Jeder Feder ist eine konstante axiale Steifigkeit, eine Anfangslänge und ein Dämpfungskoeffizient zugeordnet. Auf die Partikel können externe Kräfte aufgebracht werden, wie dies bei der Gravitationsbeschleunigung der Fall ist.

Modelle in Rhino

In Rhino wird die Geometrie durch numerische Formfindung mit den Plugins, Visualprogrammier Plugin Grasshopper und Physics Engine Kangaroo, optimiert. Mit Grasshopper wird zuerst eine punktegelagerte Platte als Grundfläche definiert. Als nächstes wird diese in kleine Flächen durch ein Mesh-Tool aufgeteilt, wie bei der Finite-Element-Methode. Dabei wird das Plugin Weaverbird benutzt. Um verschiedene Schalenmodelle zu erhalten, sollen Schalen aus unterschiedlichen Polygonnetzen und Anfangslängen untersucht werden.



Unterschiedliche Polygonnetze

- Strukturiertes Polygonnetz aus Rechtecken
- Anfangslängenskoeffizient $\alpha = 0.6$
- Polygonnetz als Dreiecksnetz
- Komplexes Polygonnetz mit zwei Schichten

Die Idee der Modelle ist, mit komplexem Polygonnetz die Schubsteifigkeit des Materials zu simulieren, und die Möglichkeiten des Polygonnetzes zu erweitern. Im Partikel-Feder-System ist das Polygonnetz der größte Einflussfaktor. Das heißt, in einem gewissen Ausmaß, ist der Entwurf von Schalentragwerk eigentlich der Entwurf des Polygonnetzes.

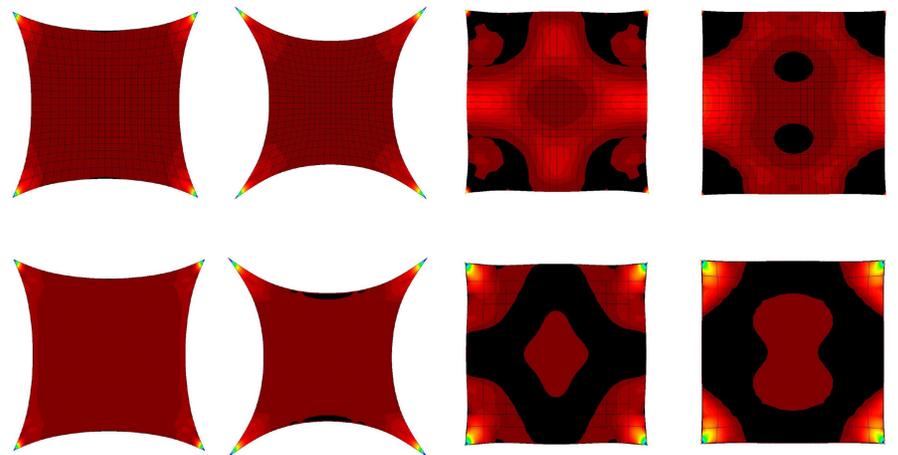
Bachelorarbeit unter der Betreuung von
Dipl.-Ing. Bastian Oesterle

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

Auswertung mit Numpro

Um Rückschlüsse auf die Geometrie der Schalen zu ziehen, wird der Druckanteil der Schalen gesucht. Mit einem guten Verhältnis des Druckanteils haben die Schalentragwerke:

- Eine bessere Aussage über die Qualität des Tragverhaltens
- Ein günstigeren, wirtschaftlicheren Materialeinsatz



Druckspannungen auf der Schalenober- und Schalenunterseite

In GiD wird die „11“ Cauchy-Normalspannungen angezeigt, durch die Einstellung seiner Obergrenze von 0 werden die Zuganteile der Spannungen in Schwarz dargestellt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass man mit numerische Formfindung recht gute Formen finden kann. Als die beste Form hier untersuchten Modellen hat sich das Modell mit reguläre rechteckige Polygonnetz herausgestellt. Das Modell 2. ergab ähnliche, aber etwas schlechter Ergebnis wie das Modell 1. Dadurch kann man vermuten, dass die Anfangslänge des Federsystems sehr kleine Wirkung auf das Tragverhalten der Schalen hat.

Literatur

- Huang, R: Computergestützter Entwurf von Schalentragwerken, Institut für Baustatik und Baudynamik, Universität Stuttgart, Bachelorarbeit, 2016