

# Formfindung mit numerischen Hängemodellen

## Motivation und Zielsetzung

Schalen sind dünne Flächentragwerke, die durch ihre Krümmung Querbelastungen hauptsächlich durch Kräfte in der Fläche und nicht über Biegung abtragen. Der Lastabtrag steht im direkten Zusammenhang mit der Geometrie, weshalb der Formfindung große Bedeutung zukommt.

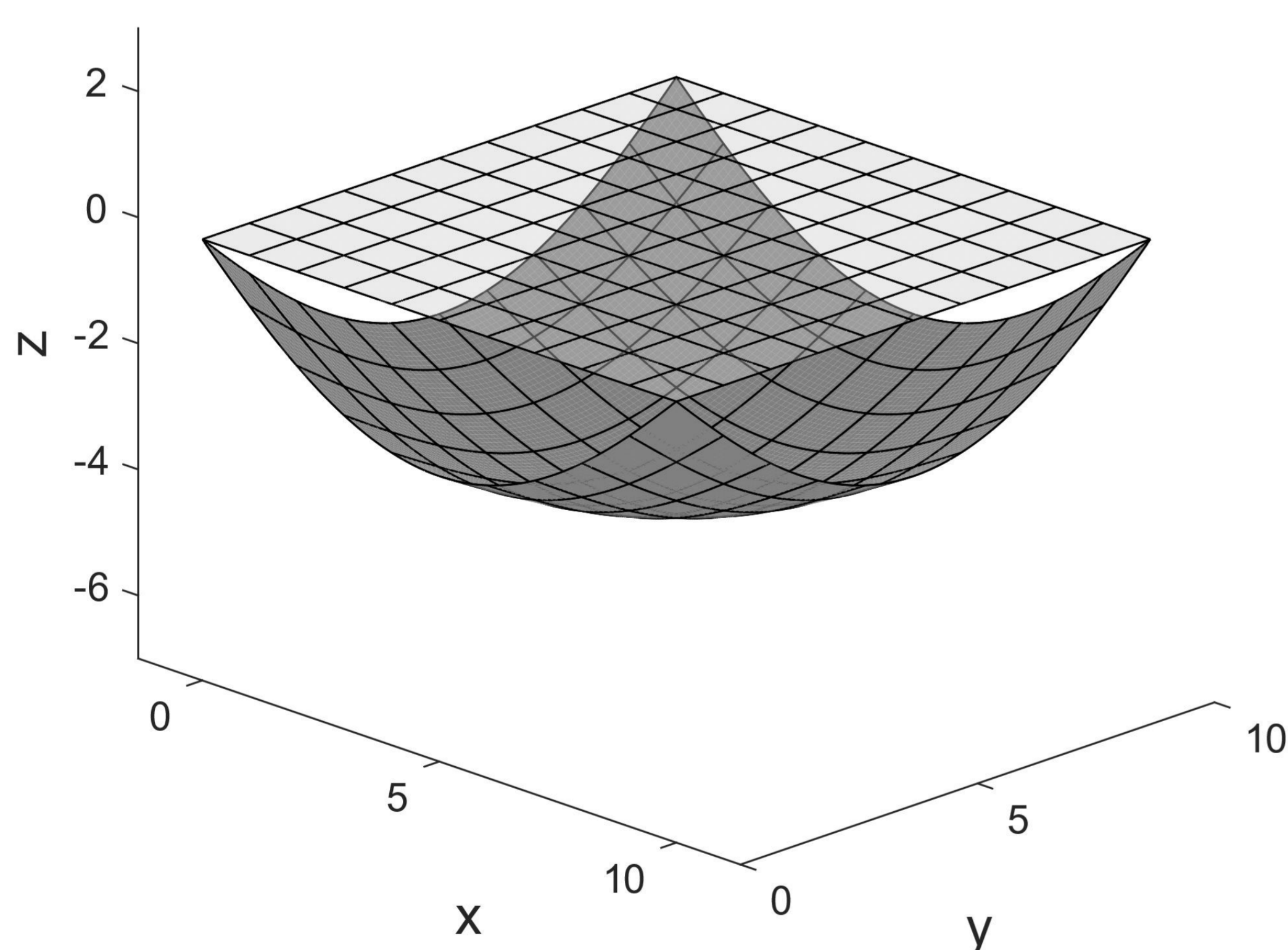
Ziel der Arbeit ist das Erstellen numerischer Hängemodelle und die Formoptimierung mit unterschiedlichen Zielfunktionen. Die gefundenen Formen werden hinsichtlich ihres Lastabtrags bewertet und verglichen.

## Methoden zur Formfindung

Die Formfindungsmethoden lassen sich in experimentelle und numerische Methoden unterscheiden. Experimentelle Methoden beruhen auf der Anwendung physikalischer Modelle. Numerische Methoden sind präziser und flexibler anwendbar.

## Numerisches Hängemodell

Ein numerisches Hängemodell ist die Nachbildung eines physikalischen Hängemodells durch eine isogeometrische Analyse.



Ein ebenes Modell wird durch Eigengewicht belastet, so dass sich eine durchhängende Form einstellt. Die deformierte Geometrie wird umgedreht und mit der gleichen Last belastet.

**Betreuerin:** Renate Sachse, M.Sc.

## Optimierung

Die Optimierungsverfahren bei Schalentragwerken lassen sich in drei Kategorien unterteilen:

- Bemessungsoptimierung: Anpassung von Bauteildicken, Querschnittsformen oder Materialeigenschaften.
- Topologieoptimierung: Bestimmung der optimalen Struktur im vorgegebenen Entwurfsraum, z.B. kann die Aussparung unbelasteter Bereiche folgen.
- Formoptimierung

Bei einer Formoptimierung sind die Parameter, welche zur Beschreibung der Geometrie benötigt werden, die variablen Entwurfsgrößen.

Als Entwurfsziel ist oft die Minimierung der Verzerrungsenergie definiert. Dies führt dazu, dass energetisch ineffiziente Biegespannungen vermieden werden und sich ein annähernd reiner Membranzustand einstellt. Die Minimierung der Verzerrungsenergie ist äquivalent zu der Maximierung der Steifigkeit.

Als unterschiedliche Zielfunktionen dienen die minimale Verzerrungsenergie, die minimale Biegeenergie und die minimale Verschiebung.

## Literatur

- Adriaenssens U.A.: Shell Structures for Architecture, 2014
- Bischoff U.A.: Schalen – Ergänzendes Material zur Vorlesung, 2018
- Cottrell U.A.: Isogeometric Analysis – Toward Integration of CAD and FEA, 2009