

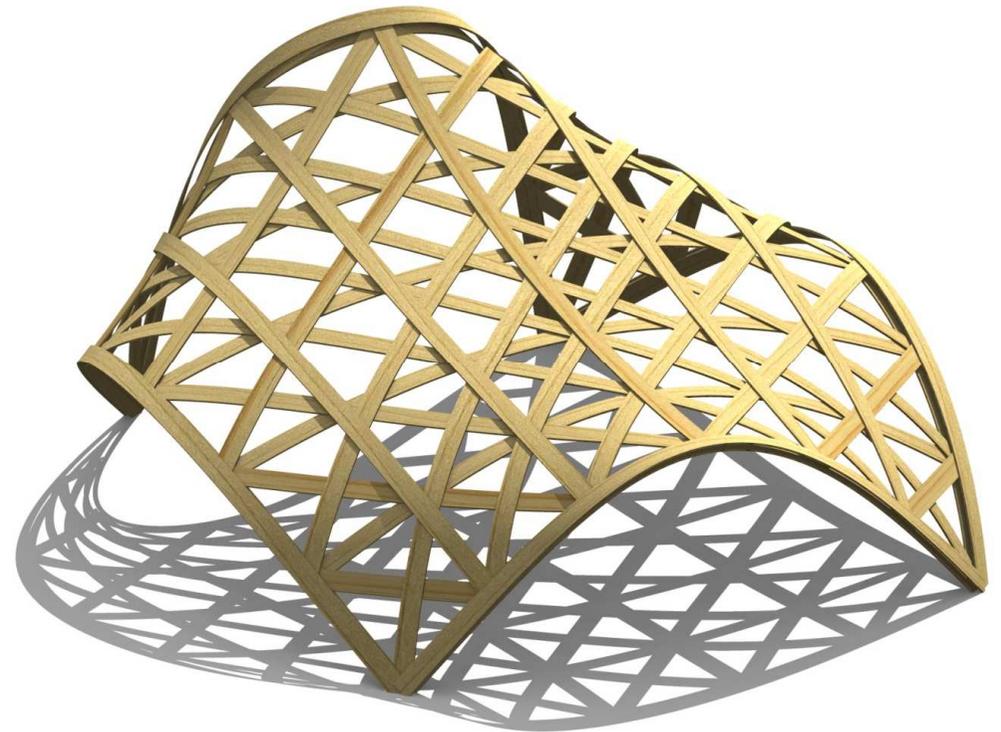
Gestaltung von Freiform-Holztragwerken durch elastische Verformung

1 Überblick

- Bedeutung
- Freiform Gitterschalen

2 Diplomarbeit

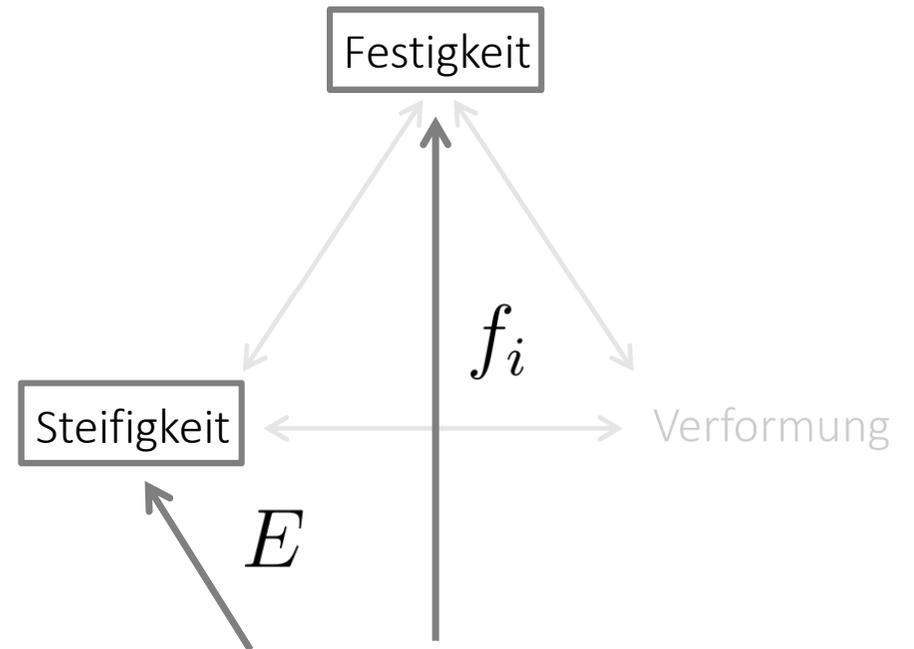
- Entwurf
- mechanische Bewertung



Elastisch verformt?

A Elastisch verformtes Element

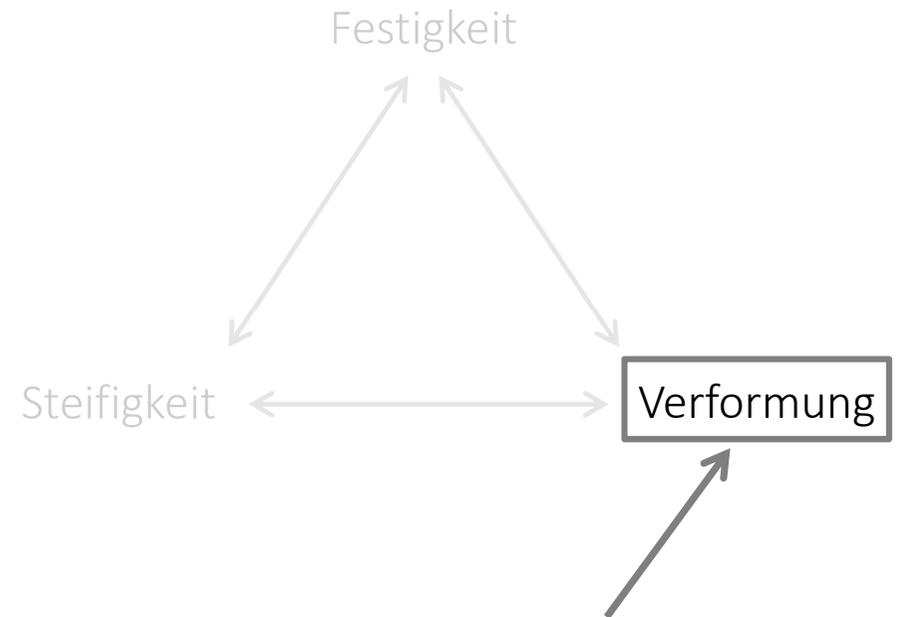
B Bauteilgeometrie



Elastisch verformt?

A Elastisch verformtes Element

B Bauteilgeometrie

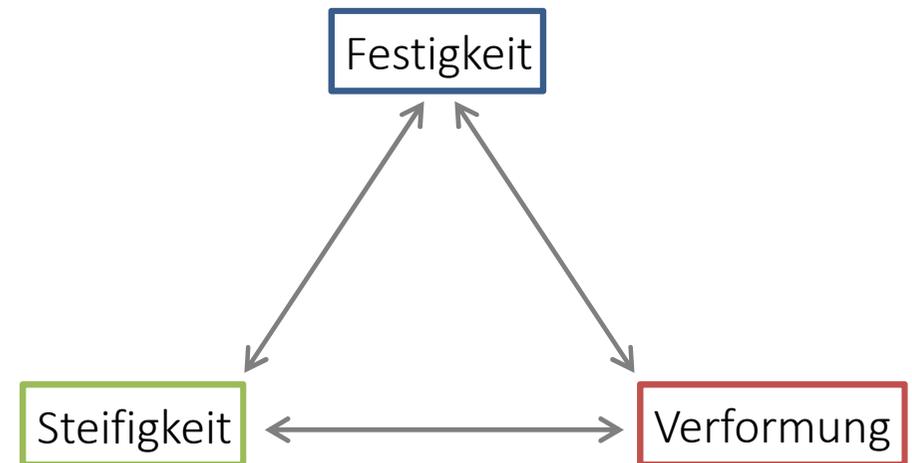


Elastisch verformt?

→ Biegung

$$|\sigma_{max}(x)| = \kappa(x) \cdot EI(x) \cdot \frac{h(x)}{2}$$

$$|\sigma_{max}(x)| \leq f_m$$



Elastisch verformt?

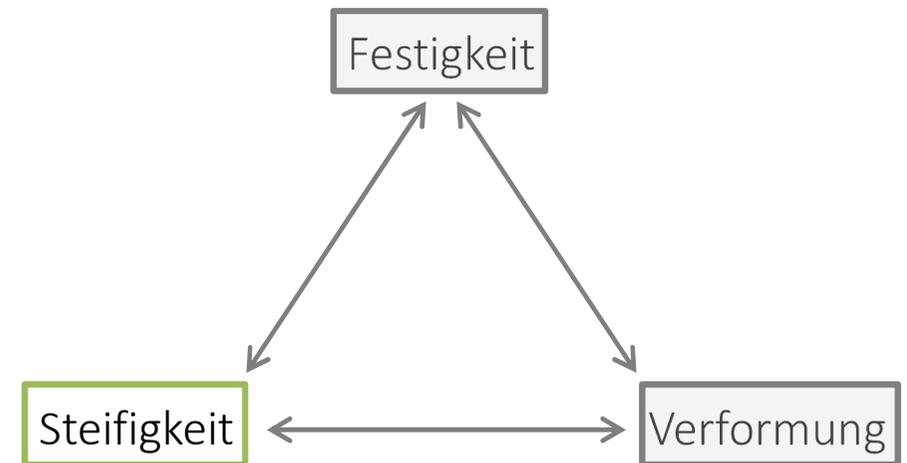
→ Biegung

$$|\sigma_{max}(x)| = \kappa(x) \cdot EI(x) \cdot \frac{h(x)}{2}$$

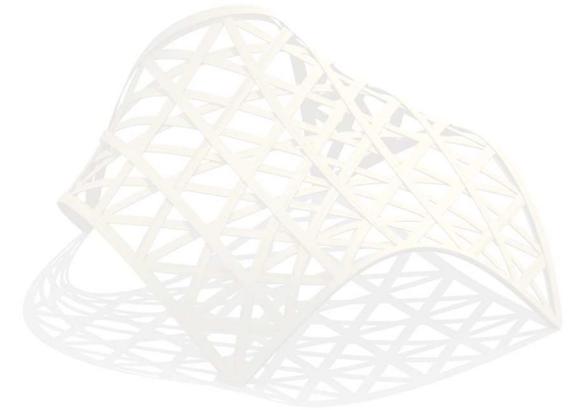
$$|\sigma_{max}(x)| \leq f_m$$

$$I(x) = \frac{b(x) \cdot h(x)^3}{12}$$

→ $h_{max}(x)$



Elastisch verformte Gitterschalen

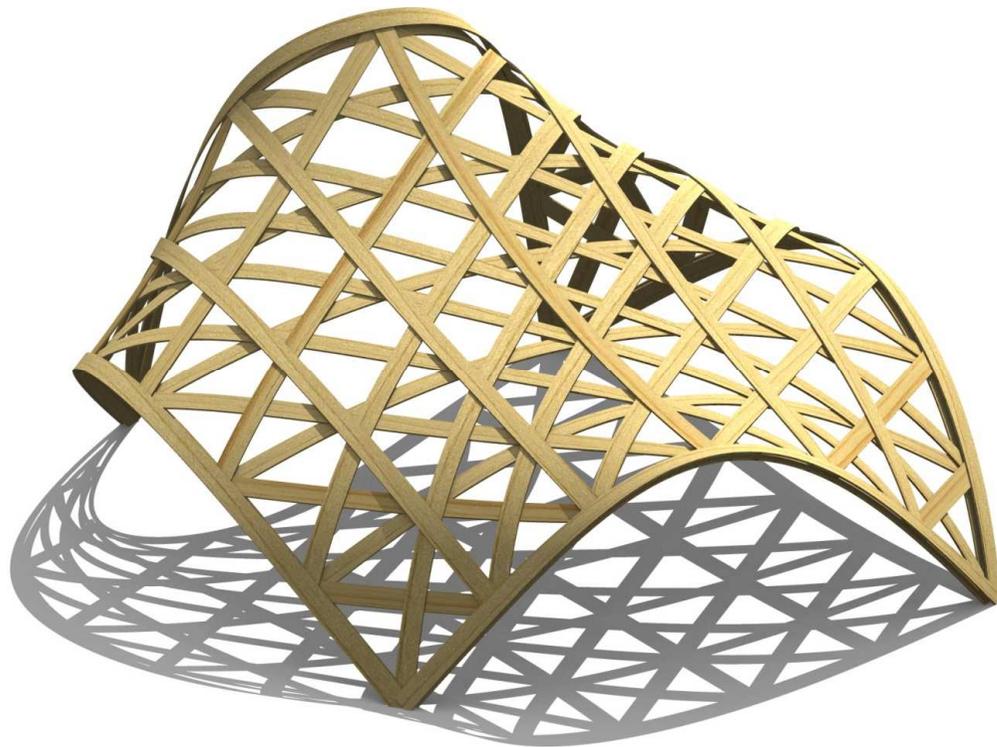


? Basis für Entwurf

A (nahezu) abwickelbare Fläche
- eben zusammengebaut, verbogen

B Freiformfläche
- verbogen, räumlich zusammengebaut

Gestaltung von Freiform-Holztragwerken durch elastische Verformung



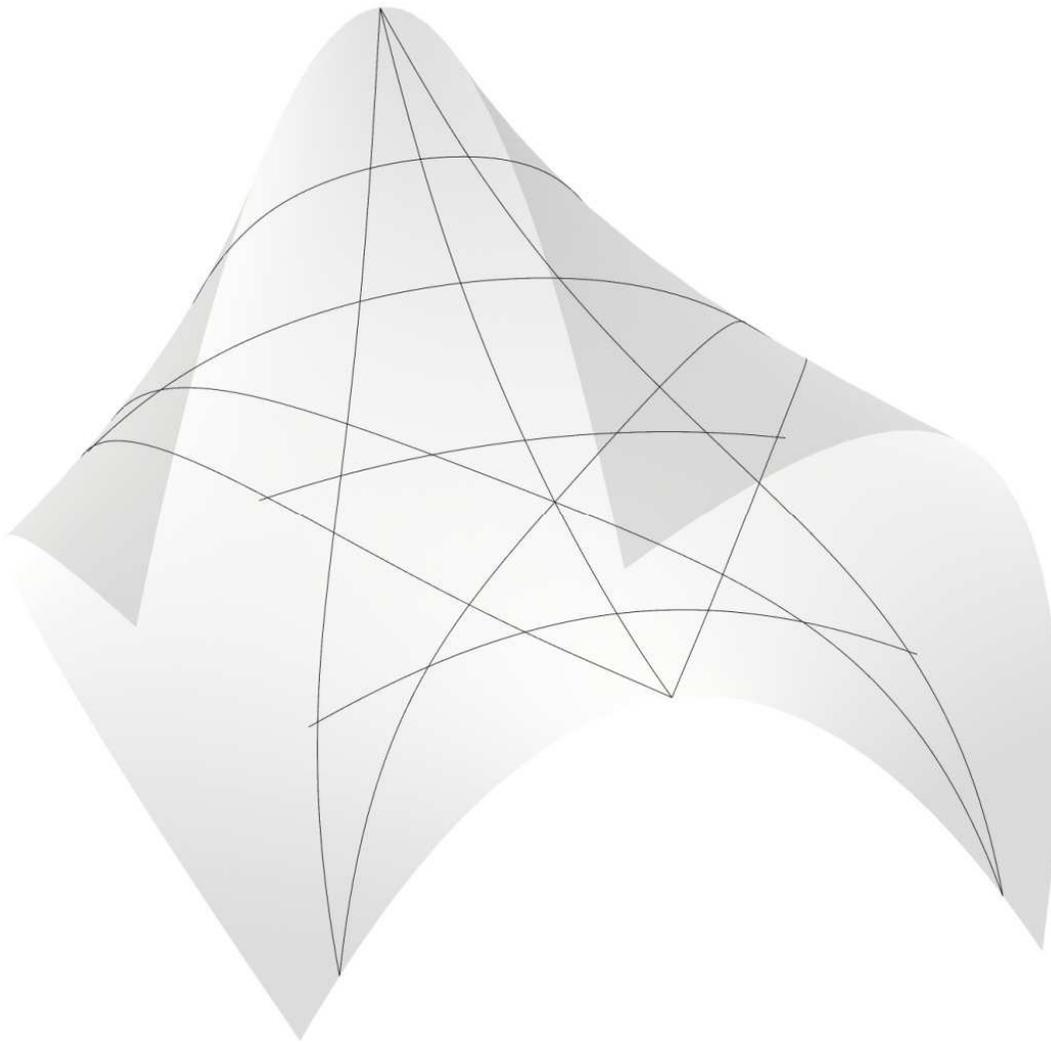
- 1 Prototyp
- 2 mechanische Bewertung

Prototyp



Freiform-Fläche
→ Designaufgabe

Prototyp



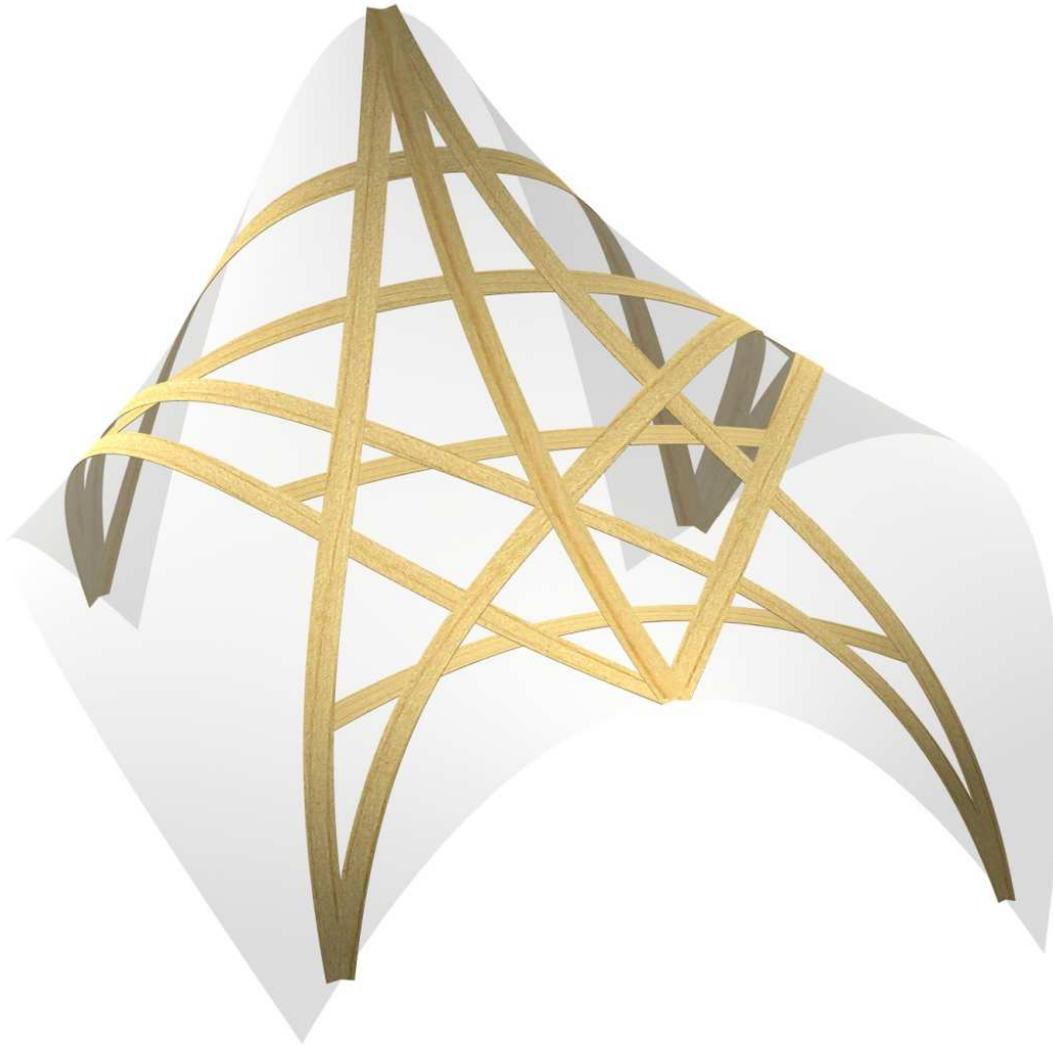
1

Freiform-Fläche
→ Designaufgabe

2

Stabachsen
→ geodätische Linien

Prototyp



1

Freiform-Fläche
→ Designaufgabe

2

Stabachsen
→ geodätische Linien

3

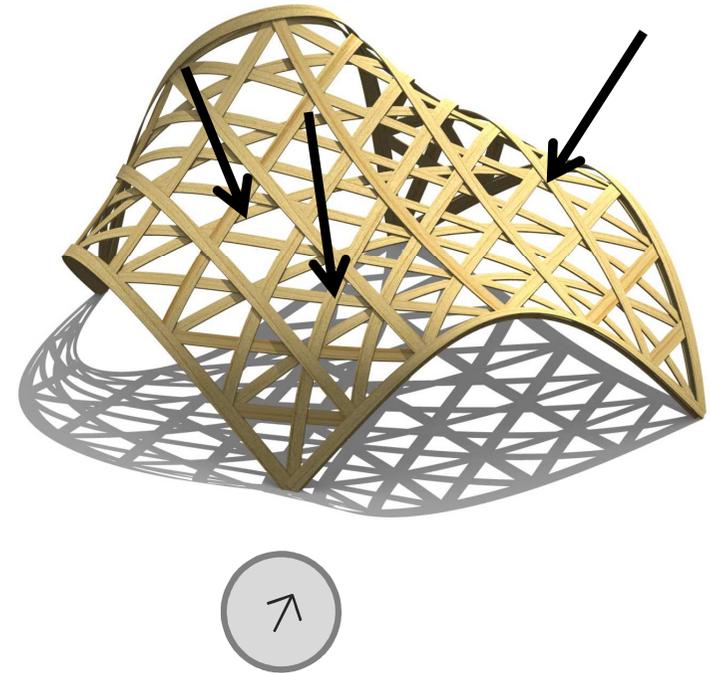
Stäbe
→ parallele Tangentialebene
→ Abwicklung geradlinig

Mechanische Bewertung

Ziele

- A Tragfähigkeit
 - Versagen

- B Gebrauchstauglichkeit
 - Funktionserfüllung
 - Verformung



Ansammlung gespannter Federn

Mechanische Bewertung

Ziele

- A** Tragfähigkeit
 - Versagen

- B** Gebrauchstauglichkeit
 - Funktionserfüllung
 - Verformung

Bauwesen klassisch

- 1** Approximation
 - Einwirkungen
 - Materialeigenschaften
 - mechanische Modelle

- X** Überdimensionierung
 - Bauteile

Mechanische Bewertung

Ziele

- A Tragfähigkeit
 - Versagen

- B Gebrauchstauglichkeit
 - Funktionserfüllung
 - Verformung

Bauwesen klassisch

- 1 Approximation
- X Überdimensionierung
 - Bauteile

- Möglichst genaues Modell
 - FEM Simulation

Mechanische Bewertung

Bauteilgeometrie



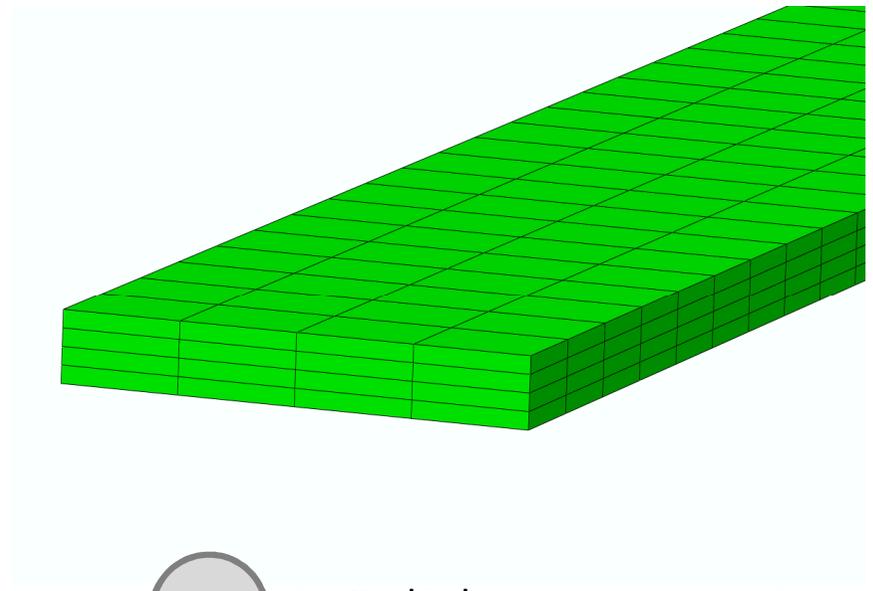
Unterteilung



Belastung & Lösung DG



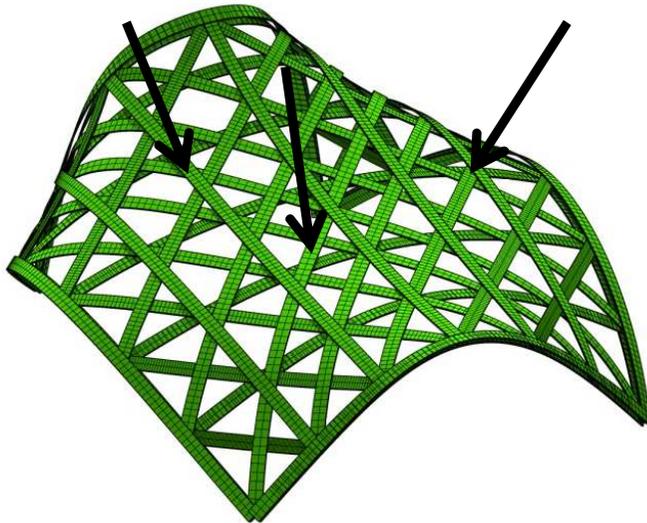
Spannungszustand
Verformungszustand



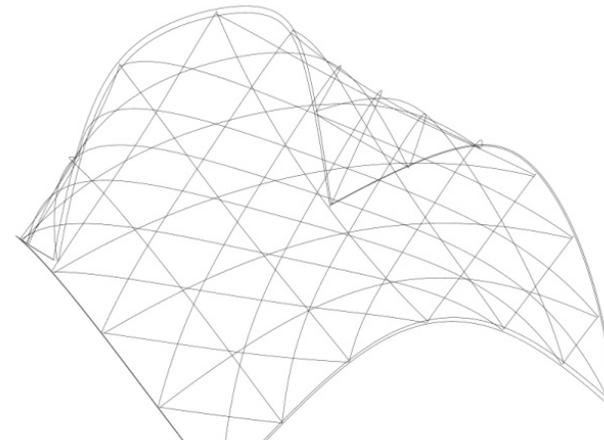
Möglichst genaues Modell

- FEM Simulation

Mechanische Bewertung Standard



Spannungen
Belastung

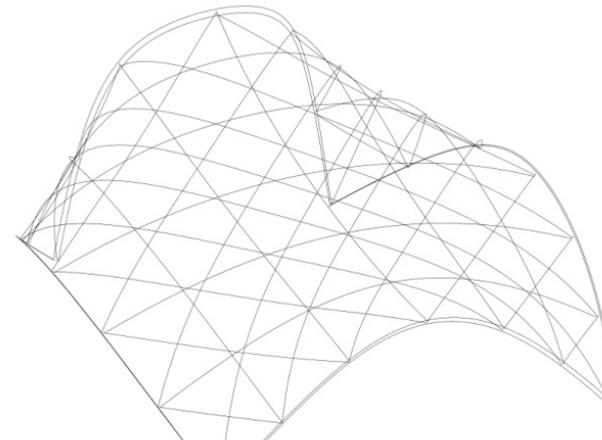
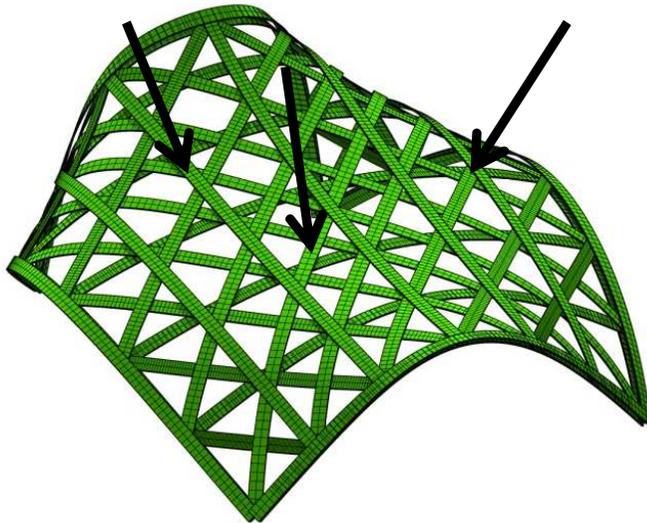


$$\kappa(x), \tau(x) \rightarrow \sigma_{2d}(x)$$



Approximative
Spannungen
Verformung

Mechanische Bewertung Standard



$$\kappa(x), \tau(x) \rightarrow \sigma_{2d}(x)$$



Spannungen
Belastung

+

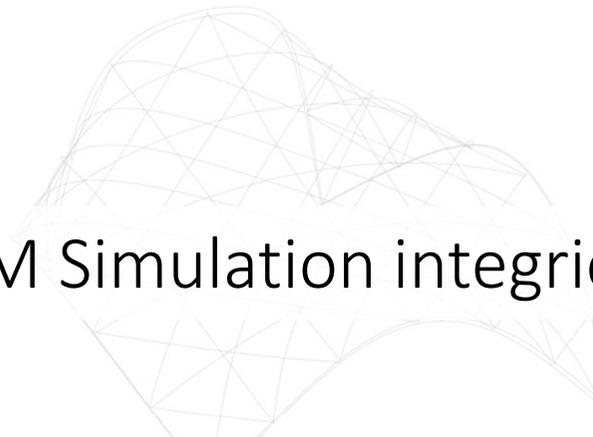


Approximative
Spannungen

Mechanische Bewertung

Standard

Ziel: Verformungsvorgang in FEM Simulation integrieren



$$\kappa(x), \tau(x) \rightarrow \sigma_{2d}(x)$$



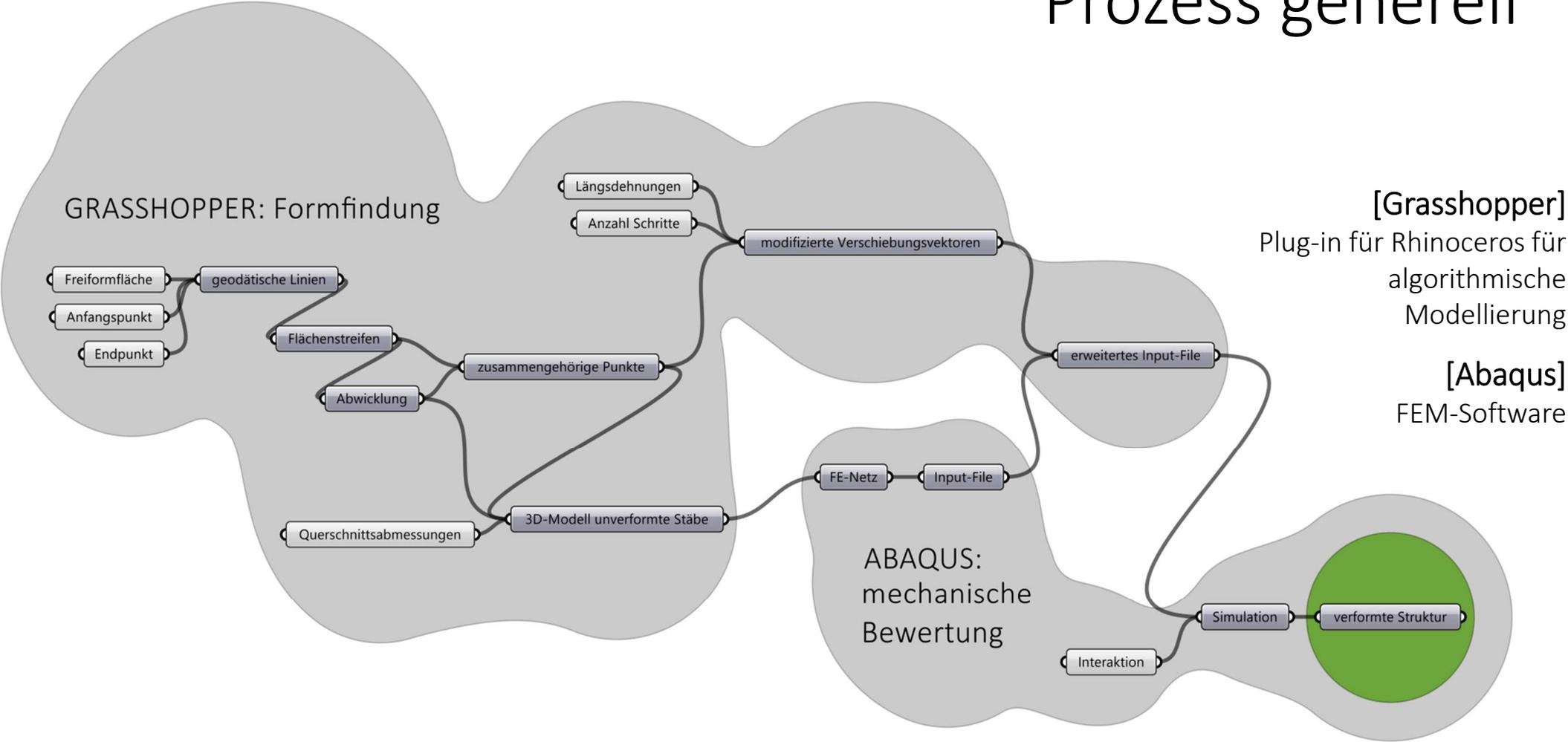
Spannungen
Belastung

+



Approximative
Spannungen

Prozess generell



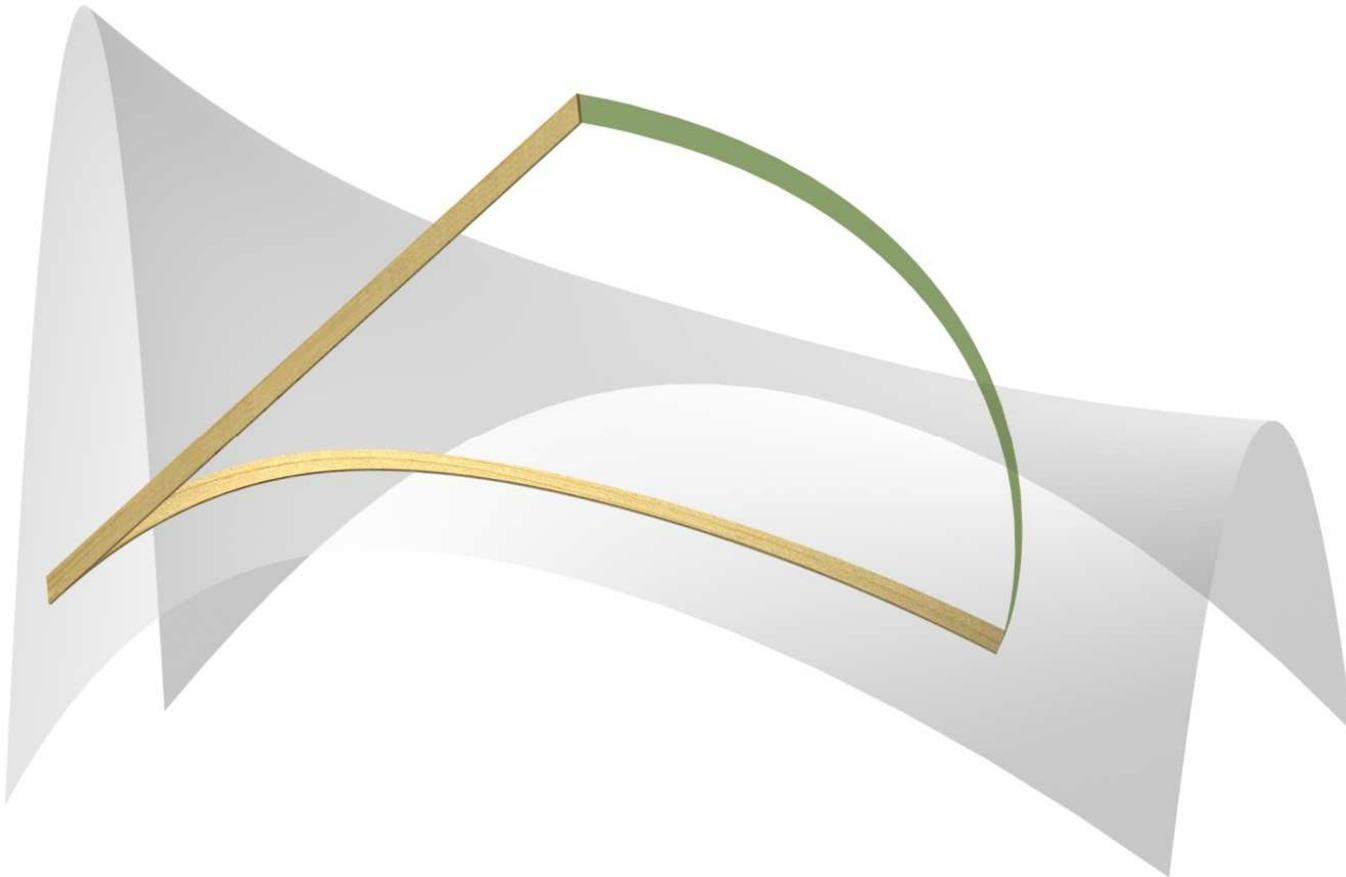
[Grasshopper]
Plug-in für Rhinoceros für
algorithmische
Modellierung

[Abaqus]
FEM-Software

Verformungsvorgang



Verformungsvorgang



1

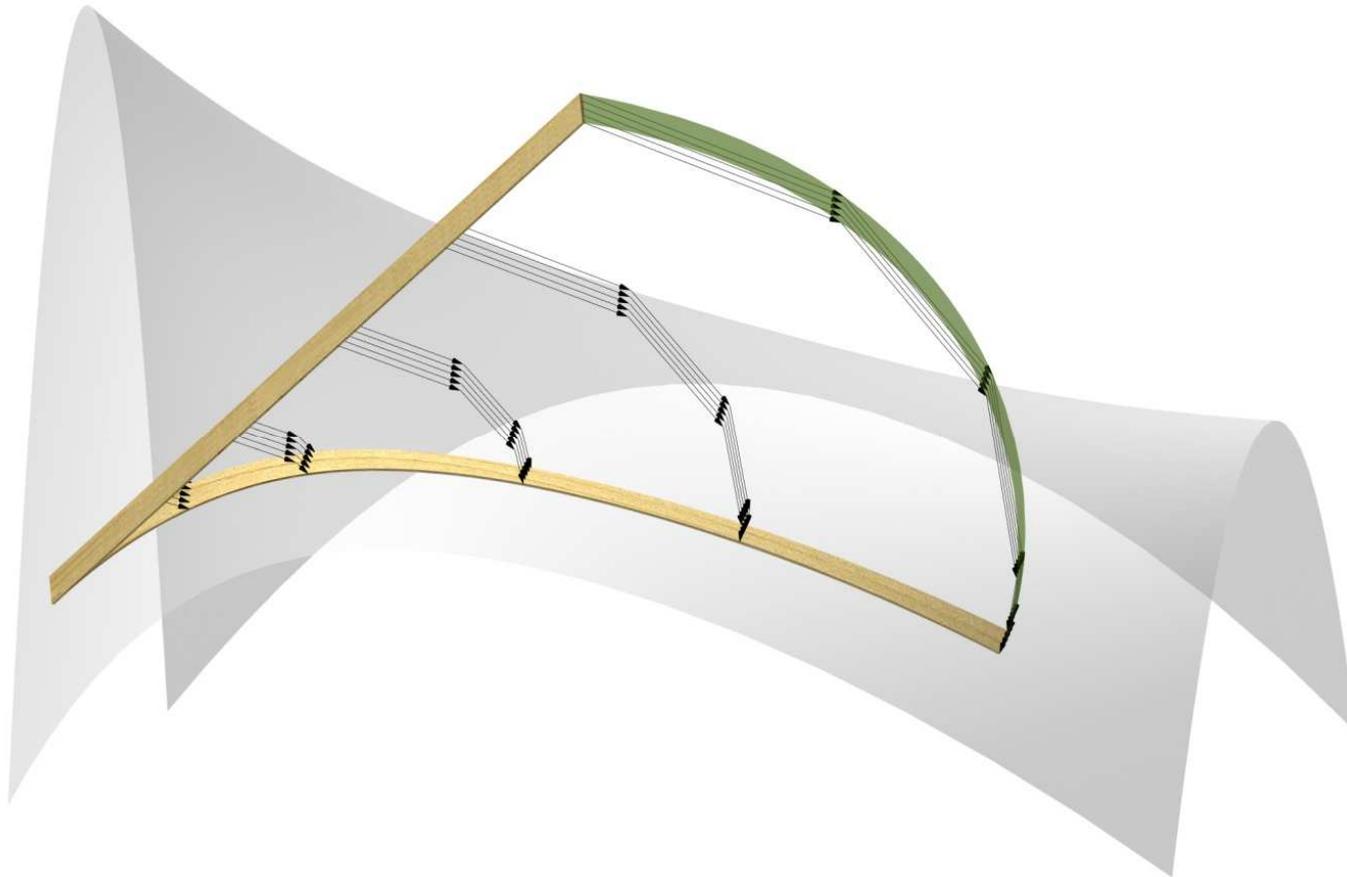
Verschiebungspfad

→ Rollen auf der Fläche

→ Jeder Punkt 3d-Kurve

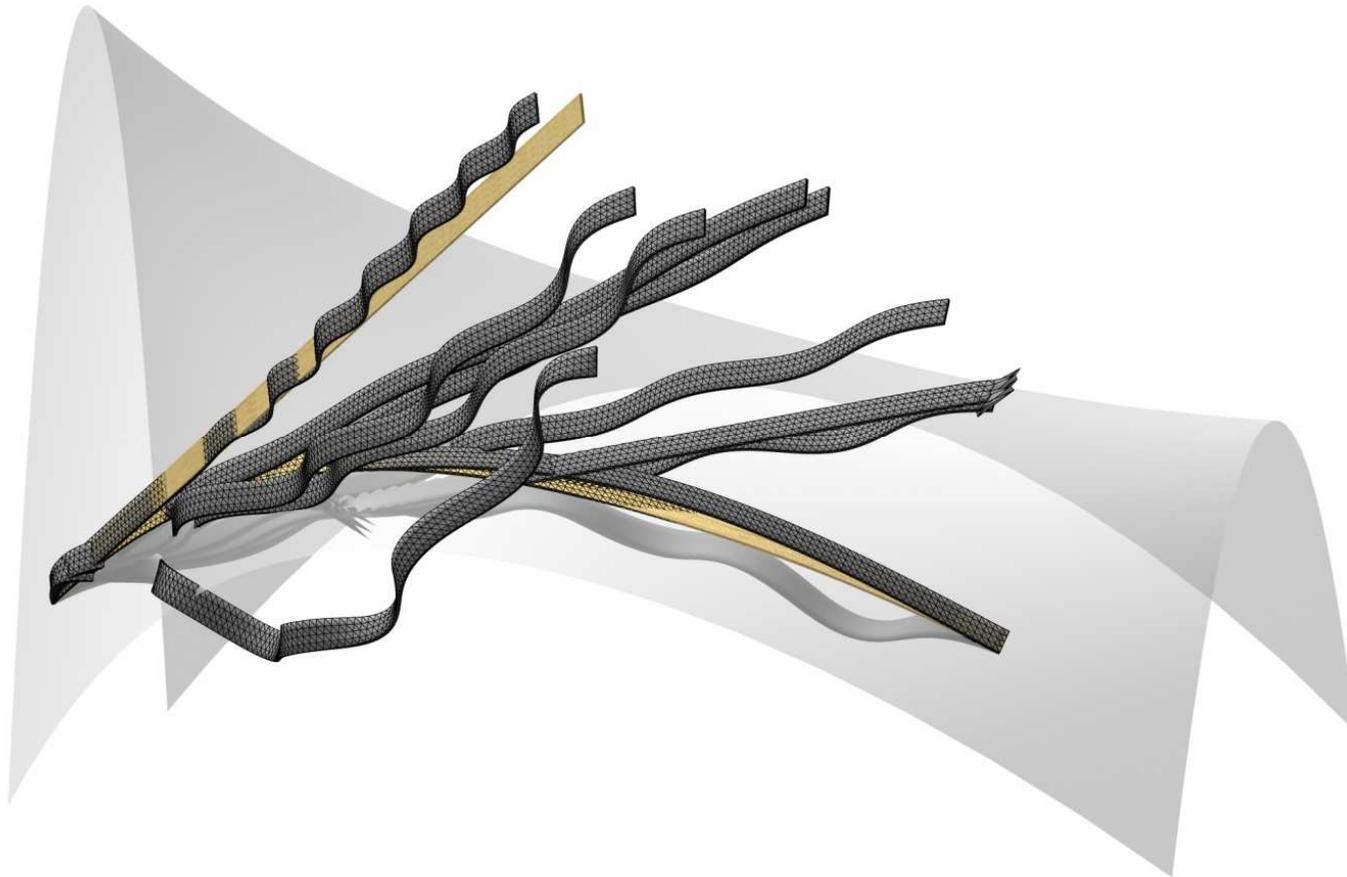
→ Evolvente

Verformungsvorgang



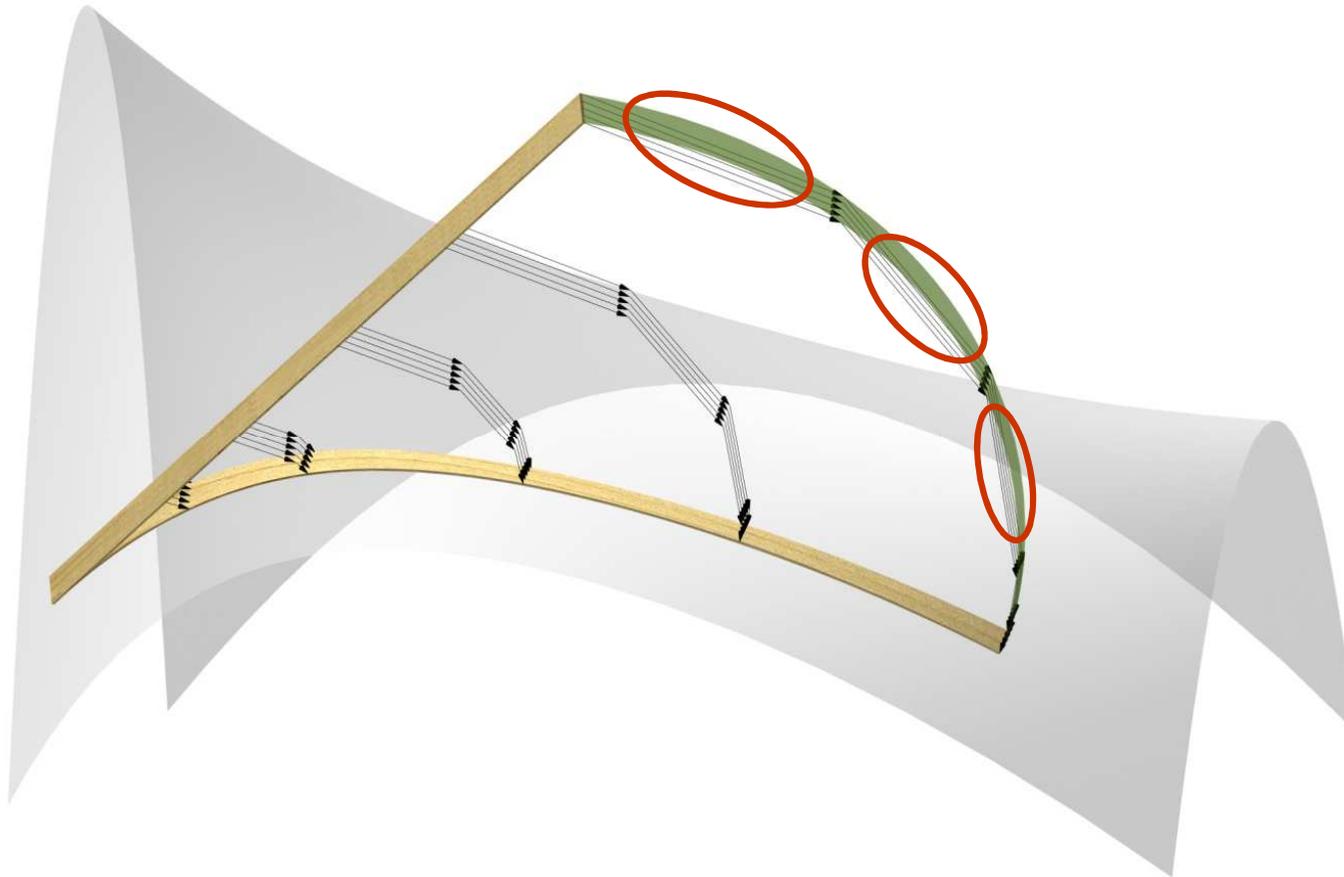
- 1 Verschiebungspfad
- 2 Diskretisierung

Verformungsvorgang



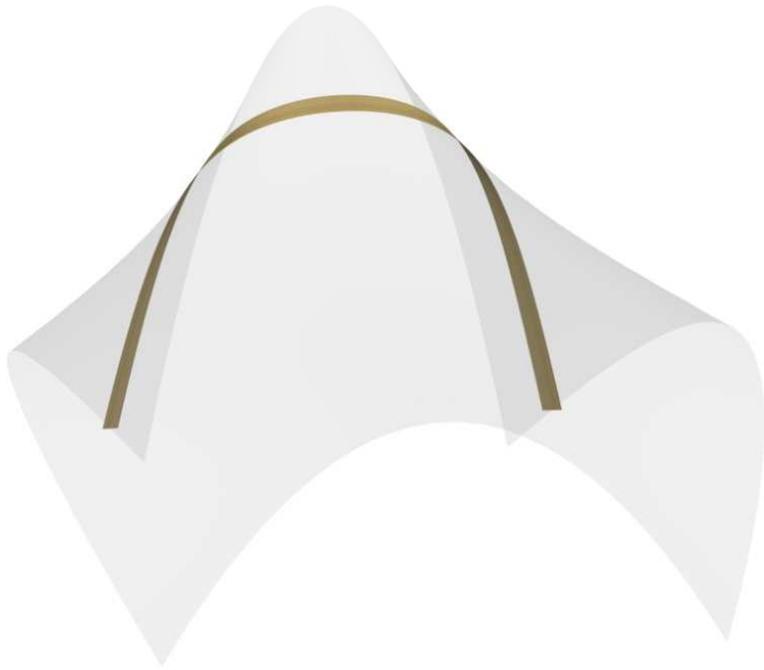
- 1 Verschiebungspfad
- 2 Diskretisierung
- X Stabbeulen

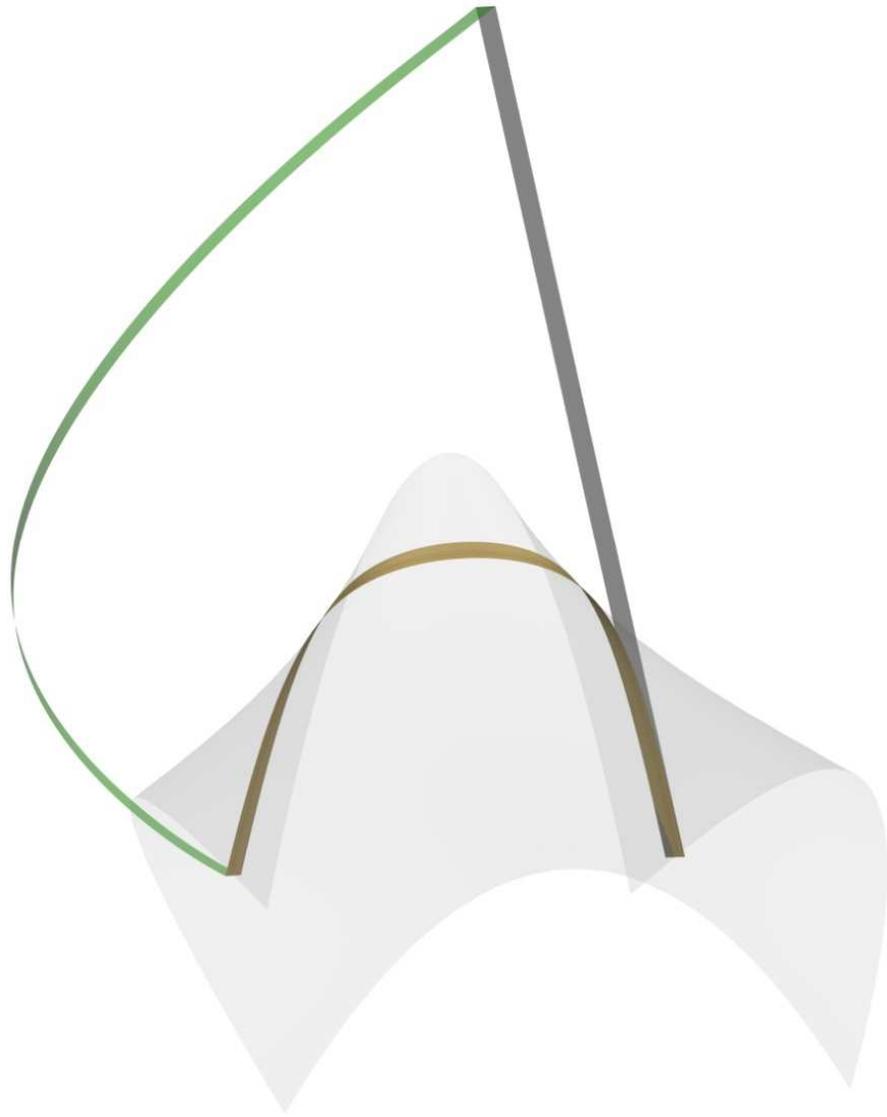
Verformungsvorgang



- 1 Verschiebungspfad
- 2 Diskretisierung
- X Stabbeulen
- 2.1 Diskretisierung neu
- erfolgreicher Verformungsvorgang

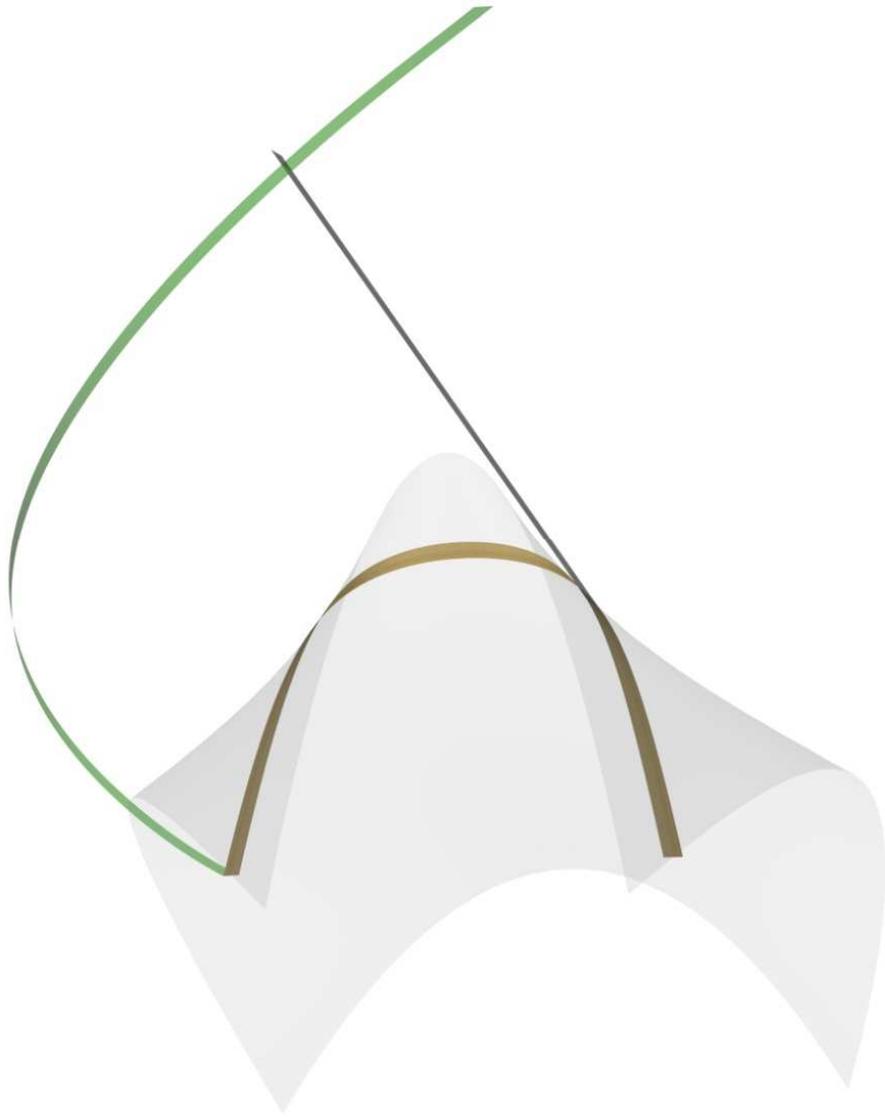
Verformungsvorgang



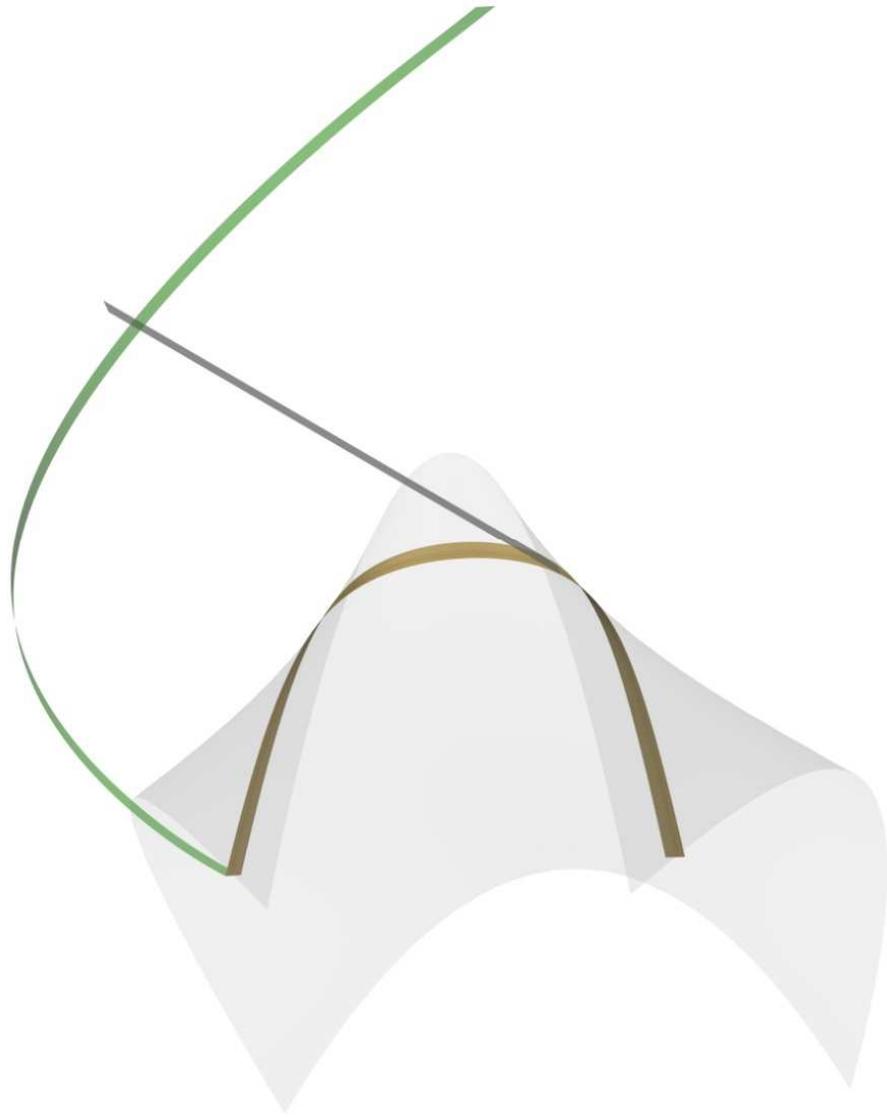


Verformungsvorgang

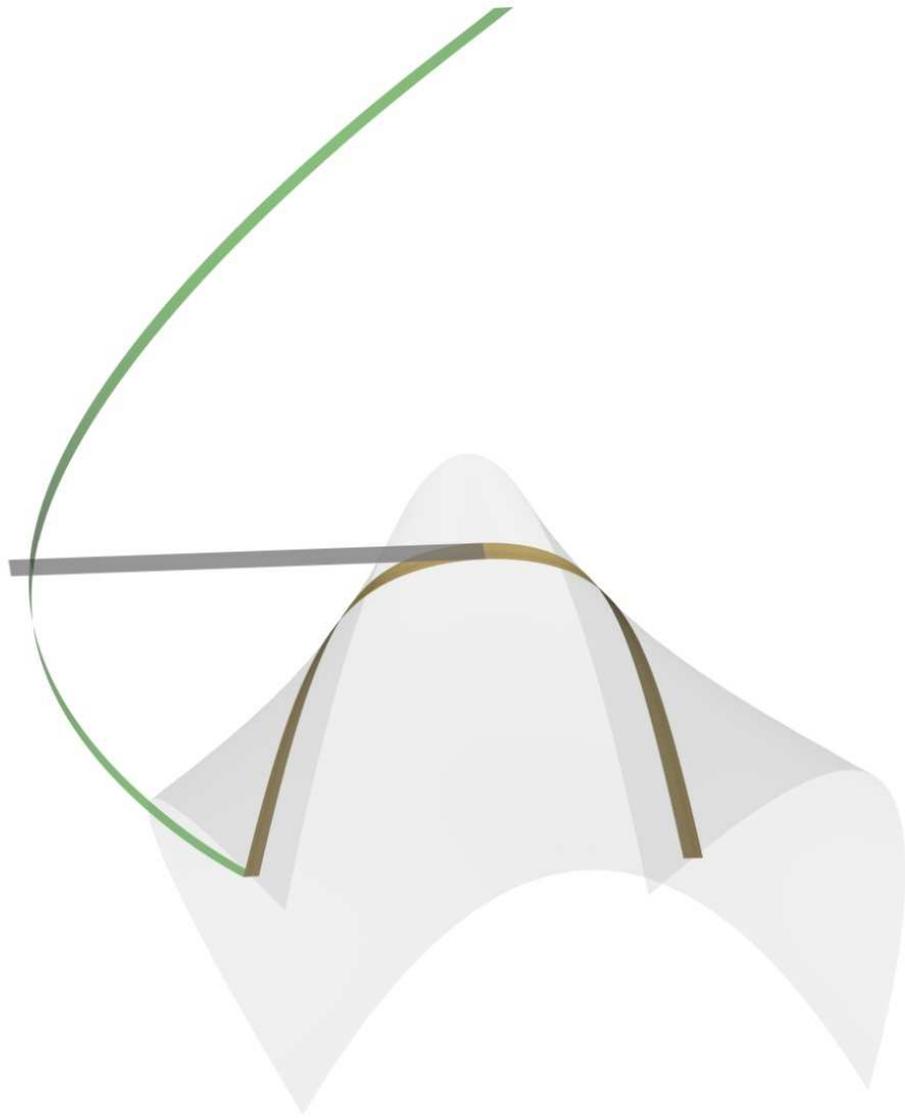
Verformungsvorgang



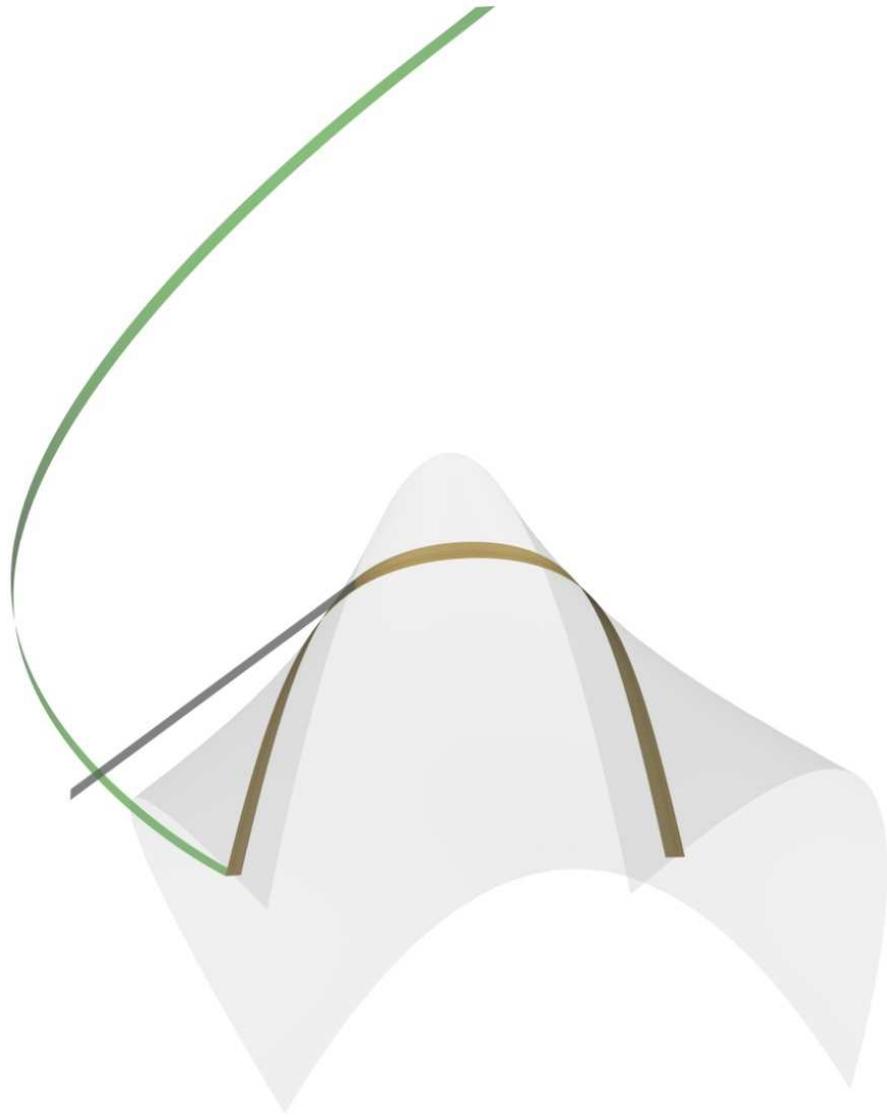
Verformungsvorgang



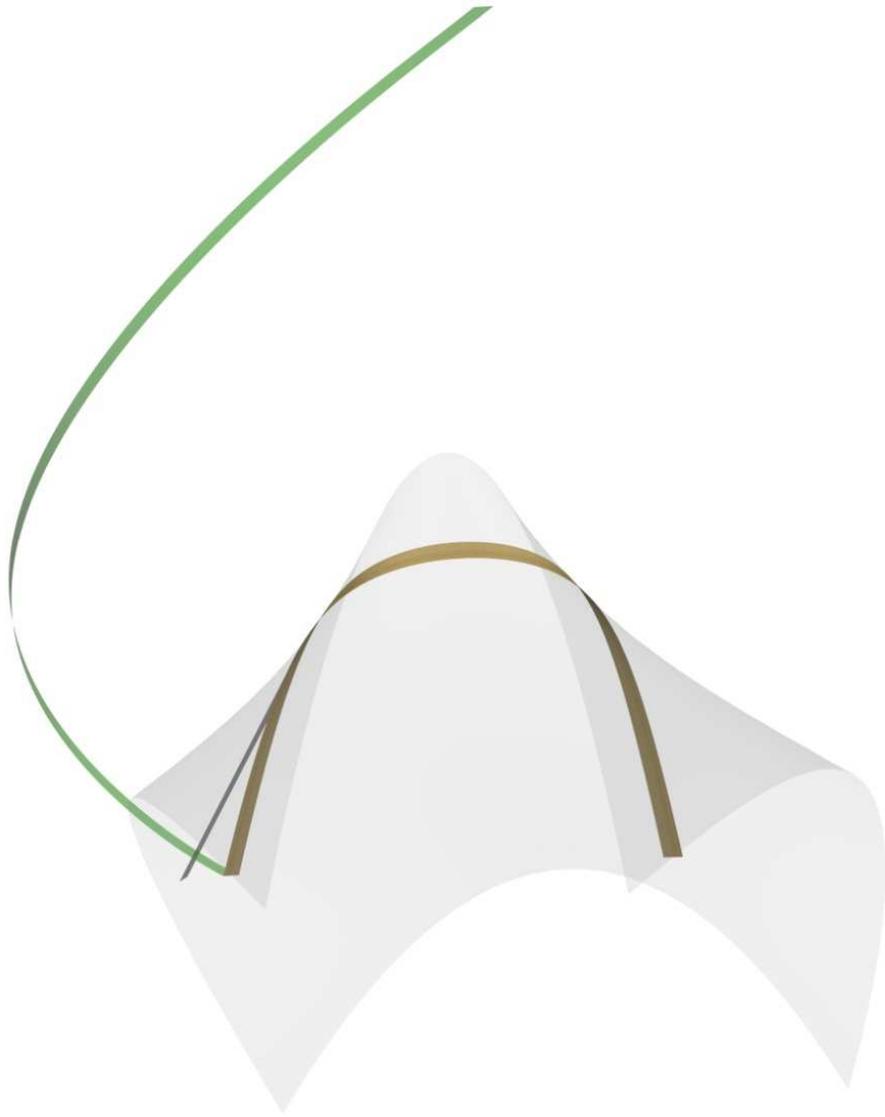
Verformungsvorgang



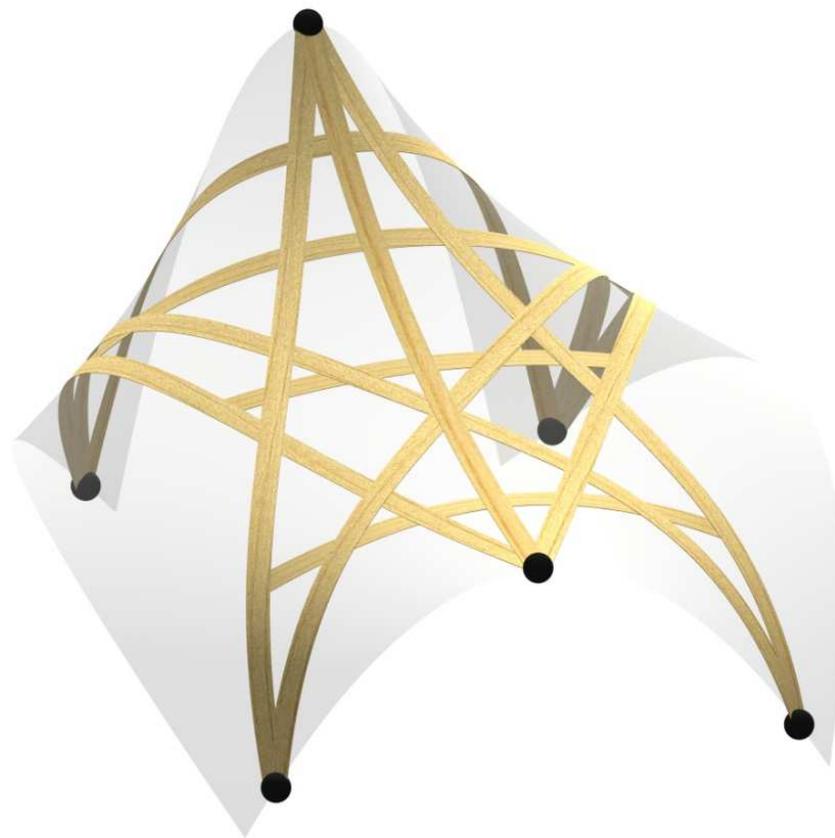
Verformungsvorgang

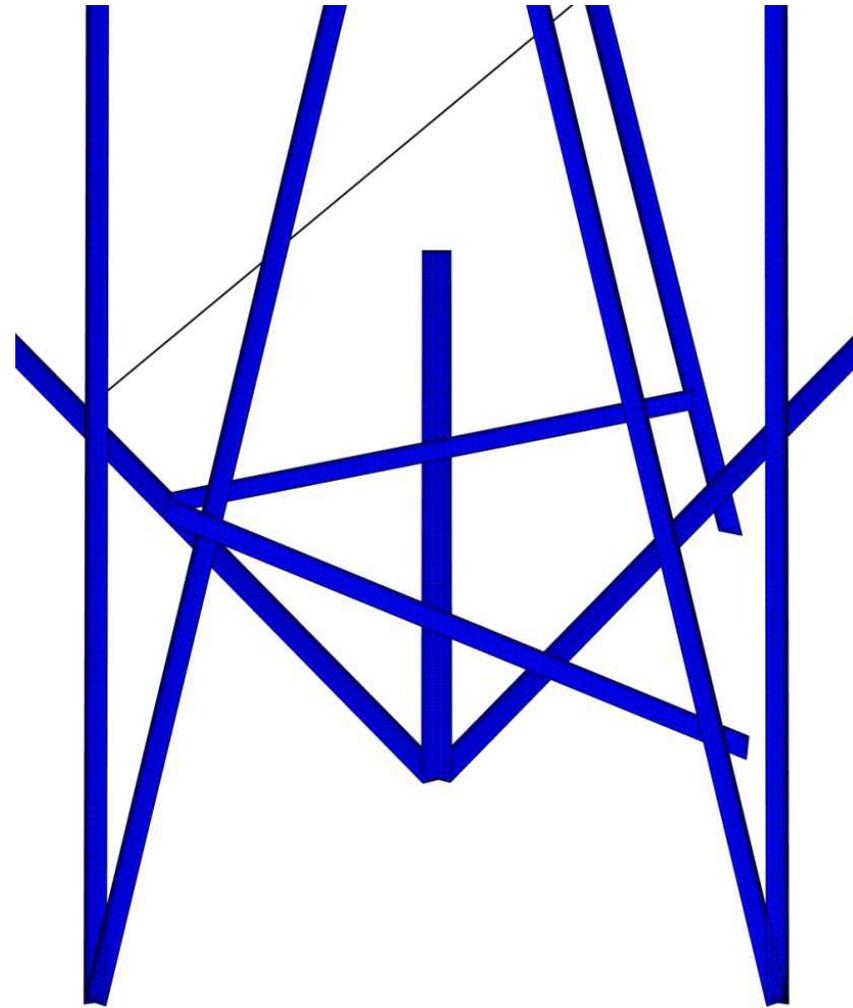


Verformungsvorgang

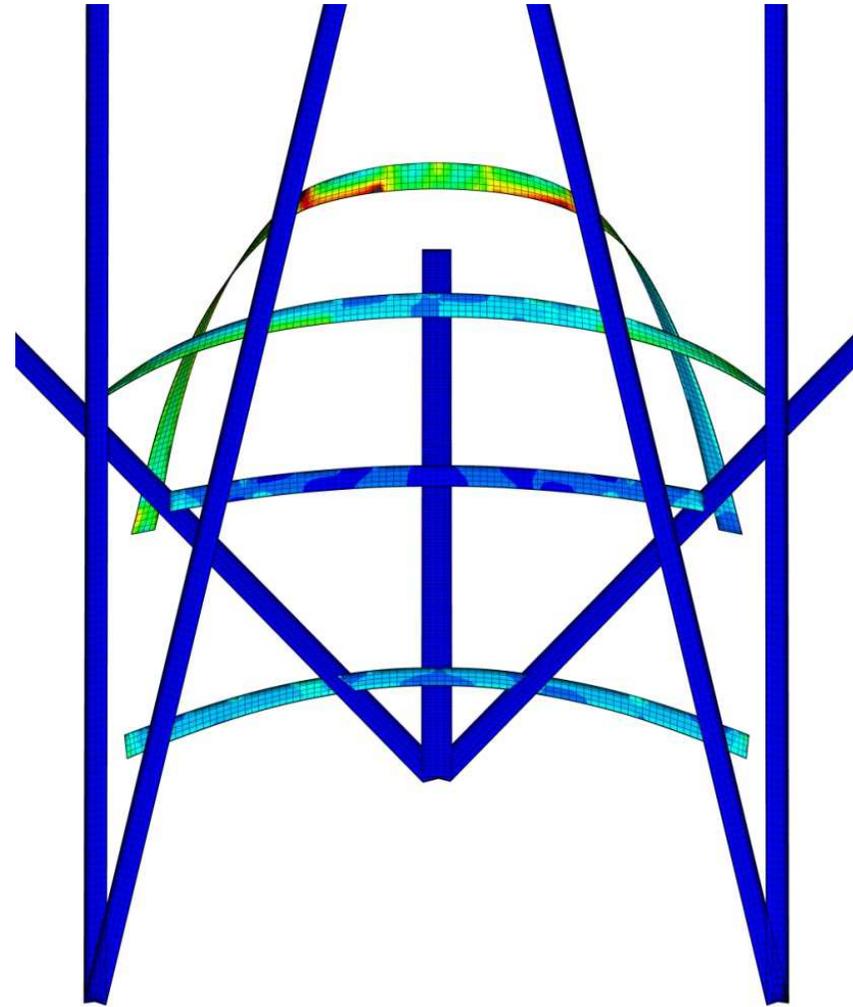


Prototyp



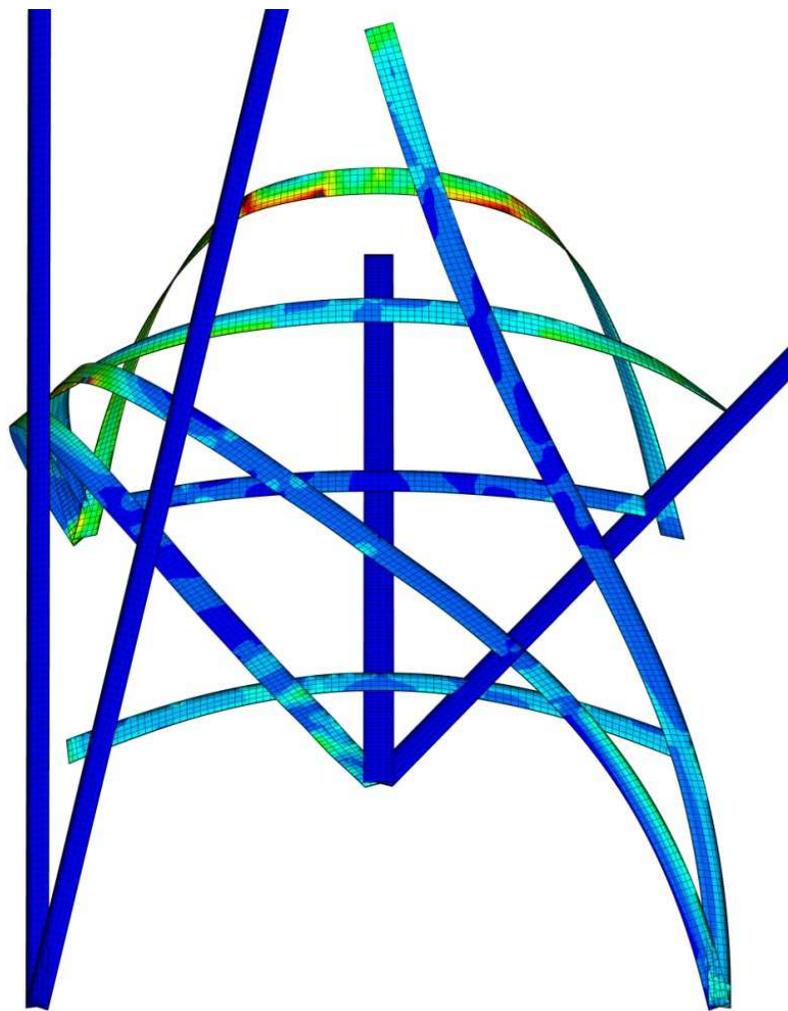


Prototyp

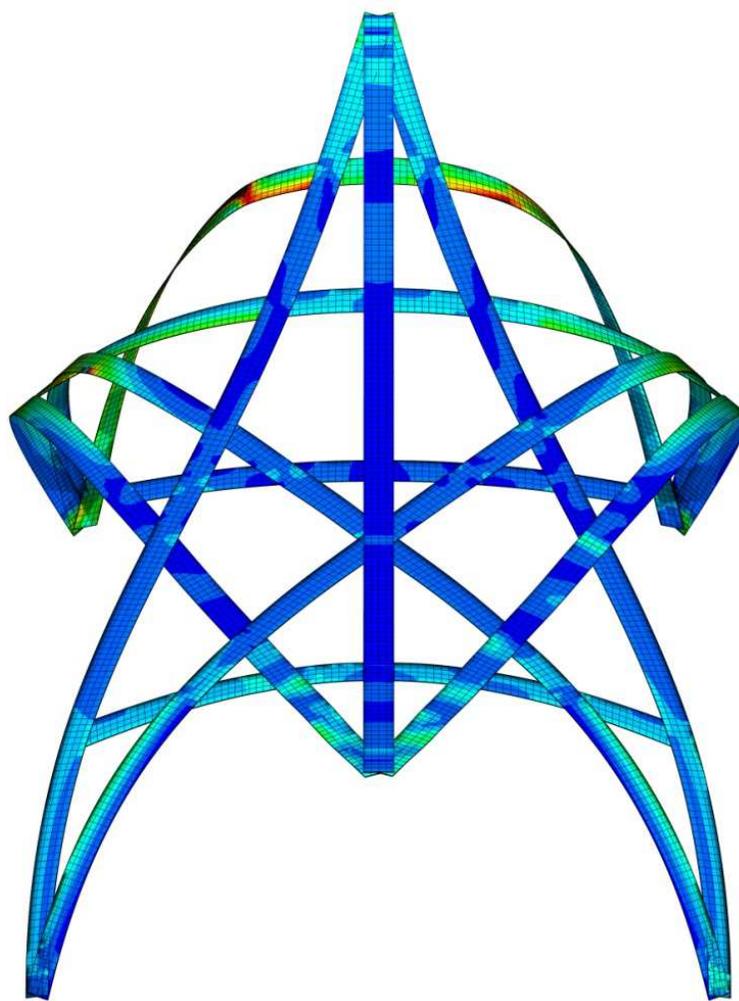


Prototyp

Prototyp

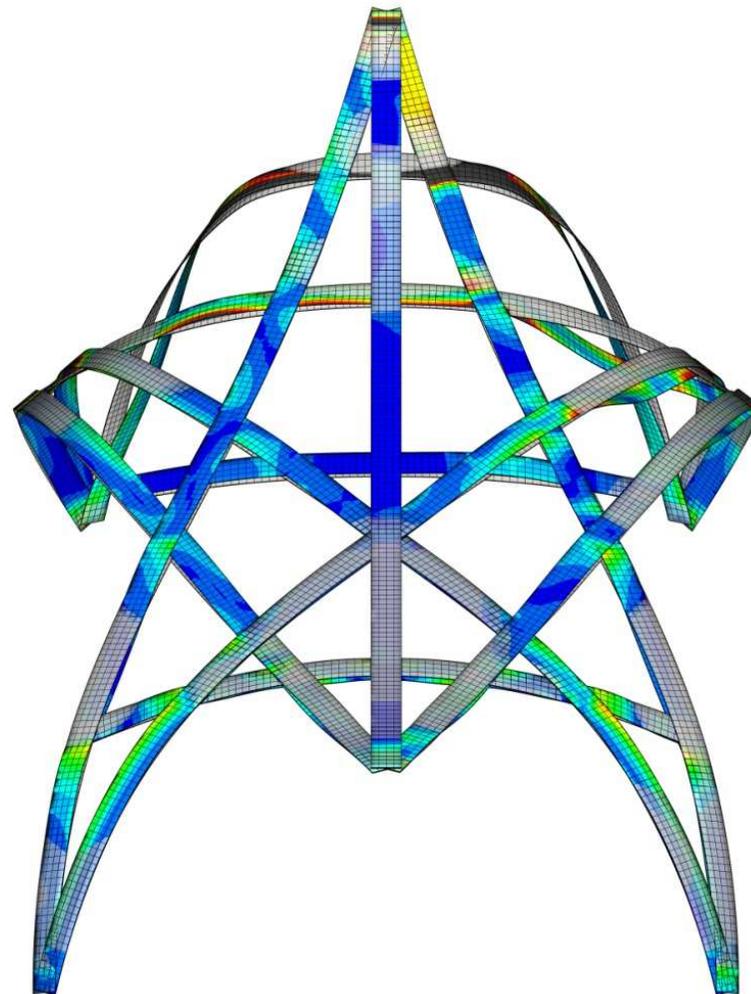


Prototyp



Prototyp

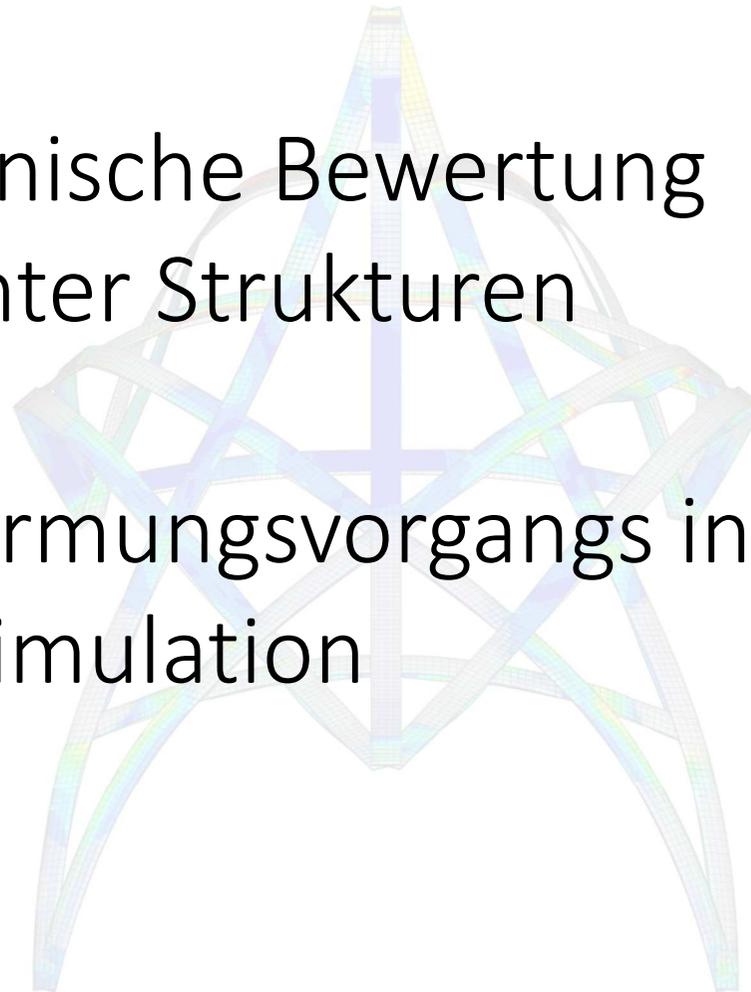
- Vergleich
- Anpassung
- Strukturanalyse



Prototyp

Akkurate 3D-mechanische Bewertung
elastisch verformter Strukturen

Integration des Verformungsvorgangs in
Tragwerkssimulation



→ Original

→ Anpassung

→ Strukturanalyse