

Masterarbeit **ENTWICKLUNG EINES PUNKTFÖRMIGEN VERBINDUNGSMITTELS FÜR HOLZFALTWERKE (Beispiel Kletterwand)**

**Problemstellung und Zielsetzung**

Im Rahmen eines Forschungsprojekts mit dem Kletterwandhersteller ArtRock sollte eine mögliche Weiterentwicklung der bestehenden Holz-Kletterwandbauweise untersucht werden. Hierbei wurde vor allem Wert auf die Reduktion der Unterkonstruktion gelegt und die Neukonzeption als Flächentragwerk (Faltwerk) genauer beleuchtet. Hierzu ist ein Verbindungsmittel notwendig, welches die Holzplatten verbindet. Ziel der Arbeit war es, ein Verbindungsmittel zu entwickeln und ein hierzu passendes Rechenmodell aufzustellen. Die Funktionsfähigkeit der Flächentragkonstruktion kann im Rahmen von Laborversuchen untersucht werden.



Bestehende Kletterwandbauweise mit Unterkonstruktion

**Kurzfassung**

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit den technischen und statischen Anforderungen an künstliche Kletterwände. Im Rahmen der Neukonzeption der bestehenden Kletterwandbauweise wird die statische Wirkungsweise eines selbsttragenden Holz-Faltwerks mit punktförmigen Verbindungsmitteln in Form von Stahlscharnieren untersucht. Die Anbindung der Scharniere an die Furniersperrholzplatten erfolgt über Holzschrauben.

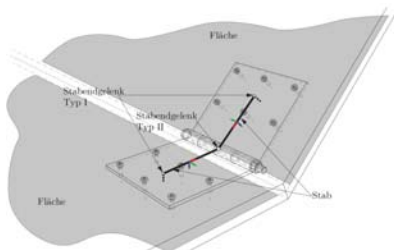
Einleitend werden die statisch relevanten Grundbegriffe und die grundlegenden Theorien von Flächentragwerken sowie das Prinzip des Faltens erläutert. Anschließend wird für das Scharnier ein baustatischen Rechenmodell entwickelt, welches die Nachgiebigkeit der Schraubengruppe beinhaltet. Die Berechnung der Lasten auf die Einzelschrauben erfolgt über statische Gleichgewichtsbetrachtungen. Für die orthotrope Furniersperrholzplatte werden die Spannungen aus den mit der Finiten Elemente Methode berechneten Schnittgrößen ermittelt. Die laut Norm geforderten Nachweise für die Tragfähigkeiten der Schrauben und der Platte werden vorgestellt.

Mithilfe des Rechenmodells wird das Strukturverhalten von unterschiedlich geeigneten Plattenelementen im Rahmen von Finite Elemente Simulationen untersucht sowie ein erster Prototyp des Konstruktionssystems berechnet.

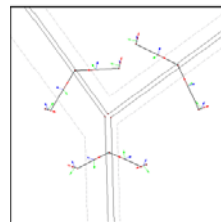
Zur Validierung des statischen Rechenmodells wurden Laborversuche mit unterschiedlich geeigneten Plattenelementen durchgeführt. Hierdurch konnte das Verformungsverhalten der Konstruktion genauer erfasst und das Rechenmodell dementsprechend angepasst werden.



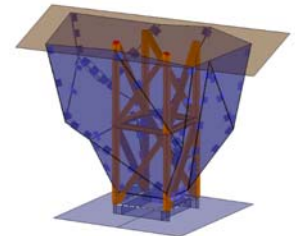
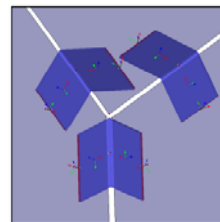
Innenansichten der bestehenden und der neuen Bauweise



Diskretisierung des Stahlscharniers



Implementierung in RFEM



RFEM-Modell des Prototypen

**Schlussfolgerung und Ausblick**

Die vorliegende Arbeit stellt einen ersten Ansatz da, eine selbsttragende Faltwerkskonstruktion aus Holz mit punktförmigen Verbindungsmitteln zu entwickeln. Die im Rahmen der numerischen und der versuchstechnischen Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse sind vielversprechend. Die Versuche und der ausgeführte Boulderturm zeigen die Machbarkeit der Konstruktion. Das erarbeitete Rechenmodell hierfür liefert eine gute Möglichkeit, diese Struktur auf der sicheren Seite liegend zu berechnen. Im weiteren Vorgehen sollten Optimierungsmöglichkeiten geprüft und ausgeschöpft werden, um eine Marktreife der Konstruktion zu erreichen. Zur Optimierung bieten sich - insbesondere aufgrund der Versuche - Parameterstudien mit folgenden Variationsmöglichkeiten an:

- Reduktion der Stärke der Furniersperrholzplatte
- Veränderung der Schraubenzahl bzw. des Schraubentyps
- Verringerung der Blechstärke des Scharniers

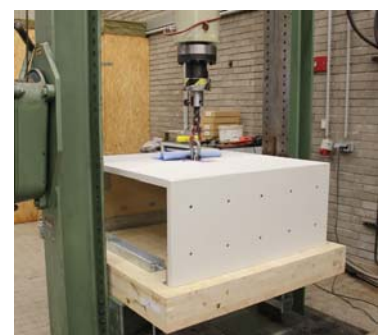
Bei den Variationen der aufgeführten Parameter sind neben technischen und statischen Faktoren auch ökonomische und den Produktionsablauf betreffende Gesichtspunkte zu betrachten.

Zusätzlich sollten weitere Gesamtsysteme verschiedener größerer Kletterwandgeometrien numerisch und gegebenenfalls experimentell untersucht werden, um weitere Anhaltspunkte für eine sinnvolle Optimierung zu erhalten. Nach endgültiger Festlegung der Konstruktionselemente (Geometrie des Scharniers, Plattenstärke, Schraubenzahl/-typ) sollten zur genauen Bestimmung der Federsteifigkeiten der Schraubengruppe und der Tragfähigkeit der Verbindungsmittel weitere Versuche an einzelnen Scharnieren durchgeführt werden. Mithilfe der Erfahrungen aus weiteren Berechnungen können basierend auf der endgültigen Geometrie der Elemente für die zukünftigen Planungsabläufe Konstruktionsregeln entwickelt werden, die die schnelle Eingabe des Systems in eine FE-Software bzw. in einfachen Fällen das Verzicht auf eine explizite Berechnung ermöglichen.

Die in dieser Arbeit erfolgte Untersuchung stellt keinen endgültigen Abschluss der Entwicklung der neuen Kletterwandbauweise dar. Aufgrund der Komplexität des statischen Systems und des damit verbundenen Untersuchungsumfangs ist weiterhin großes Forschungspotenzial vorhanden. Die aufgeführten Optimierungsmöglichkeiten sollten in weiteren Projekten behandelt und das Tragsystem sowie das statische Modell weiterentwickelt werden. Nach einer Optimierung bis hin zur Marktreife stellt dieses Tragkonzept eine Innovation dar, welche die Marktchancen und die Konkurrenzfähigkeit der Firma ArtRock entscheidend beeinflussen kann.



Ausgeführter Boulderturm



Laborversuche