

## **Zusammenfassung Master – Thesis**

**Herwig Bretis**

### **Grundlagen zur systematischen Erzeugung frei geformter Membranschalen aus dünnwandigem Blech**

Die Idee, Membrantragwerke aus dünnwandigen Blechen herzustellen, ist alt. Das Potential, das solche Strukturen für Technik, Architektur und Kunst in sich tragen ist aber bei weitem noch nicht ausgeschöpft.

Ziel dieser Master – Thesis ist es eine Prozesskette zur systematischen Herstellung von frei geformten Membranschalen aus dünnwandigem Blech mit Nutzung hoch entwickelter Computertechnologien (CAD und FEM) auszuarbeiten. Hierbei versteht man unter frei geformten Membranschalen, dünnwandige Schalen mit beliebiger geometrischer Form – im Gegensatz zu klassisch mathematisch beschreibbaren Formen wie Kugel, Kegel, Zylinder, etc.

Um „trial and error“ in der Produktion auszuschließen (was in den meisten Fällen zu nicht bezahlbaren Kosten führen würde), wird eine Art „trial and error“ in der Planung vorgezogen.

Ein wesentlicher Schritt in dieser Iterationsschleife ist die Approximation der freien Form mithilfe einsinnig gekrümmter, abwickelbarer Flächen. Anschließend erfolgt die Wahl der Herstellungsmethode. Hier kommt z.B. die Innenhochdruckumformung (IHU) zur Anwendung. Vor der tatsächlichen (realen) Formgebung wird die Umformung dieses Flächenverbundes aus ebenen Flächen mittels einer Finiten Elemente Analyse simuliert. Bis jetzt existiert noch kein reales Bauteil. Alles verläuft virtuell. Diese virtuelle Umformung mag bei komplizierten Objekten nur über eine Vielzahl von Iterationsschritten gelingen. Dabei wird die Approximation der freien Form durch einen verbesserten Flächenverbund geändert. Es können Blechdicken oder –materialien geändert werden und auch die Herstellungsmethode bzw. Randbedingungen wie Zwängungen und Festhaltungen können eingeführt werden.

Dieser Prozess soll im Idealfall teilautomatisch verlaufen können. Die FE und CAD Systeme sind hier in der Lage, über individuelle Zusatzprogrammierungen diese Iterationen durchzuführen. Gelingt es, den Umformprozess so zu steuern, dass nach der numerischen Simulation die Entwurfsform genau genug erreicht wird, kann der eigentliche Herstellungsprozess beginnen.

Innerhalb der Kette müssen sinnvolle Annahmen gemacht werden. Es gibt ingenieurmäßige Abstrahierungen innerhalb des Berechnungsmodelles, die beispielsweise die Schweißnähte, geometrische Imperfektionen, die Anisotropie, und die Herstellungstoleranzen betreffen.

Ziel ist es, die Fehler in der Planung zu erkennen und zu minimieren. Deshalb wird in dieser Arbeit der Fokus auf die Simulation des Umformvorganges mit Hilfe der Finiten Elemente Methode gelegt.

In dieser Arbeit finden sich im ersten Kapitel die mechanischen Grundlagen der Plastizitätstheorie und ein kurzer Exkurs hin zu geometrischen Grundlagen sowie zu den für das Verfahren geeigneten Materialien.

Das zweite Kapitel beleuchtet das verwendete FE Programm. Es gibt einen Überblick über die dort verwendeten Strukturelemente und deren Einstellungsmöglichkeiten.

Das Hauptkapitel drei untersucht mithilfe einfacher Beispiele, deren analytische Lösung bekannt ist, ob das FE Programm in der Lage ist, richtig oder in den gesetzten Grenzen genau genug zu rechnen.

In Kapitel vier werden Umformversuche am Rohrstück und einer freien Form vorgestellt. Hiermit wird die Überleitung zur Praxis gebildet.

Kapitel fünf vermittelt einen Ausblick und Zukunftsvisionen.

Es hat sich gezeigt, dass das Konzept sehr erfolgsversprechend ist und es eine lohnende Aufgabe sein kann diese Fertigungsmethode in Bereichen der Kunst, Architektur und Industrie zu propagieren.