

Projektfortschritt zum Forschungsprojekt „FurForS“

1. Aufgabenbeschreibung

Mit dem Projekt FurForS wird die Forschungsgruppe LFS (Labor Forschung Strukturmechanik) an der Hochschule Schmalkalden zum Thema Lagenhölzer von der FNR (Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe) gefördert. Die Forschungsgruppe besteht aus drei Mitgliedern, dem Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Andreas Dietzel und den beiden wissenschaftlichen Mitarbeitern Dr.-Ing. Dennie Supriatna und M.Eng. Daniela Pachatz. Das Projekt bezieht sich auf die softwaregestützte Bewertung der Formstabilität von Furnierlagenholzwerkstoffen. Zusammen mit der technischen Universität Dresden und den beiden Industriepartnern Fa. LieDesign und Fa. Kreuzfeld arbeitet die Forschungsgruppe die im folgenden erläuterten Punkte aus. Gegenstand der Untersuchungen sollen dabei Formschalen aus verleimten Rotbuche-Furnieren (*Fagus sylvatica* L.) sein.

Holz weist in seinen Eigenschaften ein richtungsabhängiges Verhalten, die sogenannte Orthotropie, auf. Dies gilt auch für Furnierschichtprodukte. Sie bestehen aus Furnierblättern und Klebstoff und werden unter hohem Druck zusammen in eine Form gebracht und ausgehärtet. Ein besonderer Effekt ist vor allem bei wechselnden Luftfeuchtigkeiten zu erkennen, hier neigen sowohl Vollholz als auch Furnierprodukte zu Verzug. Einige Untersuchungen haben gezeigt, dass die Formstabilität von Lagenholzprodukten maßgeblich von der Ausrichtung der einzelnen Furnierlagen abhängt. Die Orientierung der Schichten beeinflusst die Verformung des Materials erheblich, was ein komplexes Problem darstellt. Nur durch den Einsatz detaillierter Simulationsmodelle kann dieses Verhalten umfassend verstanden und verbessert werden. Die Formstabilität von Werkstoffen kann definiert werden, als ursprüngliche Form eines Produktes, die unter mechanischen oder thermischen Belastungen mit hoher Genauigkeit erhalten bleibt [1].

2. Wissen aus vorangegangenen Projekten an der HSM

Wie bereits aus vorangegangenen Projekten an der HSM bekannt ist, unterscheiden sich die Materialeigenschaften von Vollholz und Furnier wesentlich voneinander. Dies ist hauptsächlich bedingt durch den Herstellprozess von Furnier. Grundsätzlich werden nach DIN 68330 drei Verfahren zur Furnierherstellung angewendet. Abbildung 1 zeigt die unterschiedlichen Verfahren.

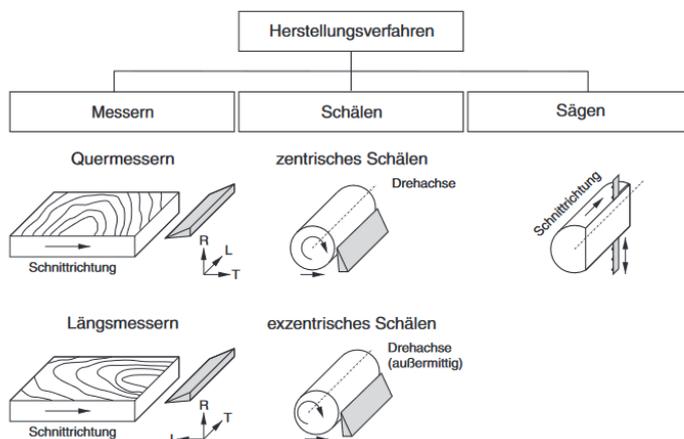


Abbildung 1 Übersicht Furnierherstellungsverfahren [2]

Um ein spanloses Herstellen eines Furnierblattes zu gewährleisten, werden vorwiegend Stämme verwendet, welche frei von Holzfehlern sind. Jedoch werden beim Schälen oder Messern Risse verursacht, wie in Abbildung 2 zu sehen ist.

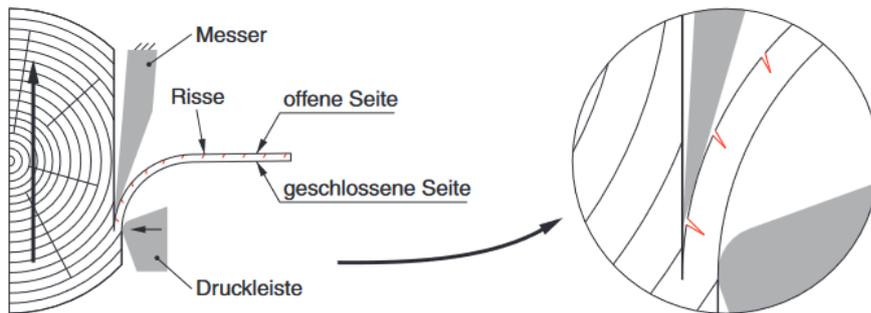


Abbildung 2 Rissentstehung beim Messern von Furnier [2]

Mann unterscheidet daher die offene von der geschlossenen Furnierseite. Vor allem hinsichtlich Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe sind die beiden Furnierseiten sehr unterschiedlich. Bei Feuchteaufnahme kommt es daher zu einer von Vollholz abweichenden, furniertypischen Deformation, mit plastischen Stauchungen, was zu einer Restverformung nach Rücktrocknung führt. Bei beidseitiger Feuchtezufuhr und anschließender Rücktrocknung ergibt sich so z.B. eine charakteristische Krümmung um die geschlossene Seite [3].

3. Ziele der Untersuchungen

Die Ziele der Untersuchungen sind es, die bereits existierenden numerischen Berechnungsmodelle weiterzuentwickeln, und o.g. Furnierspezifika zu integrieren. Dafür werden transiente, gekoppelte Modelle, die Diffusion und Strukturmechanik verbinden, entwickelt. Des Weiteren stehen Parameterstudien mit diesen komplexen Modellen im Fokus um die Haupteinflussparameter bezüglich Formstabilität zu identifizieren. Zur Abstimmung der Modelle sind Versuche zur Verifikation der berechneten Verformungseffekte notwendig.

4. Erste Schritte

Im ersten Schritt des Projektes wird der anatomische Aufbau, sowie der Herstellungsprozess von Furnier betrachtet, um die einzelnen Lagen des Schichtholzes infolge rechnerisch darstellen zu können. Hierzu werden von der TU Dresden Untersuchungen an Furnierblättern vorgenommen, die im Produktionsprozess ausgeleitet und für Zugversuche sowie holzanatomische Analysen präpariert werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die natürliche Faserrichtung oder herstellungsbedingte Schädigungen, wie Messerrisse gelegt. Aber auch Bindemittel, also der Klebstoff, trägt bei der Herstellung von Formteilen zur Feuchtigkeitsaufnahme im Furnier bei und bewirkt so ein Quell- und Schwindverhalten im Holz. Abbildung 3 zeigt die Mikroskopaufnahme eines mit Klebstoff beschichteten Furnierblattes.

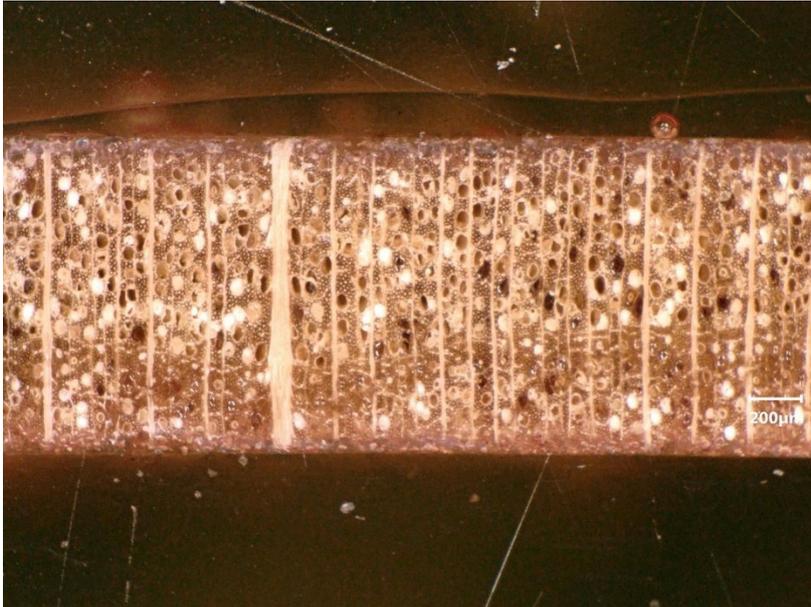


Abbildung 3 Mikroskopie eines mit Klebstoff beschichteten Furnierblattes

Aus den Zugversuchen werden strukturmechanische Basisparameter abgeleitet und anschließend in die vorbereiteten Berechnungsmodelle eingearbeitet.

Parallel wird zunächst die feuchteinduzierte Verformung an einer einfachen, 2D-gekrümmten Formschale modelliert. Abbildung 4 zeigt schematisch untersuchte Varianten zum Lagenaufbau. Jede Variante besteht aus fünf Furnierblättern, die Faser der Furnierblätter ist entweder parallel (durch Striche gekennzeichnet) oder senkrecht (durch Kreise gekennzeichnet) zur Schnittebene ausgerichtet. Kurze vertikale Striche an Furnierober- oder-unterseite stellen die gezielte Orientierung der Messerrisse dar.

Design 1 symmetrischer Aufbau, offene Seite oben	Design 2 Symmetrischer Aufbau offene Seite unten	Design 3 90° Lagen außen, offene Seite oben	Design 4 90° Lagen außen, offene Seite unten

Abbildung 4 Lagenaufbau Furnierabpressungen

Die Ergebnisse werden genutzt um eine Ableitung geeigneter Furnierausrichtungen vorzunehmen, die im Versuch charakteristische, feuchteinduzierte Verformungseffekte verursachen. Die Einteilung und Charakterisierung wesentlicher Werkstoffeigenschaften wird von der TUD vorgenommen.

5. Bauteilabpressung und Auswertung

Im nächsten Schritt werden Bauteile, mit unterschiedlichem Lagenaufbau abgepresst und vermessen. Abbildung 5 zeigt exemplarisch das Werkzeug für eine Stuhlsitzschale.



Abbildung 5 Werkzeug der Stuhlschale



Abbildung 6 Messvorrichtung für Stuhlschale

In Abbildung 6 ist die Messvorrichtung erkennbar. Für die Sitzfläche, sowie die Stuhllehne sind jeweils vier Messuhren integriert, um die Abweichungen in der Fläche zu ermitteln. Der werkzeugfallende Winkel von Sitzfläche zu Lehne beträgt bei diesem Beispiel 90° . Die Vermessung zeigt hier ein Aufspringen der Formen nach dem Abkühlen. Messung 1 wurde direkt nach der Bauteilentnahme aus dem Werkzeug gemessen und Messung 2 wurde nach Abkühlung (ca. 30min später) des Bauteils durchgeführt. Abbildung 7 zeigt das Aufsprungverhalten der Formschale nach der Formgebung.

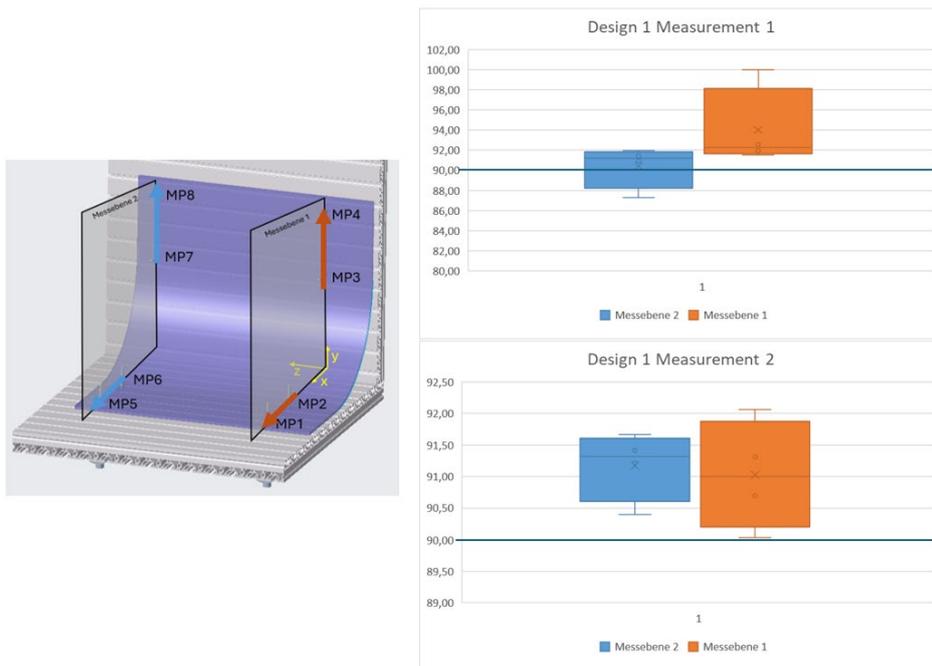


Abbildung 7 Aufsprungverhalten nach der Formgebung

Deutlich zu erkennen ist hier, dass sich der Winkel nach der Wartezeit asymmetrisch vergrößert hat (Bauteilverwindung).

6. Ausblick

Im nächsten Schritt ist geplant, die Sitzschalen in einer Klimakammer wechselnden Luftfeuchtigkeiten auszusetzen und den jeweiligen Verzug zu ermitteln. In Abbildung 8 ist die zu erwartende Abweichung, basierend auf aktuellen Simulationsdaten, dargestellt.

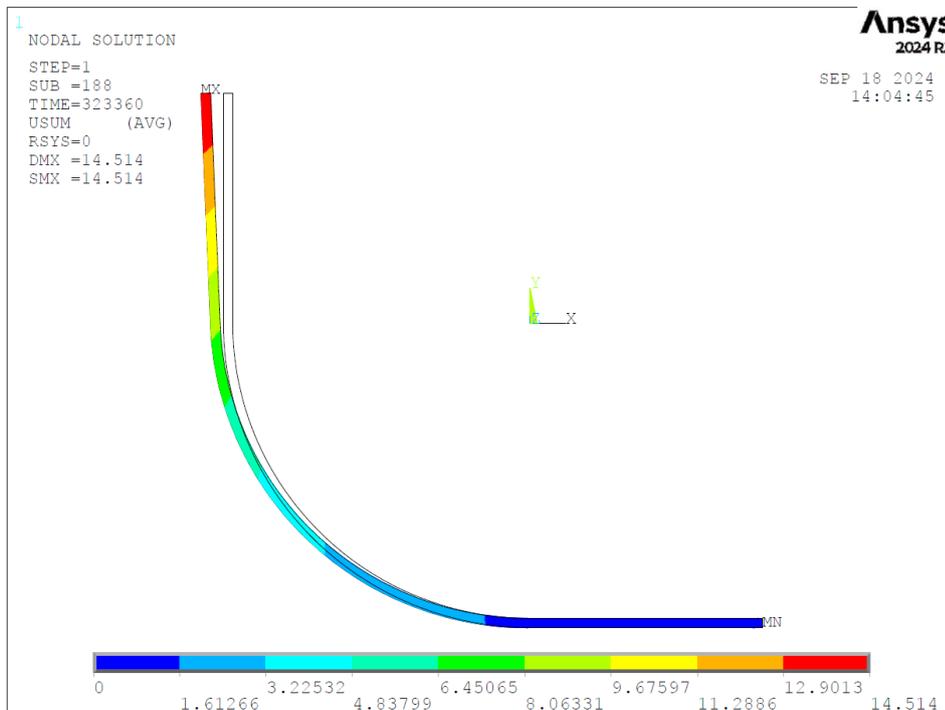


Abbildung 8 Berechnete Verformung bei Änderung der Holzfeuchte (Wasseraufnahme)

Weiterführend sollen die Rechen-Modelle in die 3. Dimension erweitert werden, um auch Deformationen wie in Abbildung 9 dargestellt analysieren zu können.

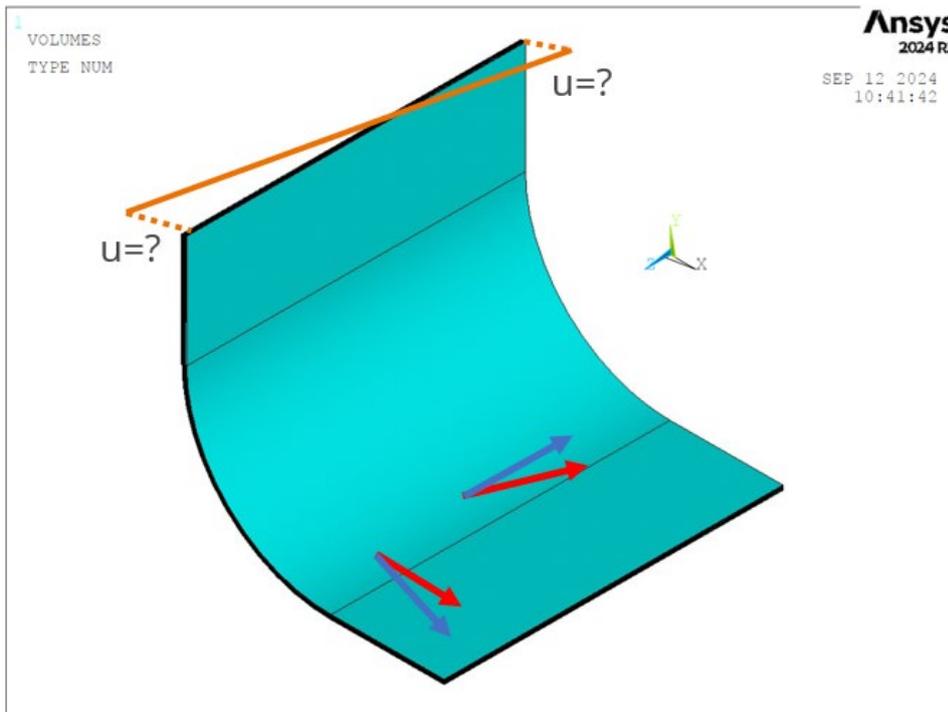


Abbildung 9 3-dimensionale Modellierung der Stuhlschale

In der geplanten Winkeltoleranzstudie soll untersucht werden, wie präzise die Furnierlagen während des Herstellungsprozesses der Stuhlschale orientiert werden müssen. Diese Studie ist entscheidend, da Abweichungen in der Winkeltoleranz direkt die Formstabilität und den Komfort des fertigen Produkts beeinflussen. Ebenso spielt die Untersuchung der Verwindung der Stuhlschale eine zentrale Rolle, um die mechanischen Beanspruchungen zu analysieren. Ziel ist es, mögliche Schwachstellen in der Konstruktion zu identifizieren und das Design so zu optimieren, dass unerwünschte Verformungen minimiert werden.

Literatur

- [1] Lars Blomqvist. *Laminated Veneer Products: Shape Stability and Effect of Enhanced Formability on Bond-Line Strength*. PhD thesis, Linnaeus University, Växjö (Sweden), 2016.
- [2] Andreas Dietzel. *Modellgestützte Ermittlung und Bewertung der Formgebungsgrenzen von Rotbuchenfurnier*. PhD thesis, TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau, jun 2017.
- [3] Martin Zimmermann. *Untersuchung des Feuchtetransportes und dessen Einfluss auf Form- und Eigenspannungsänderungen in Furnieren*. PhD thesis, TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau, dec 2021.