

# Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Werkstoffverhalten einer Sandwichplatte mit einer gewellten Mittellage auf Furnierbasis und Optimierung der Platten-geometrie für unterschiedliche Belastungen

Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) Lars Blüthgen  
Bearbeiter: Dipl.-Ing. (BA) Dirk Hohlfeld  
Dipl.-Ing. Jean-Pierre Mouton  
Förderinstitution: BMWi/AiF/ZIM

## Ausgangssituation

Vor dem Hintergrund weltweit steigender Materialkosten wächst das Interesse an Leichtbaulösungen und den dafür einsetzbaren Materialien stetig. Ziel des Leichtbaus ist es, aus funktionalen und ökonomischen Gründen das Gewicht zu minimieren, ohne die Konstruktionen hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und Steifigkeit einzuschränken. Neben der reinen Materialsubstitution gibt es vor allem im Bereich des konstruktiven Leichtbaus zahlreiche Möglichkeiten das Strukturgewicht von Konstruktionen zu senken. Bei plattenförmigen Werkstoffen basieren viele Lösungen auf dem Sandwichprinzip. Hierbei wird zwischen zwei Schichten mit höheren mechanischen Eigenschaften ein Kern eingebracht, der besonders leicht ist und dabei deutlich geringere mechanische Eigenschaften aufweist. Diese Anordnung sorgt dafür, dass das tragende Material dort verwendet wird, wo es am wirksamsten ist. Sandwichstrukturen finden sich in vielen Bereichen, u. a. in der Luftfahrt, im Automobilbau und zunehmend auch in der Möbelindustrie. Im Bereich der Holzwerkstoffe kommen als Deckschichten meist dünne MDF-, Span- oder Sperrholzplatten und als Kernwerkstoffe Schäume, Expansionswaben aus Papier oder andere geometrische Strukturen zum Einsatz. Wichtig bei der Dimensionierung eines Sandwichmaterials ist, dass die Schubsteifigkeit des Kerns an die Steifigkeit der Deckschichten angepasst ist. So ist beispielweise bei einem Sandwich mit dicken Deckschichten und Expansionswaben aus Papier der Kern unterdimensioniert und die Steifigkeit der Deckschichten kommt nicht zum Tragen. Umgekehrt kommen zu hohe mechanische Eigenschaften des Kerns im Sandwichaufbau kaum zur Geltung und vergeben somit das mögliche Leichtbaupotential. Der Werkstoff und die Struktur sowie eine ad-

äquate Dimensionierung der Kernschicht sind daher für die Leistungsfähigkeit einer Sandwichkonstruktion von zentraler Bedeutung.

## Ziel und Lösungsansatz

Ziel des Projektes war die Entwicklung einer Leichtbauplatte mit einem neuartigen Kern, die für den Möbel- und Innenausbau geeignet ist und deren mechanische Eigenschaften gezielt und anwendungsspezifisch einstellbar sind. Die Grundidee besteht darin, in der Mittellage (Kernschicht des Sandwichverbundes) mehrere miteinander verklebte Schäl-furniere zu verwenden, welche in Wellenform gebracht werden und senkrecht (hochkant) stehend als wabenartige Struktur zwischen den beiden Deckschichten positioniert werden. Diese Konstruktionsidee verfolgt das Ziel, den Rohstoff Holz möglichst optimal zu nutzen. Zum einen geschieht dies durch die Anwendung des Sandwichprinzips an sich und andererseits durch ein Formgebungsverfahren für den Kern, welches sehr wenig Holzabfälle produziert und das Holz in wenigen Schritten in die notwendige Form bringt. Aufwendige Holzaufschlussverfahren mit anschließender energieaufwendiger Formgebung sollten vermieden werden. Die Geometrie der Waben war für verschiedene Anwendungsfälle zu optimieren.

## Material und Methoden

Zur Herstellung der Mittellage wurden Birkenschäl-furniere verwendet und mit einer durch den Kooperationspartner Schotten und Hansen GmbH entwickelten Pressvorrichtung in Wellenform gebracht. Als Deckschichten kamen sowohl Sperrholzplatten als auch dünne MDF-Platten zum Einsatz. Für die handwerkliche Herstellung der Leichtbauplatten wurde eine im Taktverfahren arbeitende Pressvorrichtung entwickelt, die auch im industriellen Be-

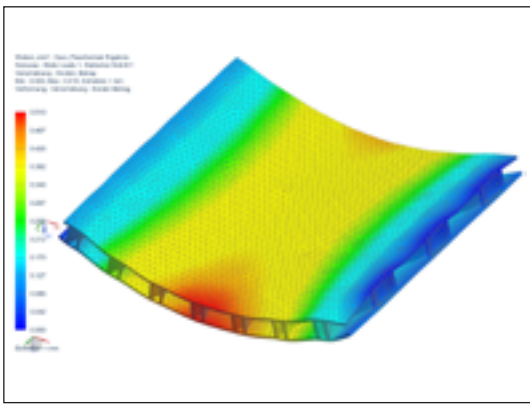


Abb.1: FEM-Simulation der Durchbiegung eines Plattenelements unter Flächenlast mit beidseitig gelenkiger Lagerung quer zur Wabenrichtung

reich einsetzbar ist. Das zur Herstellung verwendete Holz wurde dabei so weit wie möglich in seinem ursprünglichen Zustand belassen. Es wurden umfangreiche Versuche mit verschiedenen Klebstoffen (PVAc, UF, PUR) durchgeführt. Sowohl die Verklebung der Furniere zu gewellten Waben als auch die Verbindung der Waben mit den Deckschichten stellen dabei technologische Anforderungen dar.

Neben einer für richtungsoptimierte Platte geeigneten Wabengeometrie, war eine Wellengeometrie gesucht, die den Aufbau einer homogenen Platte ermöglicht. Dazu wurden in umfangreichen FEM Simulationen verschiedene Parameter der Wellengeometrie variiert und die Durchbiegung eines Plattenelements berechnet (Abb. 1). Daraus wurde ein Ersatz-E-Modul berechnet und zur besseren Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Geometrien ein daraus abgeleiteter massenspezifischer E-Modul eingeführt. Wenn z. B. die Dicke der Wellen erhöht wird, steigt der Ersatz-E-Modul zwangsläufig an. Der spezifische E-Modul zeigt hingegen die Wirksamkeit dieser Maßnahme, so dass erkennbar wird, ab welcher Dicke das Gewicht schneller zunimmt als die Steifigkeit. In gleicher Weise wurde mit anderen Geometrieparametern verfahren, so dass für alle Parameter ein günstiger Bereich ermittelt werden konnte. Durch Kombination der jeweils günstigen Parameterbereiche konnte die Steifigkeit der Platte bei gleichbleibendem Gewicht verbessert und der Rohstoff Holz noch besser genutzt werden. Für die im handwerklichen Maßstab hergestellten Vorzugsvarianten (richtungsoptimiert und homogenisiert) wurden folgende Eigenschaftskennwerte bestimmt:

- die flächenbezogene Masse,
- die Biegefestigkeit und Biegesteifigkeit (Ersatz-E-Modul, EN 310) sowie
- Zugfestigkeit senkrecht zur Plattenebene (EN 319) und Druckfestigkeit (EN 789).

### Ergebnisse

Sowohl Biegesteifigkeit als auch Druckfestigkeit werden durch den Mittellagenaufbau maßgeblich

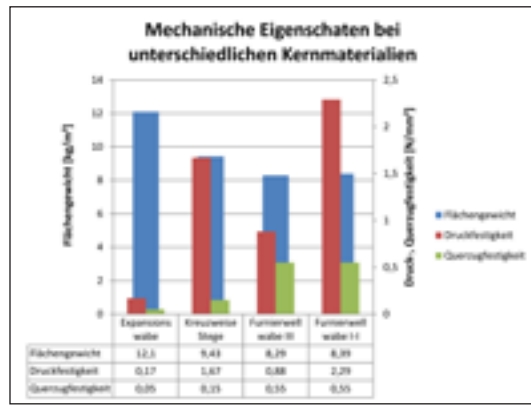


Abb. 2: Entwickelte Leichtbauplatte im Vergleich mit Sandwichplatten auf Basis herkömmlicher Kernwerkstoffe

beeinflusst. Bei Ausrichtung aller Furnierlagen parallel zur Plattenebene wird die höchste Biegesteifigkeit erreicht. Die Druckfestigkeit ist hier am geringsten, liegt allerdings immer noch um den Faktor 5 höher als bei derzeit am Markt erhältlichen Expansionswaben. Durch Aufrechtstellen einer oder mehrerer Lagen kann die Druckfestigkeit noch um ein Vielfaches gesteigert werden. Die PVAc-Systeme erwiesen sich als technologisch besonders vorteilhaft, da die durch diese Klebstoffe eingebrachte Feuchtigkeit, größere Verformungen der Furniere ohne Fehler ermöglichte. Die unter Zuhilfenahme der FEM-Simulationen optimierte Form (enge Radien) war so fehlerfrei herstellbar. Die in den mechanischen Prüfungen bestimmten Eigenschaftskennwerte liegen in vielen Bereichen deutlich über denen anderer Sandwichtaufbauten (Abb. 2). Dieser Vorteil wird noch deutlicher, wenn die Größen auf das Flächengewicht bezogen und somit die spezifischen Eigenschaften bewertet werden. Das Ziel, den eingesetzten Rohstoff Holz besser zu nutzen, ist damit erreicht.

### Fazit

Im Verlauf des Vorhabens wurden eine biegesteife, druckfeste Leichtbauplatte (Sandwichplatte mit Furniermittellage) für den Möbel- und Innenausbau sowie eine adäquate Technologie zu deren Herstellung entwickelt. Durch die optimierte Wellenform konnte eine homogenere Leichtbauplatte geschaffen werden, deren mechanische Eigenschaften (Biegefestigkeit und Biegesteifigkeit) in Querrichtung deutlich verbessert wurden, ohne dass in Plattenlängsrichtung wesentliche Festigkeitsverluste eintraten. Im Vergleich zu anderen auf dem Markt für den Möbel- und Innenausbau erhältlichen Leichtbauplatten wurde ein Produkt entwickelt, das sich durch einen besonders effizienten Einsatz nachwachsender Rohstoffe auszeichnet und bei gleichem Flächengewicht bessere mechanische Eigenschaft aufweist.