

Physikalische und mechanische Eigenschaften von leichten HWS-Platten mit in-situ geschäumtem Kern

Johannes Welling*, Ali Shalbafan**

vTI, Institut für Holztechnologie
und Holzbiologie, 21031 Hamburg
E-Mail: johannes.welling@vti.bund.de
<http://www.vti.bund.de>

Universität Hamburg,
Zentrum Holzwirtschaft, 21031 Hamburg
E-Mail: a.shalbafan@holz.uni-hamburg.de
<http://www.holzwirtschaft.org>

Abstract

Für die Herstellung von leichten Holzwerkstoffen gibt es verschiedene Konzepte. Für Platten mit einem ähnlichen Eigenschaftsprofil wie konventionelle Holzwerkstoffen bei gleichzeitig drastisch reduziertem Gewicht eignet sich der Sandwichaufbau. Während konventionelle Sandwichplatten in der Regel in einem mehrstufigen Verfahren aus unabhängig voneinander hergestellten Komponenten hergestellt werden, ist es am Johann Heinrich von Thünen Institut in enger Zusammenarbeit mit dem Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg gelungen, leichte Holzwerkstoff mit Schaumkern in einem einzigen Prozessschritt zu erzeugen. Durch das Aufschäumen der Mittelschicht in-situ in der Heißpresse lassen sich Schaumkernplatten erzeugen, die bei etwa 50% Gewichtseinsparung in ihren physikalischen und mechanischen Eigenschaften konventionellen Holzwerkstoffen weitgehend entsprechen. Die spezifischen, also auf die Dichte bezogenen, Eigenschaften dieser Platten liegen zum Teil weit oberhalb der spezifischen Eigenschaften der konventionellen Alternativen. Einleitung.

Keywords: Spanplatte mit Schaumkern, Sandwich-Aufbau, in-situ Aufschäumen, EPS

Herstellung von leichten Holzwerkstoffen mit in-situ geschäumtem Kern

Die Dichte von Span- und Faserplatten liegt üblicherweise im Bereich zwischen etwa 600 und 750 kg/m³. Seit vielen Jahren wird vor allem seitens der Hersteller von Mitnahmemöbeln der Wunsch geäußert, das Gewicht von Holzwerkstoffen zu reduzieren, um das Gewicht der Verpackungseinheiten zu reduzieren und dem Kunden die Manipulation der Pakete zu erleichtern zu können. Durch die erhebliche Ausweitung der Holzverwendung im stofflichen und energetischen Bereich in den letzten 10 Jahren, hat sich die Konkurrenz um den Rohstoff Holz verschärft, was letztendlich zu einem Anstieg der Preise für den Rohstoff geführt hat. So ist es verständlich, dass sich die Hersteller von Holzwerkstoffen um eine Verbesserung der Rohstoffeffizienz bemühen.

Um Holzwerkstoffplatten leichter zu machen, bieten sich verschiedene Strategien an (*Lüdtke et al: 2008*). Neben der Verwendung von leichten Rohstoffen (z.B. Pappel oder Küstentanne), lässt sich durch die Ausgestaltung des Rohdichteprofil sowie durch die gezielte Beimengung von leichten Zuschlagstoffen (Flachschäben, expandiertes Polystyrol, etc.) eine gewisse Gewichtsreduktion erreichen. Je nach Plattendicke und Plattenaufbau können auf diesem Wege Dichten von 450-550 kg/m³ erreicht werden. Will man zusätzlich Gewicht einsparen, so bietet sich die Herstellung von Holzwerkstoffen nach dem Prinzip dem Sandwich-System an (*Allen 1996, Kalson and Åström, 1997*). Bekanntestes Beispiel hierfür sind die bereits vor vielen Jahren mit Erfolg eingeführten Wabenplatten, bei denen durch die Kombination von dünnen hochverdichteten Decklagen und superleichten Papierwaben als Kernmaterial extrem leichte Plattenwerkstoffe hergestellt werden können (Wagenführ, 2005).

Nachteilig bei diesem Typ von Sandwich-Platten sind die Trennung der Produktion von Deck- und Mittellagen, das nachträgliche Zusammenfügen der Komponenten, das in der Regel erforderliche Einbringen von Stegen entweder vor dem Zusammenfügen der Komponenten an vorbestimmter Stelle oder aber nachträglich im Rahmen der Weiterverarbeitung. Beides ist mit hohem Aufwand verbunden.

Am vTI wurde in enger Zusammenarbeit mit dem Zentrum Holzwirtschaft der Universität Hamburg ein neuartiges Verfahren für die kontinuierliche Herstellung von Holzwerkstoffplatten mit in-situ geschäumtem Kernmaterial entwickelt. Mit diesem Verfahren sollte es in Zukunft möglich werden, extrem leichte Span- und Faserplatten auf konventionellen kontinuierlichen Holzwerkstoffpressen in einem einzigen Pressvorgang herzustellen.

Das von Lüdtker (2007) entwickelte und von der Universität Hamburg zum Patent angemeldete Verfahren wurde bereits mehrfach in der Literatur beschrieben (Lüdtker et al. 2008; Lüdtker 2011). Die von Lüdtker im Rahmen der Verfahrensentwicklung verwendeten expandierbaren Microsphären wurden zwischenzeitlich von Shalhafan et al. (2012a) durch expandierbares Polystyrol (EPS) ersetzt.

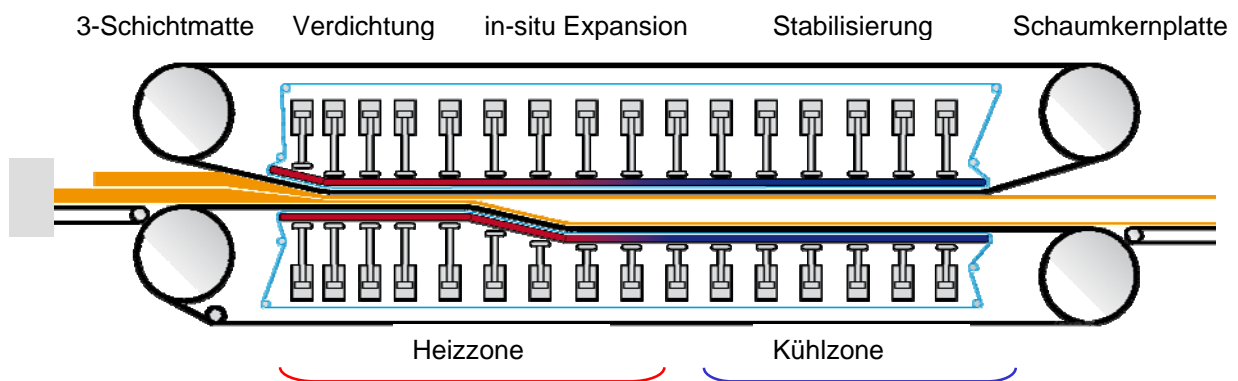


Abb. 1: Herstellung von Spanplatten mit in-situ geschäumtem Kern auf Doppelbandpresse mit Kühlzone

Die nachfolgend beschriebenen physikalischen und mechanischen Eigenschaften wurden für Sandwichplatten mit Span-Decklage und in-situ geschäumtem Kern aus EPS ermittelt.

Charakterisierung der untersuchten Sandwichplatten

Die Eigenschaften von Sandwich-Platten werden von einer Vielzahl von Faktoren bestimmt. Im Falle der hier untersuchten Spanplatten mit Schaumkern wurde als Beispiel aus einer Vielzahl möglicher Produkte eine 19 mm Platte mit Spanplattendecklagen (Zieldicke jeweils 3 mm) und einer schaumförmigen Mittellage (Zieldicke 13 mm) untersucht. Variiert wurde der Einfluss der Presstemperatur (130°C und 160°C) sowie der Einfluss der Dichte des EPS-Schaumes in der Mittellage (Zieldichten 80, 100 und 120 kg/m³).

Dichteprofil

Bei Span- und Faserplatten lassen sich aus dem Dichteprofil wichtige Charakteristika der späteren Performance ableiten. Während im Falle von Faserplatten meist ein möglichst flaches Dichteprofil mit geringen Unterschieden zwischen Plattenoberfläche und Plattenmitte erwünscht ist, bemüht man sich im Falle von Spanplatten normalerweise um eine möglichst hohe Dichte in der Decklage und um eine geringe Dichte in der Mittellage.

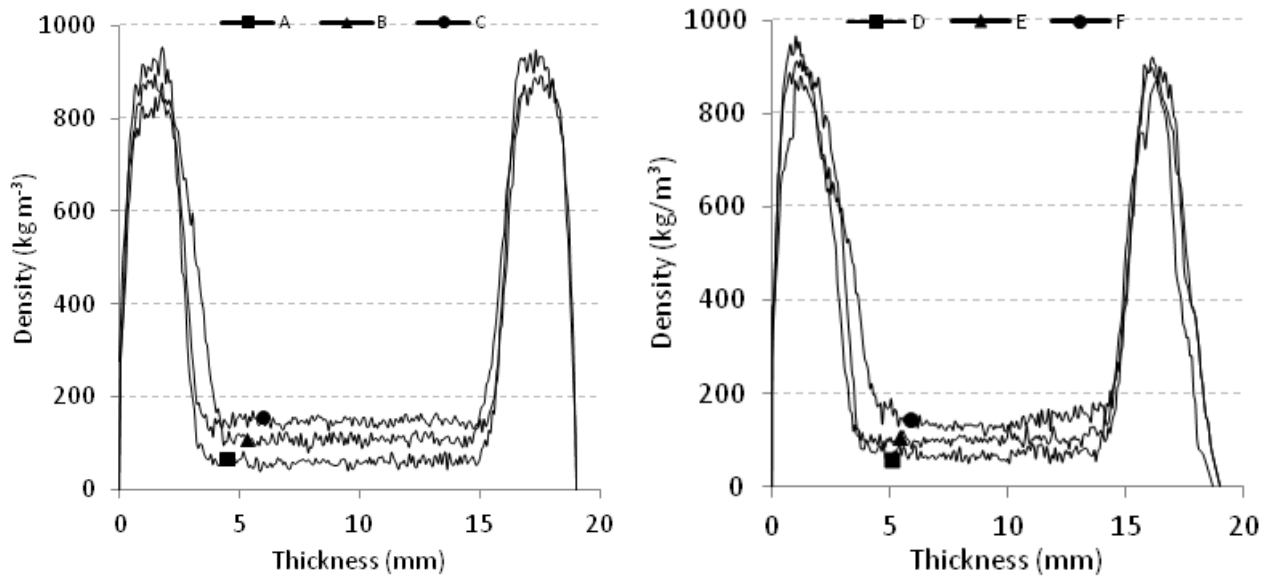


Abb. 2 Vertikales Dichteprofil in Schaumkern-Spanplatten mit 3 mm Deckschichtstärke
Linker Graph: 130°C Pressprogramm, A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte
Rechter Graph: 160°C Pressprogramm, A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte

Bei konventionellen Spanplatten findet man nach dem Schleifen in den Decklagen Dichten mit Spitzenwerten zwischen 800 und 900 kg/m³. Bei den in-situ geschäumten 19 mm starken Platten wurden bei einer Zieldicke für die Decklagen von 3 mm mittlere Dichten zwischen 650 und 700 kg/m³ erreicht, wobei die Spitzenwerte ebenfalls zwischen 850 und 900 kg/m³ lagen (Abb. 2). Die Dichte der Schaummittellage wurde in drei Stufen auf Zieldichten von 80, 100 und 120 kg/m³ variiert. Abhängig vom verwendeten Pressprogramm (130°C und 160°C) konnten charakteristische Unterschiede im Übergangsbereich zwischen den hochverdichteten Decklagen und der Schaummittellage festgestellt werden. Wie bereits von *Shalbafan et al (2012a und 2012b)* beschrieben, hat die Ausformung des Übergangsbereiches starken Einfluss auf bestimmte mechanische Eigenschaften. Durch die Variation der Pressbedingungen konnte gezeigt werden, dass die Eigenschaften der innovativen Platten in weiten Grenzen gezielt beeinflusst werden können.

Mit beiden Pressprogrammen lassen sich bei geringen Schaumdichten in der Mittellage hohe Dichten in der Decklage und ein steiler Dichteabfall in der Übergangsschicht zwischen Decklage und Schaumkern erreichen.

Charakterisierung des Mittellagenschaums

Bei den verwendeten EPS Partikeln handelt es sich um marktübliche Polystyrol Beads, die werksseitig mit ca. 6% Gewichtsanteil Propan beaufschlagt wurden. Während des Pressvorgangs erweicht das Polystyrol und die kugelförmigen Beads verfließen ineinander. Das im Polymer enthaltene Treibgas kann nur zu einem geringen Teil aus der sich in Plattenmitte befindlichen Polymerschmelze austreten, da einerseits durch den hohen anfänglichen Pressdruck die Decklagen aus Feinmaterial eine gute Abdichtung bewirken, andererseits das Treibgas – wenn überhaupt – nur seitlich aus dem Spanflies austreten kann.

Wird nach der Aushärtung der Decklagen die Presse geöffnet, so kommt es zur Expansion des Treibmittels und damit zum Aufschäumen des Mittellagenmaterials. Die Schaumstruktur selbst sowie die Ausbildung des Übergangsbereiches zwischen Decklage und Schaum wird dabei von der Temperatur der aufgeschmolzenen Mittellage und der Öffnungsgeschwindigkeit der Presse beeinflusst. Beide Größen können über das Pressprogramm gezielt beeinflusst werden. Beispiele für die unterschiedliche Schaumstrukturen sind in Abb. 3 dargestellt.

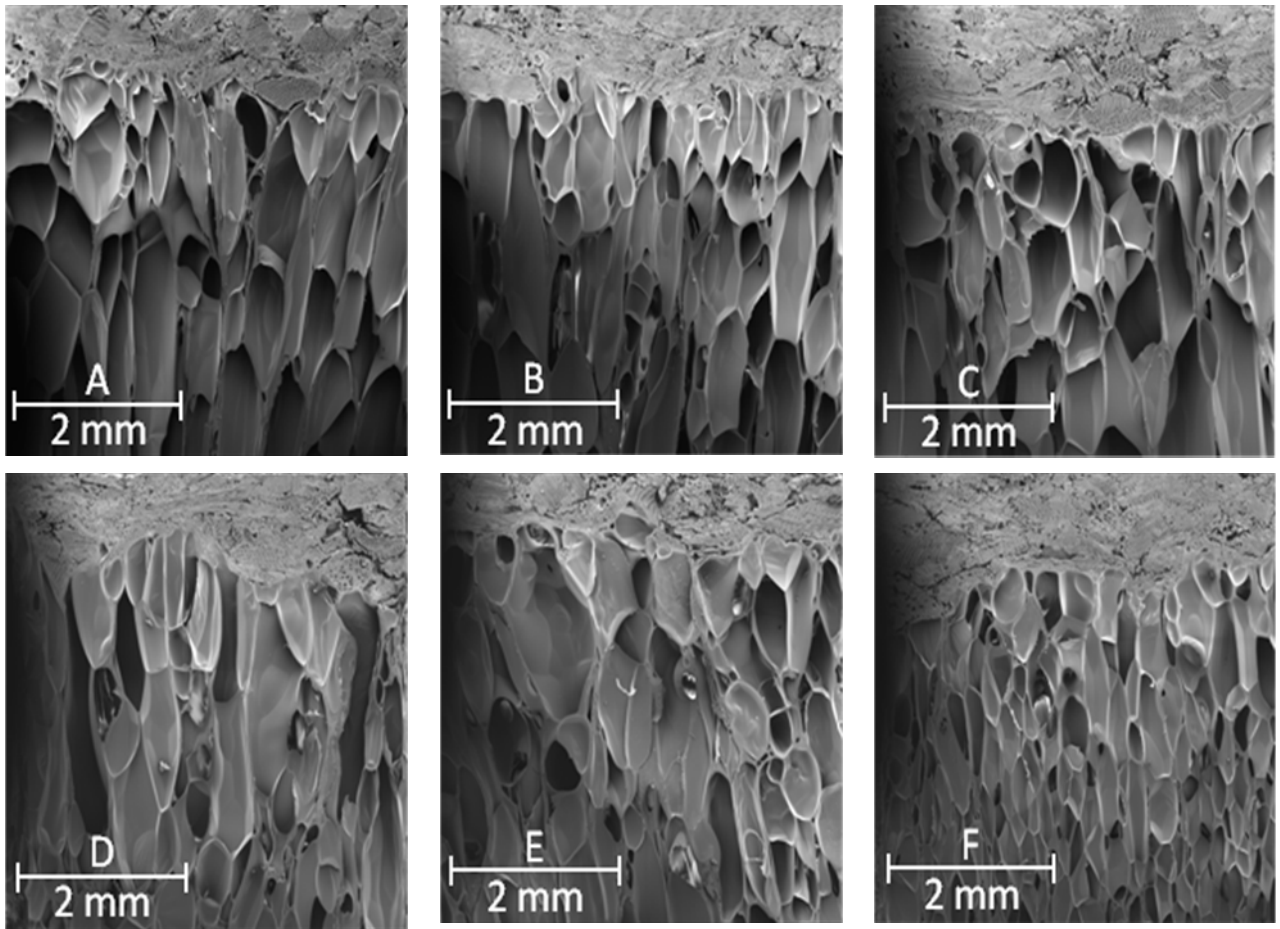


Abb. 3 Übergangsbereich zwischen EPS-Schaum und Holzdecklage bei in-situ geschäumten Mittellagen von Schaumkern-Spanplatten; A, B und C hergestellt mit 130°C Pressprogramm, D, E und F hergestellt mit 160°C Pressprogramm

Ein niedriges Temperaturniveau von 130°C führt bei langsamer Expansion des EPS-Schaumes zu relativ großen, starkwandigen Schaumzellen. Beim hohen Temperaturniveau von 160°C entstehen dagegen bei rascher Expansion eher kleinere Zellen mit dünnen Wandungen. Rein optisch sind keine Unterschiede an der Grenze zwischen Schaum und Holz erkennbar.

Mechanische Eigenschaften

Die folgenden mechanischen Eigenschaften wurden für die oben beschriebenen Parameterkombinationen untersucht: Biegefestigkeit, Querzugfestigkeit (Internal bond), Schaubenauszugwiderstand (senkrecht zur Plattenoberfläche sowie aus der Kante).

Biegefestigkeit

Die Biegefestigkeit von Sandwich-Platten wird entscheidend von der Zug- bzw. Druckfestigkeit des Decklagenmaterials in Plattenebene bestimmt. Bei den gewählten Parameterkombinationen unterschieden sich die Dicke und die Dichte des Decklagenmaterial nur unwesentlich. Im Vergleich der Biegefestigkeiten zwischen den Varianten sind deshalb auch nur marginale Unterschiede feststellbar.

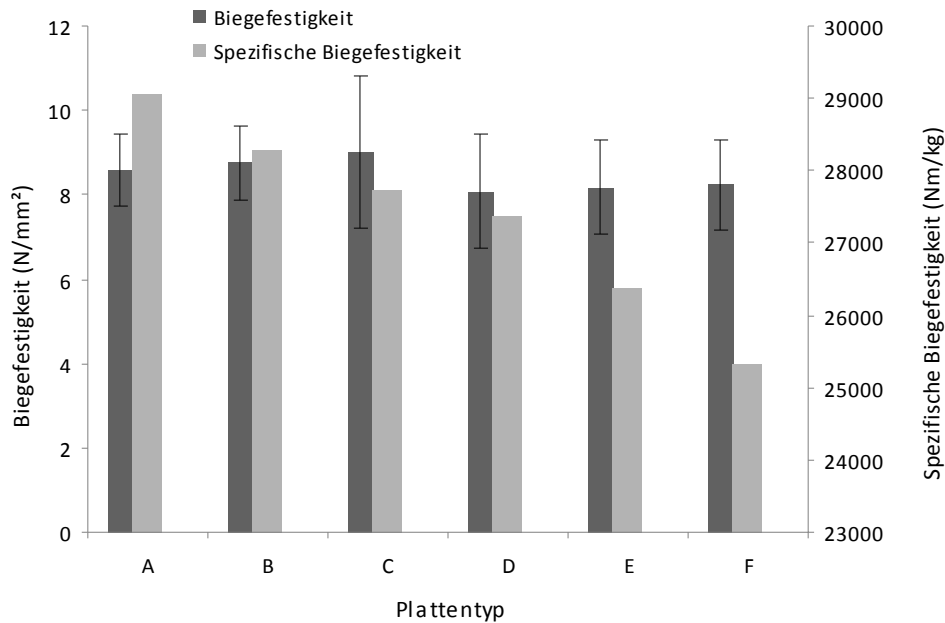


Abb. 3 Biegefestigkeit von Spanplatten mit Schaumkern, hergestellt durch 130°C Pressprogramm mit A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte, sowie hergestellt durch 160°C Pressprogramm mit D 80 kg/m³, E 100 kg/m³, F 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte

Trotz der extrem niedrigen mittleren Dichten der untersuchten Platten zwischen 295 und 325 kg/m³ lagen die ermittelten Biegefestigkeiten nur knapp unterhalb der in EN 312 für P2 Platten festgelegten Grenze von 11,5 N/mm². Errechnet man eine spezifische Biegefestigkeit (Nmkg⁻¹) durch Division der Biegefestigkeit durch die jeweilige mittlere Dichte der Platte so ergeben sich für die untersuchten Schaumkernplatten in allen Parameterkombinationen höhere Werte als die spezifische Biegefestigkeit von 17700 Nmkg⁻¹ einer normgerechte P2 Platte mit 11,5 N/mm² und einer Dichte von 650 kg/m³.

Querzugfestigkeit (Internal bond)

Bedingt durch die Belastungsrichtung hat die Qualität des Schaumes in der Mittellage und die Verbindung zwischen Decklage und Schaumkern einen entscheidenden Einfluss auf die Ergebnisse der Querzugfestigkeit. Wie aus Abb. 4 ersichtlich unterscheiden sich die Querzugfestigkeiten der bei 130°C hergestellten Schaumkernplatten (A, B, C) erheblich von den bei 160°C hergestellten Platten (D, E, F). Die bei niedrigeren Temperaturen produzierten Platten zeigen ein Versagen in der Mittellage, also in der Schaumschicht, während die bei höheren Temperaturen hergestellten Platten allesamt einen Bruch in der Grenzschicht zwischen Decklage und Mittelschicht aufwiesen. Die geringeren Querzugfestigkeiten sind hier aller Wahrscheinlichkeit nach auf weniger stark verdichteten Späne auf der Innenseite der Deckschicht bei den mit höherer Pressentemperatur hergestellten Platten zurückzuführen (siehe Abb. 2).

In allen Fällen wurde jedoch der in EN 312 festgeschriebene Wert von 0,24 N/mm² weit überschritten. Gleiches gilt für die berechneten spezifischen Querzugfestigkeiten, die im Falle einer 650 kg/m³ schweren Spanplatte bei 370 kgm⁻¹ liegen würde.

Da so hohe Querzugfestigkeiten für den Einsatz von Leichtbauplatten nicht erforderlich sind, kann geschlussfolgert werden, dass auch bei wesentlich niedrigeren Schaumdichten in der Mittellage noch ein akzeptabler Internal bond erzielt werden kann. Wie zuvor bereits gezeigt, hat die Schaumdichte kaum einen Einfluss auf die Biegefestigkeit.

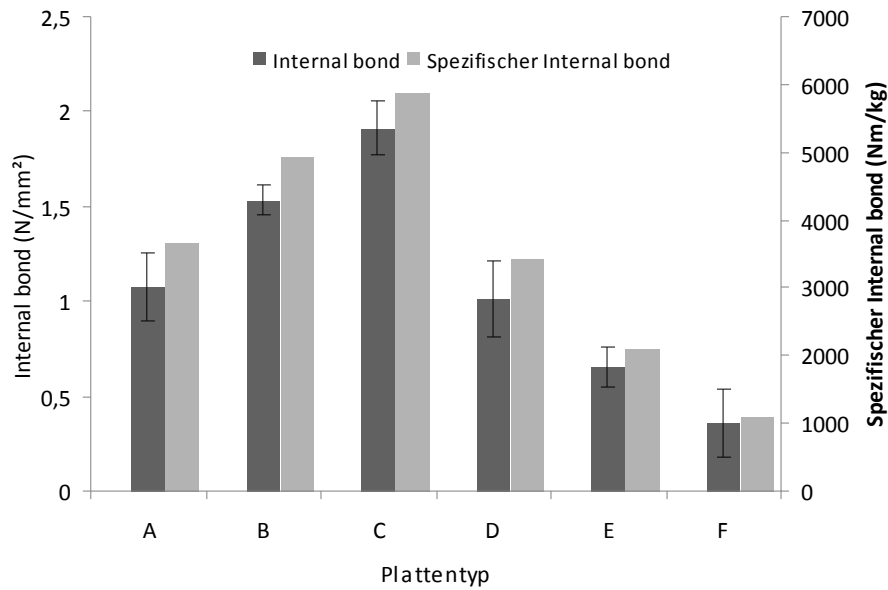


Abb. 4 Internal bond (Querzugfestigkeit) von Spanplatten mit Schaumkern hergestellt durch 130°C Pressprogramm mit A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte sowie hergestellt durch 160°C Pressprogramm mit A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte

Schaubenauszugwiderstand

Beim Einsatz von Spanplatten zur Herstellung von Möbeln stellt der Schraubenauszugwiderstand eine wichtige Kenngröße dar, da Scharniere sicher auf bzw. an Oberflächen befestigt werden müssen und Eckverbindungssysteme in der Regel ausreichend Halt in den Mittel-lagen der Platten finden müssen.

Erwartungsgemäß unterscheiden sich die Schraubenauszugwiderstände bei Spanplatten mit Schaumkern je nachdem, ob die Schrauben senkrecht zur Plattenebene oder parallel zur Plattenebene aus dem Schaum ausgezogen werden.

Im Falle des Schraubenauszugwiderstands senkrecht zur Plattenebene (Abb 5, links) ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei der Biegefestigkeit. Der Schraubenauszugwiderstand wird entscheidend von der Dichte und der Dicke der Decklagenschicht (*Johnson 1967*) bestimmt. Da sich diese bei den untersuchten Parameterkombinationen kaum ändert, waren auch beim Schraubenauszugwiderstand keine nennenswerten Unterschiede zu erwarten (Abb 5, linker Teil).

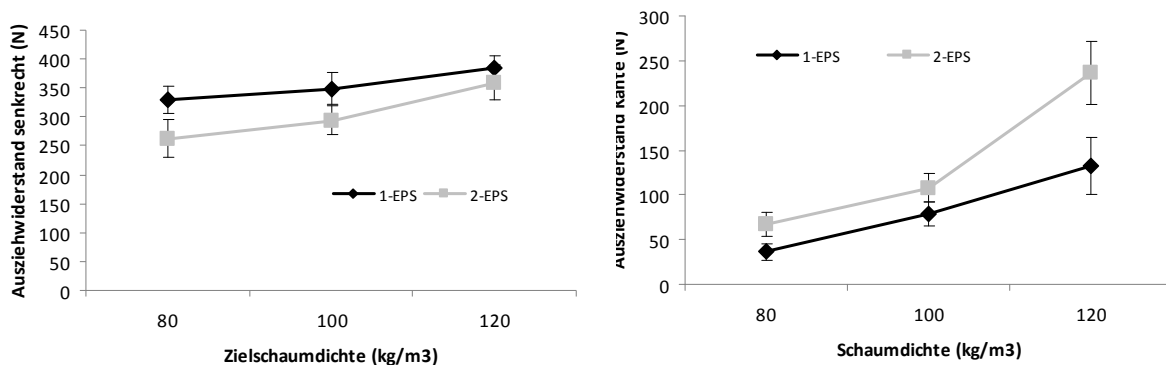


Abb. 5 Schraubenauszugwiderstand senkrecht zur Plattenebene (links) und parallel zur Plattenebene (rechts), 1-EPS Schaumkernplatten produziert bei 130°C, 2-EPS bei 160°C

Gänzlich anders sieht die Situation im Falle des Schraubenauszugs parallel zur Plattenebene (Abb 5, rechts) aus. Erwartungsgemäß zeigt sich hier ein sehr starker und deutlicher Einfluss der Schaumdichte. Anders als im Falle der Querkzugfestigkeit zeigt hier jedoch der bei höheren Temperaturen entstehende feinzellige Schaum bessere Werte als der grobzelligere Schaum, der bei niedrigeren Temperaturen entsteht. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von *Sand und Shivkumar (2003)* sowie *Gendon (2005)*.

Physikalische Eigenschaften

Bei Holzwerkstoffen wird als wichtige physikalische Eigenschaft meist die Dickenquellung nach 2 h bzw. 24 h Wasserlagerung bestimmt.

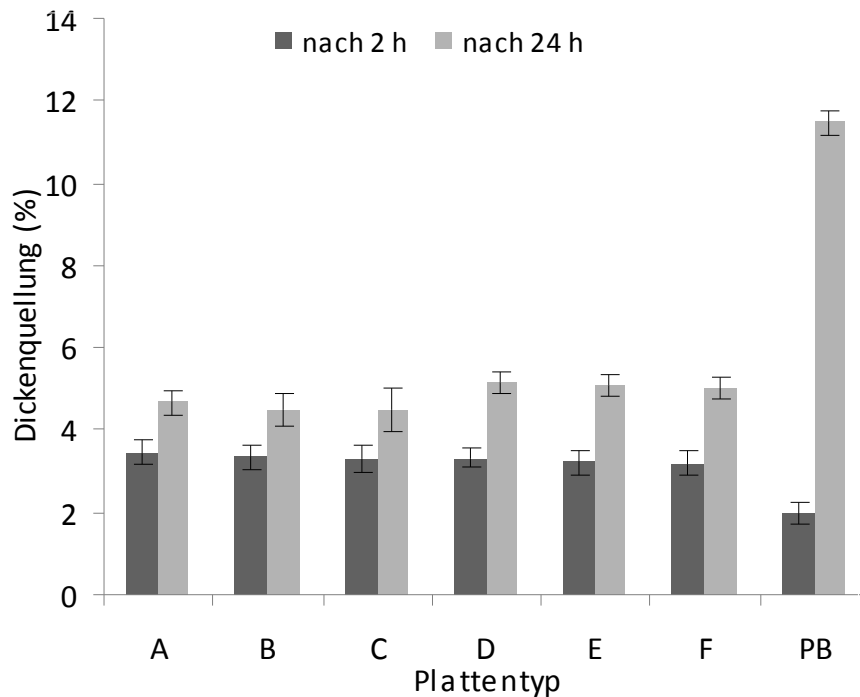


Abb. 6 Dickenquellung nach 2 h und 24 h Wasserlagerung; Platten hergestellt durch 130°C Pressprogramm mit A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³ Ziel-Schaumdichte, sowie durch 160°C Pressprogramm mit Ziel-Schaumdichte: A 80 kg/m³, B 100 kg/m³, C 120 kg/m³; PB normale Spanplatte

Vergleicht man die in Abb. 6 dargestellten Werte für die in Untersuchung eingeschlossenen Schaumkernplatten mit den Werte von konventionellen Spanplatten so erkennt man, dass die Werte für die Dickenquellung nach 2 h Wasserlagerung bei den Schaumkernplatten leicht oberhalb der Werte für normale Spanplatten, die 24 h Werte aber weit unterhalb der Werte für die normale Spanplatte liegen. Obwohl im Falle der Schaumkernplatten nur die holzhaltigen Decklagen quellen können, liegt die Gesamtquellung der Schaumkernplatten nach 2 Stunden Wasserlagerung oberhalb der der normalen Spanplatte, was dadurch erklärbar ist, dass bei der Produktion der Schaumkernplatten im Labor auf die Zugabe von Additiven verzichtet wurde. Marktübliche Spanplatten enthalten jedoch immer wachsartige Additive zur Verbesserung der Quellungseigenschaften.

Allerdings kann durch diese Additive die Wasseraufnahme allenfalls kurzfristig, nicht aber langfristig verbessert werden. Wie aus Abb. 6 ersichtlich, ist offensichtlich der aus EPS bestehende Schaumkern kaum an der Dickenquellung beteiligt. Die 24 h Werte der Schaumkernplatten liegen allesamt nur leicht oberhalb der 2 h Werte, jedoch nur etwa bei der Hälfte der Werte für konventionelle Spanplatte.

Zusammenfassung und Ausblick

Nach einem neuartigen einstufigen Verfahren hergestellte Holzwerkstoff-Sandwichplatten mit in-situ geschäumtem Kernmaterial aus EPS lassen sich hinsichtlich ihres Aufbaus in weiten Grenzen variieren. Darüber hinaus haben die Prozessbedingungen einen maßgeblichen Einfluss auf die Ausformung der mechanischen und physikalischen Eigenschaften. Die beispielhaften Ergebnisse zeigen, dass sich durch eine Variation des Aufbaus der Platten (Dicke der Decklagen und Dichte des Schaummaterials) sowie durch die gezielte Wahl der Prozessparameter in der Heizpresse die Eigenschaften gezielt beeinflussen lassen. Bei mittleren Dichten der Sandwichplatten von etwa 300 kgm^{-3} konnten Eigenschaften erzielt werden, die in der gleichen Größenordnung wie die konventioneller, etwa doppelt so schwerer Spanplatten oder sogar weit darüber lagen. Ermittelt man spezifische, dichtebereinigte Eigenschaften, so ergeben sich für die Sandwichplatten in aller Regel wesentlich verbesserte Werte.

Literatur

- Allen, H.G. Analysis and design of structural sandwich panels. Oxford: Pergamon, 1969.
- Gendron, R. Thermoplastic foam processing; principles and development. ISBN 0-8493-1701-0. CRC Press. Washington, D.C., 2005.
- Johnson, J.W. (1967) Screw-holing ability of particleboard and plywood. Forest Research Lab. Report T2-22, School of Forestry. Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.
- Karlsson, K., Åström T. (1997) Manufacturing and applications of structural sandwich components. Compos. Pt. A Appl. Sci. Manuf. 28:97-111.
- Lüdtke, J. (2007) Entwicklung eines kontinuierlichen Verfahrens zur Herstellung von Leichtbauplatten. Diplomarbeit, Department Biologie an der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Universität Hamburg
- Lüdtke, J. (2011) Entwicklung und Evaluierung eines Konzeptes für die kontinuierliche Herstellung von Leichtbauplatten mit polymerbasiertem Kern und Holzwerkstoffdecklagen. Dissertation, Fachbereich Biologie der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften der Universität Hamburg
- Lüdtke, J., Welling, J., Thoemen, H., Barbu, M.C. (2008) Development of a continuous process for the production of lightweight panel boards. In: Ferreira AJM, editor. 8th International Conference on Sandwich Structure ICSS8; Porto, Portugal.
- Sands, M., Shivkumar, S. (2003) EPS molecular weight and foam density effects in the lost foam process. J. Mater. Sci. 38:2233-2239.
- Shalbfan, A., Luedtke, J., Welling, J., Thoemen, H. (2012a). Comparison of foam core materials in innovative lightweight wood-based panels. *Holz als Roh- und Werkstoff*. 70(1): 287-292.
- Shalbfan, A., Welling, J., Luedtke, J. (2012b). Effect of processing parameters on mechanical properties of lightweight foam core sandwich panels. *Wood Material Science & Engineering*. Accepted for publishing, January 2012.
- Wagenführ, A., Verpoest, I., Pflug, J., Britzke, M. (2005) Sandwich-Leichtbauplatten mit kontinuierlich gefertigtem Papierwabenkern für den Möbel- und Innenausbau. *Holztechnologie* 46 (4): 10-16