MDF mit Faserorientierung

Simulation der Mikrostruktur zeigt Möglichkeiten zur Festigkeitssteigerung

Burkhard Plinke, Brigitte Dix, Heiko Andrä, Matti Schneider

Bei der Produktion mitteldichter Faserplatten (MDF) werden die Faservliese bisher meist ohne gezielte Orientierung der Fasern gestreut. Simulationen der Mikrostruktur von MDF auf der Basis realer Partikelgrößenverteilungen und mikrotomographischer 3D-Bilddaten ergaben, dass in Plattenebene orientierte Fasern zu beachtlichen Steigerungen der makroskopischen Festigkeit führen. Geeignete Verfahren zur Faserorientierung bei der Vliesbildung wurden daher evaluiert und praktisch getestet. An Laborplatten mit Faserorientierung ergaben sich bei gleichem Einsatz von Faserstoff und Bindemittel um etwa ein Viertel gesteigerte Werte für die Biegesteifigkeit und die Biegefestigkeit in Richtung der Faserorientierung bei vergleichbaren Werten für Längenänderung und Dickenquellung. Eine industrielle Umsetzung des Prinzips könnte daher eine deutliche Steigerung der Festigkeitsparameter bei verringertem Materialeinsatz bzw. Plattengewicht ergeben.

Schlüsselwörter: Mitteldichte Faserplatte (MDF), Partikelstruktur, numerische Simulation, Festigkeitsparameter, Computertomographie

Einleitung und Problemstellung

Bei gleichem Materialeinsatz (Faserstoff, Bindemittel) könnten mitteldichte Faserplatten (MDF) mit besseren Festigkeitsparametern hergestellt werden, wenn es gelingen würde, die Fasern vor dem Verpressen so auszurichten, dass sich ihre Zugfestigkeiten tendenziell addieren und sich ähnlich wie bei OSB und Sperrholz verbesserte Festigkeitseigenschaften für die Platten ergeben. Dies wurde nicht nur für MDF schon mehrfach nachgewiesen (siehe z. B. *Himmelheber und Steiner,* 1964; *Klauditz et al.,* 1965; *Lin,* 1974; *Talbott,* 1974; *Carpenter und Stunkard,* 1978; *Talbott und Logan,* 1978; *Brinkmann,* 1979; *Peters und Bleymaier,* 1981; *Pulido et al.,* 1990; *Zauscher und Humphrey,* 1997; *Groom et al.,* 1999). Gezielte Faserorientierung wird jedoch bei MDF im Wesentlichen aus zwei Gründen nicht industriell umgesetzt: Der eine Grund ist, dass die gezielte Faserorientierung bei MDF verfahrenstechnisch schwierig ist, weil einzelne Holzfasern nicht ähnlich wie OSB-Strands durch einen Orienter und Fächerwalzen ausgerichtet werden können. Der andere Grund ist die bisher unzureichende Analyse- und Simulationstechnik für die Mikrostruktur der Holzfaserwerkstoffe, mit denen der Nutzen einer gezielten Faserorientierung eingeschätzt und ein Zusammenhang zwischen mikrostrukturellen und makroskopischen Eigenschaften hergestellt werden kann. In einem gemeinsam von den Fraunhofer-Instituten WKI und ITWM bearbeiteten und von der AiF geförderten Forschungsvorhaben wurden tiefgreifende neue Erkenntnisse zu diesen beiden Fragestellungen gewonnen.

Verfahrenstechnik zur Faserorientierung bei MDF

Elektrostatische und aerodynamische Verfahren zur Faserorientierung bei der Vliesformung wurden schon vor einigen Jahrzehnten angeboten (*Keil,* 1977), sind aber nicht sinnvoll, weil leichte Holzfasern anders als Späne oder Strands im Medium Luft nicht kontrolliert ausgerichtet werden können. Daher sind diese Verfahren vermutlich nicht zum Stand der Technik geworden. In Vorversuchen wurden im Rahmen einer Diplomarbeit (*Lippe,* 2013) zunächst verschiedene mechanische Methoden der Faserausrichtung praktisch untersucht. Hierfür wurden Versuchsaufbauten (Nadelkissen, Langlochblech, V-Nut, Steghölzer, siehe Abb. 1) konzipiert. Anschließend wurde ein Versuchsaufbau im Labormaßstab (Kombination aus V-Nuten und Steghölzern, mit Vereinzelung durch ein Sieb, Verstellmöglichkeit für die freie Fallhöhe und Verfahrtisch zu Vliesformung, siehe Abb. 2) umgesetzt.

© IHD, Dresden

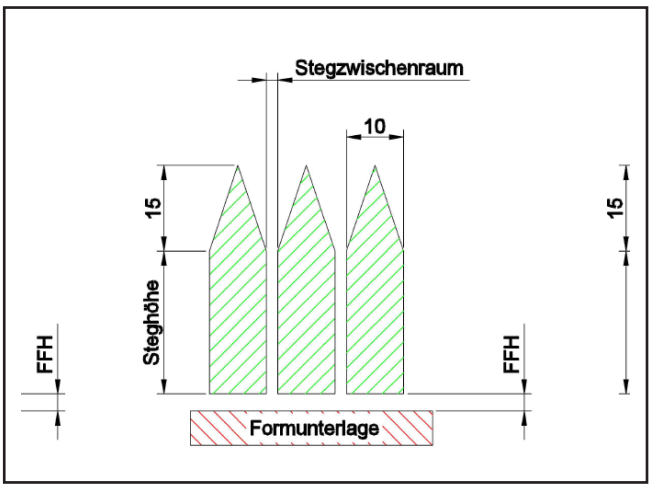


Fig. 1: V-Nuten und Steghölzer zur Faserorientierung
Abb. 1: V-channels and slabs for fibre orientation

Abb. 3 zeigt links ein Faservlies ohne und rechts ein Vlies mit Orientierung, das mit dem beschriebenen Versuchsaufbau hergestellt wurde. Da jedoch die Orientierung der Fasern mit Hilfe dieser Versuchseinrichtung sehr lange dauerte und für eine industrielle Umsetzung wenig geeignet erschien, wurde zusätzlich für die Orientierung der Fasern eine Kardiermaschine (Krempelmaschine, Abb. 4) mit einer Arbeitsbreite von ca. 20 cm erprobt. Solche Anlagen werden üblicherweise beim Spinnen oder bei der Herstellung von Vliesstoffen zur ersten Ausrichtung von Textilfasern zu einem Flor oder Vlies eingesetzt. Für Standardholzfasern ist das Verfahren zwar eine Erleichterung bei der Probenherstellung, jedoch nicht optimal, so dass ein höherer Anteil gröberer Fasern in Kauf genommen werden muss.

MDF mit orientierten Fasern und verbesserten Eigenschaften

Die insgesamt ca. 100 verschiedenen Varianten von MDF umfassten die in Tab. 1 aufgeführten Parametervariationen. Es wurden jedoch nicht alle möglichen Kombinationen hergestellt und in die Untersuchungen einbezogen.
Wesentliches Ziel des Projektes war, durch Faserorientierung Platten mit verbesserten Eigenschaften herzustellen. Im Folgenden sind daher für die verschiedenen Varianten die mechanisch-physikalischen Eigenschaften wiedergegeben.

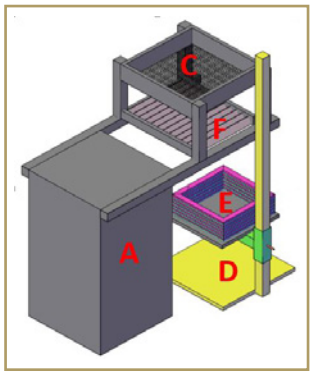


Abb. 2: Versuchsaufbau mit Vibriertisch A, Vereinzelungssieb C, Höhenverstellung D, Formunterlage E und Nuten/Steghölzern F
Fig. 2: Test set-up with vibrating table A, separation sieve C, height adjustment D, forming support E and V-channels/slabs F

Abb. 3: Faservlies ohne Orientierung (links) und mit Orientierung (rechts)
Fig. 3: Fibre mat without orientation (left) and with orientation (right)

Abb. 5 zeigt diese Eigenschaften für Platten aus Standardfasern (Fichte, Aufschluss 5 min bei 150 °C und Mahlscheibenabstand 0,2 mm) mit den Zielrohdichten 600 kg/m³ bzw. 800 kg/m³. Mit dem zunächst erprobten Verfahren (V-Nuten, Steghölzer, Vibriertisch) wurden Vliese hergestellt in den Streuvarianten

- einschichtig unidirektional (O-MDF),
- flächig multidirektional mit (V-MDF) und ohne (S-MDF) gezielte Faservereinzelung sowie
- aus drei unidirektionalen, um 90° gedrehten Schichten aufgebaut (3-Schicht).

Die Untersuchungen zeigten, dass bei den MDF aus Fichten-TMP-Faserstoff mit Faserorientierung (Orientierung mit V-Nut/Langlochblech) in Orientierungsrichtung die Biegefestigkeit und der Biege-Elastizitätsmodul um etwa 25 % bis 30 % erhöht waren. Die Faserorientierung hatte jedoch keinen Einfluss auf die Querzugfestigkeit sowie die Quellung und die Wasseraufnahme nach 24-stündiger Wasserlagerung der MDF.
In einer zweiten Versuchsreihe wurden Platten für eine Zielrohdichte von 600 kg/m³ hergestellt. Die Faserorientierung in den Vliesen wurde im Kardierverfahren realisiert, die Vliese wurden unidirektional, dreischichtig in drei Variationen (jede Deckschicht 33 %, Mittelschicht 33 % und um 90° gedreht; jede Deckschicht 20 %, Mittelschicht 60 % und um 90° gedreht; jede Deckschicht 20 % kardiert, Mittelschicht 60 %

Tab. 1: Untersuchte Varianten von MDF
Tab. 1: Investigated types of MDF

Parameter	Varianten bzw. Wertebereich
Holzarten	Kiefer; Fichte; Buche
Aufschlusstemperatur	150 °C; 170 °C
Mahlscheibenabstand	0,2 mm; 1,0 mm
Klebstoff	Harnstoff-Formaldehyd-Harz (UF-Harz); Isocyanat (eMDI)
Schichtaufbau	Einschichtig; dreischichtig
Plattendicke	8 mm; 12 mm; 17 mm
Zielrohdichte	550 kg/m³ bis 800 kg/m³
Faserorientierung	Unorientiert; einlagig orientiert; schichtweise mit orientierten Deckschichten und unorientierter Mittelschicht; schichtweise mit gegeneinander gedrehter Orientierung

© IHD, Dresden

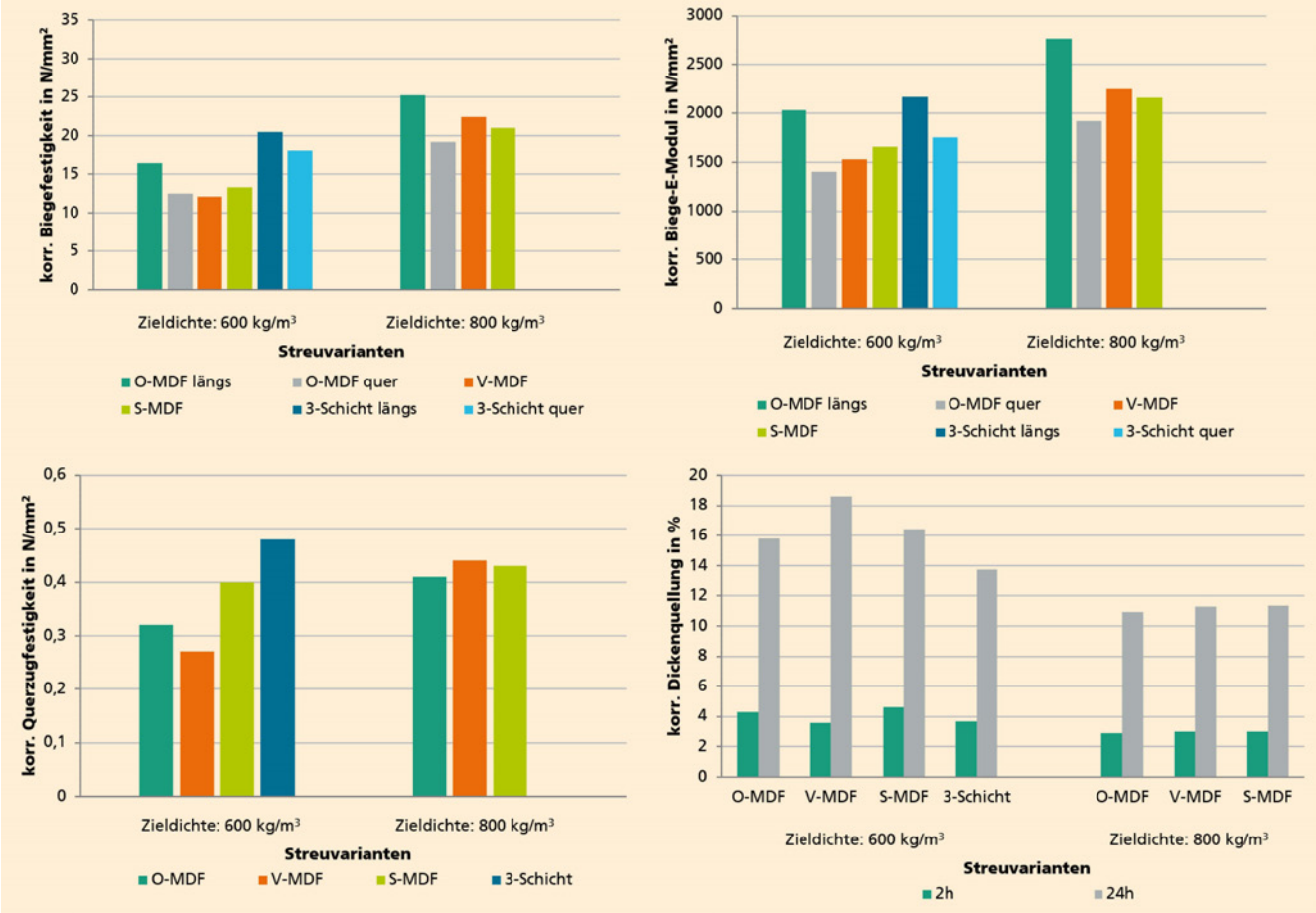
Abb. 4: Kardiermaschine im WKI-Technikum
Fig. 4: Carding device used in WKI lab

und unkardiert) und multidirektional als Referenz hergestellt. Abb. 6 zeigt die Festigkeitsparameter für die verschiedenen Streuvarianten.
Bei den ein- und dreischichtigen MDF aus kardierten Fichten-TMP-Fasern wirkte sich die Faserorientierung ebenfalls positiv auf die Festigkeiten aus. Die höchsten Biegefestigkeitswerte wurden bei einschichtigen MDF in Faserrichtung sowie bei den dreischichtigen MDF in Faserrichtung der Deckschicht erzielt. Die Biegefestigkeit der MDF in Faserrichtung war ca. 40 % (einschichtige MDF) bzw. 18 % (dreischichtige MDF) höher als die der MDF quer zur Faserrichtung der Deckschicht. Die dreischichtigen MDF wiesen höhere Querzugfestigkeiten auf als die einschichtigen MDF. Ähnliche Ergebnisse wurden bei einschichtigen MDF aus Buchen- und Kiefern-TMP erzielt. Insgesamt ergaben sich also durch die Faserorientierung deutliche Steigerungen wichtiger Festigkeitsparameter.

Analyse- und Simulationsverfahren für die Struktur von Holzfaserwerkstoffen

Das mechanische Verhalten von MDF ist stark richtungsabhängig. Deshalb ist eine experimentelle Charakterisierung insbesondere multiaxialer Spannungszustände mit erheblichem Aufwand verbunden und zum Teil nicht möglich. Berücksichtigt man jedoch die Mikrostruktur der MDF, d. h. das

Abb. 5: Eigenschaften von MDF bei verschiedenen Streuvarianten (Vibriertisch)
Fig. 5: Properties of MDF (bending strength, modulus of elasticity, internal bond strength, thickness swelling) made from different forming methods (vibrating table)



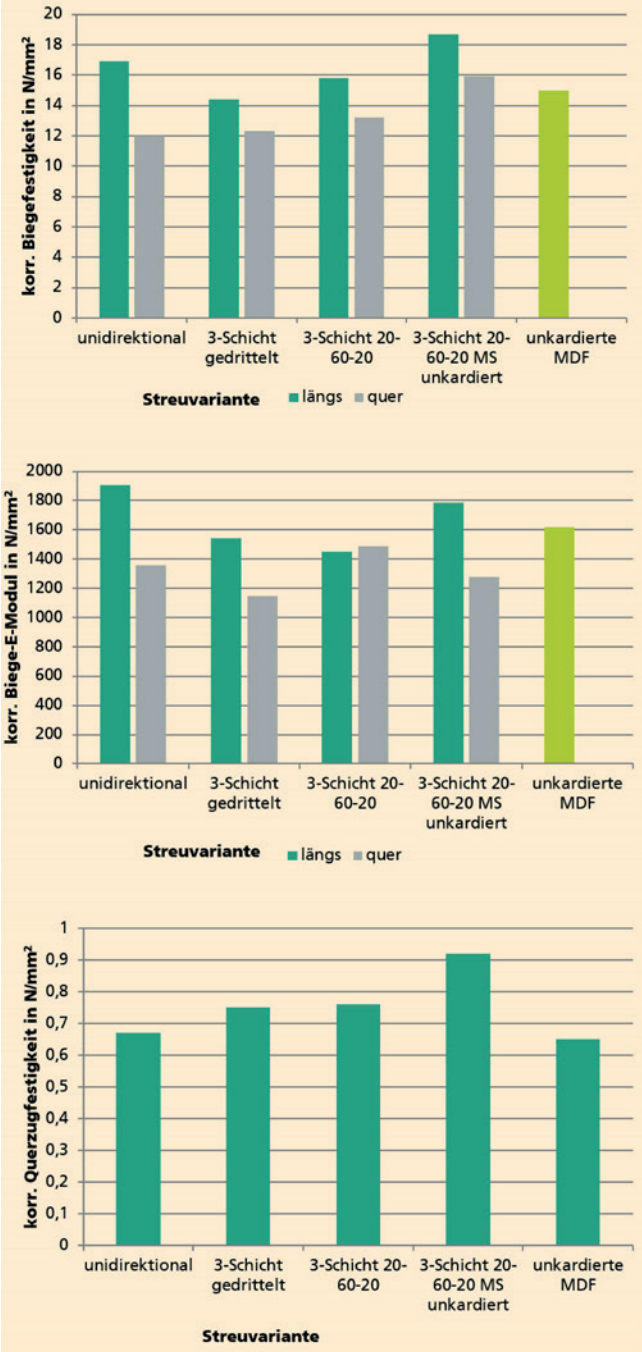


Abb. 6: Eigenschaften von MDF bei verschiedenen Streuvarianten (Kardierung)
Fig. 6: Properties of MDF (bending strength, modulus of elasticity, internal bond strength) made with different forming methods (carding)

zu Grunde liegende Holzfasernetzwerk, lassen sich die mechanischen Eigenschaften (Steifigkeit, Festigkeit) für beliebige Belastungen über numerische Simulationen näherungsweise ermitteln.
Ausgangspunkt für die Mikrostrukturcharakterisierung von Holzfaserplatten bilden Mikrocomputertomographieaufnahmen (µCT-Aufnahmen), exemplarisch wie in Abb. 7 dargestellt. Aus diesen lassen sich – teilweise nach entsprechender Segmentierung – die charakteristischen stochastischen Ei-

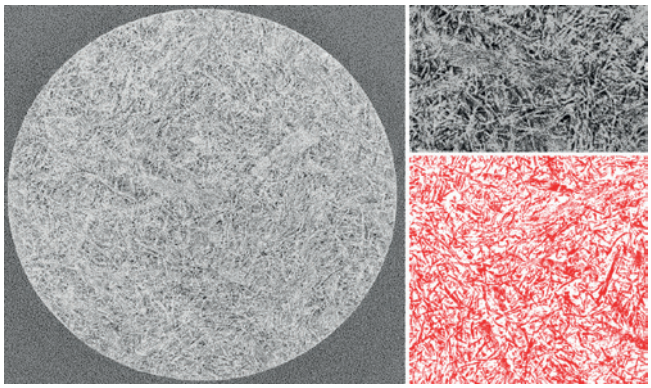


Abb. 7: µCT-Scan einer MDF, Gesamtaufnahme (links), Ausschnitt (rechts oben) und Segmentierung (rechts unten)
Fig. 7: µCT scan of MDF, total view (left), zoomed image (upper right) and segmented image (lower right)

genschaften des Fasernetzwerks wie lokale Dichtevariante, Faserorientierung und Faserlängenverteilung ablesen.
Anschließend kann man aus den charakteristischen stochastischen Eigenschaften entsprechende Fasernetzwerke am Computer generieren. Dazu orientiert man sich am Herstellungsprozess der Platten: In einem ersten Schritt wird mit Hilfe der kommerziellen Software GeoDict (http://www.geodict.com) eine Mikrostruktur mit geringer Dichte erzeugt, die im zweiten Schritt komprimiert wird. Zur Kompression wurde der Mikrostrukturlöser FeelMath des Fraunhofer ITWM eingesetzt, der auf Fast-Fourier-Transformation basierten Finite-Elemente-Verfahren und der Verbundvoxeltechnik beruht (*Kabel et al.*, 2016). Dieser Vorgang ist schematisch in Abb. 8 dargestellt.
Ausgehend von dem geometrischen Mikrostrukturmodell und den mechanischen Eigenschaften von Fasern und Klebstoff

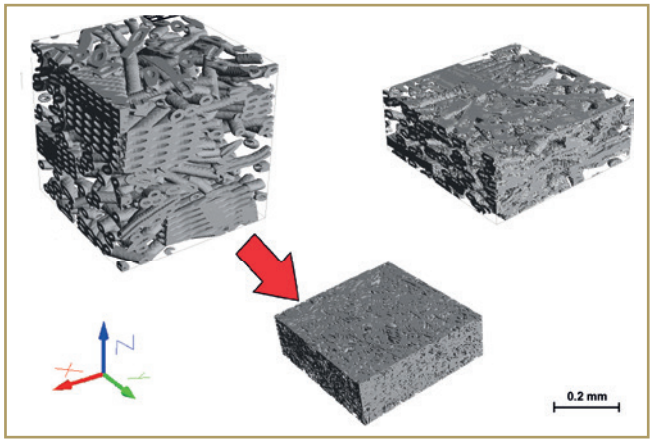


Abb. 8: Mit GeoDict erstelltes Holzfasernetzwerk (links oben) und komprimiertes Holzfasernetzwerk (Mitte) im Vergleich mit einer µCT-Aufnahme (rechts oben)
Fig. 8: Wood fibre network, generated with GeoDict (upper left) and compressed fibre network (middle) compared to the µCT-scan (upper right)

© IHD, Dresden

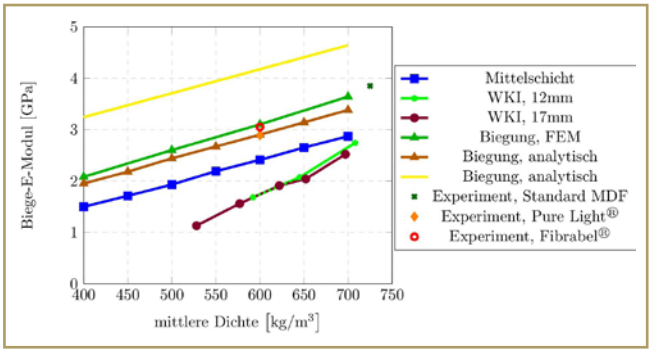


Abb. 9: Drei-Punkt-Biegeversuch – Experiment vs. Simulation (MOE – E-Modul)

Fig. 9: Three-point-bending test compared to simulation results

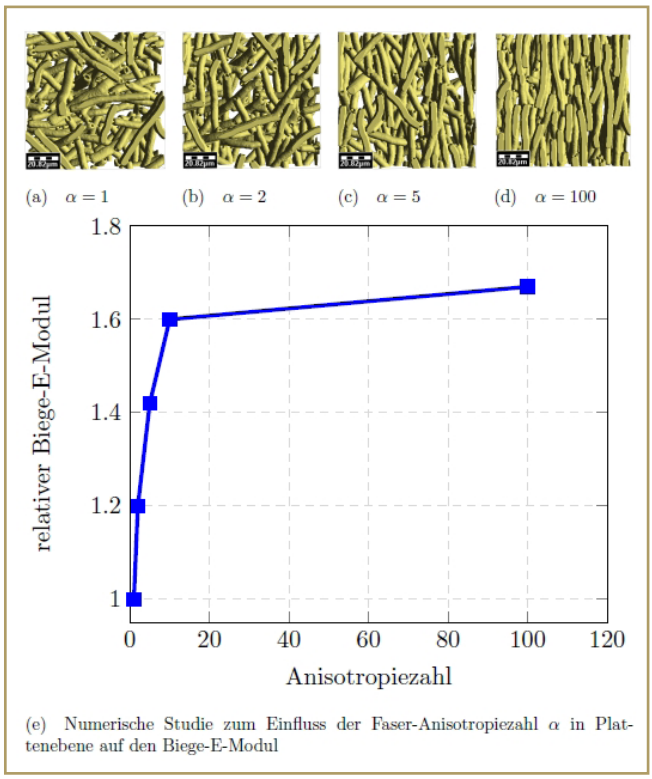


Abb. 10: Erzeugte Mikrostrukturen mit verschiedenen Ausrichtungsgraden und zugehörige Erhöhung des Biege-E-Moduls

Fig. 10: Generated microstructures with varying degree of orientation and associated increase in the bending Young's modulus

berechnet man effektive Dehnungs-Spannungs-Diagramme mit der Software FeelMath. Für den Drei-Punkt-Biegeversuch (Abb. 9) ergab sich, dass der Biege-E-Modul sehr gut durch die Simulation abgebildet wird, während der simulierte Zug-E-Modul eher überschätzt wird, im Vergleich zu den experimentellen Daten.

Ausgehend hiervon lassen sich mit Hilfe der Computersimulation Studien durchführen, wie der Ausrichtungsgrad der Holzfasern die effektiven mechanischen Eigenschaften beeinflusst. Es wurden Mikrostrukturmodelle mit orientierten Fasern generiert und dann die Biegesteifigkeiten simuliert, siehe Abb. 10. Aus diesen Simulationen ergibt sich, dass die Biegesteifigkeit durch geeignete Ausrichtung der Fasern in eine Richtung um 20 % (Anisotropieverhältnis 2) bis 40 % (Anisotropieverhältnis 5) erhöht werden kann. Zum Vergleich wurde auch eine fast unidirektionale Ausrichtung (Anisotropieverhältnis 100) betrachtet, die zwar physikalisch unrealistisch ist, aber dennoch Aufschluss über den Orientierungseinfluss gibt. Die Erhöhung von isotrop zum Anisotropieverhältnis 5 beträgt bereits 40 %. Eine vollständige Ausrichtung würde lediglich weitere 20 % liefern. Ebenso lassen sich Vorhersagen für die Biege- und Querzugfestigkeit von MDF treffen, die eine exzellente Übereinstimmung mit experimentellen Daten ergeben (*Sliseris et al.*, 2014).

In den µCT-Aufnahmen bilden sich relativ viele Faserbündel im Holzfasernetzwerk deutlich ab, so wie es auch zu erwarten ist. Diese Faserbündel resultieren aus einer nicht vollständigen Trennung der Holzfasern während des Refiningprozesses. Faserbündel sind auch besonders charakteristisch für industriell gefertigte Platten. Die Häufigkeit von Faserbündeln übt auf die Steifigkeiten und Festigkeiten der MDF großen Einfluss aus.

Deshalb wurde ein Verfahren entwickelt, um die Lage, Größe und Orientierung von Faserbündeln in einer µCT-Aufnahme automatisch zu erkennen, und in die Software MAVI des Fraunhofer ITWM integriert (*Sliseris et al.*, 2015). Ergebnisse dieser Bündelerkennung zeigt Abb. 11. Vergleichende Simulationen zur Ermittlung von Steifigkeiten und Festigkeiten von MDF mit und ohne Einbeziehung von Faserbündeln zeigten klar eine Genauigkeitserhöhung der Simulation im Vergleich zum Experiment, wenn Faserbündelungen Berücksichtigung finden. Die Verbesserungen gelten für alle Richtungen des stark anisotropen Materials gleichmäßig, d. h. sowohl in Plattenebene als auch bzgl. einer Biegebelastung zeigten sich teils drastische Genauigkeitsverbesserungen.

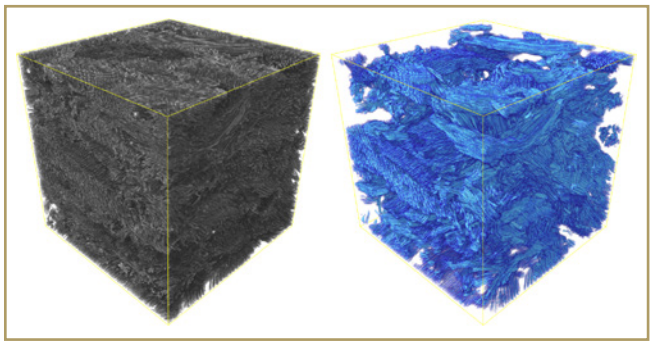


Abb. 11: Faserbündelanalyse mit MAVI für eine Aufnahme mit 8 mm Durchmesser und 6 mm Höhe sowie einer Auflösung von 4 µm – 2-D-Ansicht (links) und segmentierte Faserbündel in der 3-D-Ansicht (rechts)

Fig. 11: Fibre bundle analysis conducted with MAVI for a scan with a diameter of 8 mm, a height of 6 mm, and a resolution of 4 µm – total view of the microstructure (left) and segmented fibre bundles within the 3D view (right)

© IHD, Dresden

Diskussion und Schlussfolgerungen

Das Vorhaben ergab wichtige Erkenntnisse auf zwei Gebieten: Erstens wurden aus simulierten virtuellen Fasernetzwerken mit real gemessen Partikelgrößenverteilungen durch Zwei-Skalen-Simulationen Festigkeitseigenschaften berechnet, die gut mit Messwerten übereinstimmen. Zusätzlich wurde das Instrumentarium um die Betrachtung von Faserbündeln, die bei MDF einen Beitrag zur Festigkeit liefern, erweitert. So wurde der Nutzen angepasster Simulationsverfahren für den Holzpartikelwerkstoff MDF deutlich.
Zweitens legten die Simulationsergebnisse nahe, dass MDF mit orientierten Fasern verbesserte Festigkeitswerte aufweisen. Daher wurden zwei mögliche Verfahren zu Faserorientierung praktisch erprobt: Eine Kombination aus Schwingtisch und V-Nuten sowie eine Kardiermaschine. Im Vergleich zu unorientierten MDF wurden bei ein- und dreischichtigen MDF mit Faserorientierung beachtliche Steigerungen von Biege- und Querzugfestigkeit bei sonst gleichem Materialeinsatz praktisch nachgewiesen. Zwar bleibt die Faserorientierung eine technologische Herausforderung, jedoch wurde der mögliche Nutzen als Ergebnis dieses Projektes deutlich aufgezeigt.

Danksagung

Die hier dargestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten IGF-Vorhabens 17644N „Simulationsgestützte Entwicklung von mitteldichten Faserplatten für den Leichtbau“. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den genannten Autoren.
Die Federführung bei Konzeption, Antragstellung und Projektdurchführung auf Seiten des Fraunhofer-Instituts für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, hatte Dr. Brigitte Dix, die im November 2015 kurz vor dem Abschluss des Projektes plötzlich und unerwartet verstarb. Ihr gilt unserer besonderer Dank und unsere tief empfundene fachliche und menschliche Hochachtung. Auch wenn die entstandene Lücke nicht vollständig geschlossen werden kann, soll hier das Projektergebnis so gut wie möglich zusammengefasst werden, um ihr mehr als drei Jahrzehnte umfassendes Wirken für die Holzwerkstoffforschung auch in diesem Vorhaben zu würdigen.
Die Autoren bedanken sich weiterhin bei den beteiligten Mitarbeitern des WKI-Technikums (Richard Deetz, Heinz Peters, Thomas Schwarz) und bei den damaligen Studierenden der HNE Eberswalde (Dirk Lippe, Peter Schlacht).
Am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM wurde das Projekt zusätzlich von Andreas Fink, Janis Sliseris und Oliver Wirjadi bearbeitet. Insbesondere möchten sich die Autoren für die Erstellung hochqualitativer µCT-Aufnahmen von MDF-Proben bei der Fa. GE Sensing & Inspection Technologies GmbH und bei der Fa. Math2Market GmbH für die Beratung und die Bereitstellung von zusätzlichen Softwarelizenzen bedanken. Die im Projekt eingesetzte Hardware am ITWM wurde durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.

Literatur

Brinkmann E (1979) OSB-Platten – ihre Eigenschaften, Verwendung und Herstellungstechnologie. Holz als Roh- und Werkstoff 37: 139-142

Carpenter CT, Stunkard NW (1978) Alignment plate construction for electrostatic particle orientation. US-Patent 4,111,294

Groom L, Mott L, Shaler S (1999) Relationship between Fiber Furnish Properties and the Structural Performance of MDF. In: Proceedings of 33rd International Particleboard/ Composite Materials Symposium, S. 89-100

Himmelheber M, Steiner K (1964) Verfahren und Vorrichtung zum Aufschütten von mit Bindemitteln versetzten, in ihre Lage nach einer bestimmten Richtung auszurichtenden länglichen Holzspänen od. dgl. zur anschließenden Herstellung von Holzspanplatten oder -formteilen. Deutsches Patent 976840

Kabel M, Ospald F, Schneider M (2016) A model order reduction method for computational homogenization at finite strains on regular grids using hyperelastic laminates to approximate interfaces. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering 309: 476-496

Keil B (1977) Fiber alignment – for existing particleboard lines ... better board, with economy. Plywood & Panel Magazine (2): 16-19

Klauditz W, Stegmann G, Buro A, Kratz W, May H-A (1965) Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Herstellung von Holz-

ABSTRACT

MDF with fibre orientation
Simulation of microstructure shows possibilities for strength enhancement

Fibre mats for medium-density fibreboards (MDF) are normally formed without dedicated fibre orientation. Simulations of the microstructure of MDF based on real particle size distributions and micro-tomographic image data revealed that a horizontal fibre orientation results in an increase of macroscopic strength. Suitable methods for orienting fibres during the mat forming process were evaluated and proved. For MDF samples with equal amount of fibres and adhesive but with fibre orientation an increase of approximately 25 % for modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) in the direction of orientation were measured while length variation and thickness swelling were comparable. An industrial implementation of this principle can contribute to a considerable increase of strength parameters while material input or board weight could be reduced.

Keywords: *Medium-density fibreboard (MDF), particle structure, numerical simulation, strength parameters, computed tomography*

© IHD, Dresden

spanwerkstoffen für Konstruktionsteile: Ausarbeitung verfahrenstechnischer Methoden zur Herstellung von Holzspanwerkstoffen mit orientierter Festigkeit und entsprechenden Holzspan-Verbundwerkstoffen. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Köln, Westdeutscher Verlag, Opladen

Lin RT (1974) Orienting wood fibers and particles electrically for board manufacturing. In: FAO (ed) World Consultation on Wood Based Panels. FAO World Consultation on Wood Based Panels, New Delhi, Doc. No. 138

Lippe D (2013) Verfahrensentwicklung zum experimentellen Nachweis von Eigenschaftsänderungen mitteldichter Faserplatten mit ausgerichteten Fasern. Diplomarbeit, Fachbereich Holztechnik, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde

Peters TE, Bleymaier JS (1981) Orientation and deposition of fibers in the manufacture of fiberboard. US-Patent 4,284,595

Pulido OR, Kawai S, Yoshida Y, Sasaki H (1990) Oriented medium-density fiberboard produced with an electrostatic field – Part II. Method of producing yarns from wood fibers and its application in oriented medium-density fiberboard production. Mokuzai Gakkai-shi – Journal of the Japan Wood Research Society 36: 29-35

Sliseris J, Andrä H, Kabel M, Dix B, Plinke B, Wirjadi O, Frolovs G (2014) Numerical prediction of the stiffness and strength of medium density fiberboards. Mechanics of Materials 75: 73-84

Sliseris J, Andrä H, Kabel M, Wirjadi O, Dix B, Plinke B (2015) Estimation of fiber orientation and fiber bundles of MDF. Materials and Structures 49: 4003-4012

Talbott JW (1974) Electrically aligned particleboard and fiberboard. In: Proceedings of Eighth Washington State University Particleboard Symposium, Pullman, USA, Engineering Res. Division, Washington State University, S. 153-182

Talbott JW, Logan JD (1978) Method of forming a composite mat of directionally oriented lignocellulosic fibrous material. US-Patent 4,113,812

Zauscher S, Humphrey PE (1997) Orienting Lignocellulosic Fibers and Particles by Means of a Magnetic Field. Wood and Fiber Science 29: 35-46

Autoren

Dr.-Ing. Burkhard Plinke studierte Elektrotechnik (Fachrichtung Mess- und Regelungstechnik) an der Technischen Universität Braunschweig und promovierte 2012 an der Technischen Universität Dresden. Seit 1982 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI, Bienroder Weg 54E, 38108 Braunschweig, und arbeitete u. a. auf den Gebieten der Prozessmesstechnik, der zerstörungsfreien Prüfung und der Bildverarbeitung. Aktuelle Projekte befassen sich mit Partikelmesstechnik, Holzwerkstoffstrukturen und ortsauflösender Spektroskopie.
burkhard.plinke@wki.fraunhofer.de

Dr. Brigitte Dix studierte an der Technischen Universität Braunschweig Biologie und promovierte dort 1978. Seit 1979 war sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer-Institut für Holzforschung (WKI) tätig. Arbeitsschwerpunkte waren Lignocelluloserohstoffe, Klebstoffe, Emissionen, Span- und Faserwerkstoffe. Sie verstarb plötzlich und unerwartet im November 2015.

PD Dr. Heiko Andrä studierte Mathematik an der Technischen Universität Chemnitz und promovierte dort 1990. Von 1991 bis 2001 war er an der Fakultät für Maschinenbau der Universität Karlsruhe tätig. Seit 2001 arbeitet er in der Abteilung Strömungs- und Materialsimulation des Fraunhofer-Instituts für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM sowie als Privatdozent an der Technischen Universität Kaiserslautern. Sein Forschungsschwerpunkt ist die numerische Mechanik für poröse Materialien und Verbundwerkstoffe.

Dr. Matti Schneider studierte Angewandte Mathematik an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg und promovierte 2013 an der Universität Leipzig in Kooperation mit dem Max-Planck-Institut für Mathematik in den Naturwissenschaften Leipzig. Anschließend wirkte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bundesexzellenzcluster MERGE – Technologiefusion für Leichtbaustrukturen – an der Technischen Universität Chemnitz mit. Seit 2015 arbeitet er am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik und beschäftigt sich mit der numerischen Simulation mechanischer Eigenschaften von mehrskaligen Werkstoffen wie Naturfaserprodukten, Sandkernen und Faserverbundwerkstoffen.

© IHD, Dresden