

Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe (WPC) – Möglichkeiten und Grenzen einer neuen Werkstoffgeneration

ALFRED TEISCHINGER

Keywords: Wood plastic composites; extrusion; wood-based materials. FDK 82 : 83 : 84

1. Einleitung

Mit dem Verbund von Holzfaserteilen bzw. -partikeln mit Kunststoffen unter Beigabe bestimmter Additive zu Wood Plastic Composites (WPC) wurde eine neue Werkstoffgeneration geschaffen. Kunststoffe wie Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) oder PVC usw. bilden dabei die Matrix dieses Materialverbundes, in dem kleine Holzpartikel bzw. -fasern sowie andere lignozellulose Faserrohstoffe eingebettet sind. Zusätze verschiedener Additive sind dabei prozessbedingt bzw. im Hinblick auf die gewünschten Produkteigenschaften nötig. Dieses Gemisch aus Holzpartikeln, Kunststoff und Additiven wird dann in einem ein- oder mehrstufigen Prozess entweder zu einem Endlos Halbzeug extrudiert (Profilextrusion, *Abbildung 1*) oder in einem Spritzgussprozess zu Formteilen gefertigt.

Die Formenvielfalt der damit herstellbaren Produkte ist dabei nahezu uneingeschränkt, wie die Palette der Extrusionsprofile in *Abbildung 2* zeigt. Sowohl die Profilextrusion als auch die Spritzgusstechnik sind in der Kunststoffindustrie seit Jahrzehnten fest etabliert. Durch einen Holzpartikelzusatz, der nicht nur als Füllstoff, sondern durchaus als eigenschaftsbildende Komponente zu verstehen ist, steht nun ein neues Verbundmaterial mit einem Nahverhältnis zum Holz zur Verfügung. Für die nächsten Jahre besteht ein grosser Bedarf an Prozess- und Produktinnovation, um die Stärken dieser Kombination zweier an sich ungleicher Ausgangsstoffe und der damit verbundenen Technologie voll zur Wirkung zu bringen. Darauf aufbauend muss eine entsprechende Standardisierung der Produkte erfolgen, um dem Anwender der Produkte eine entsprechende Sicherheit und Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Nachdem dieser Werkstoff in Amerika bereits Fuss gefasst hat, ist man diesbezüglich in Europa noch in einer Orientierungsphase über die potenziellen Einsatzgebiete und Produktentwicklungen bis hin zur entsprechenden Prozesstechnik.

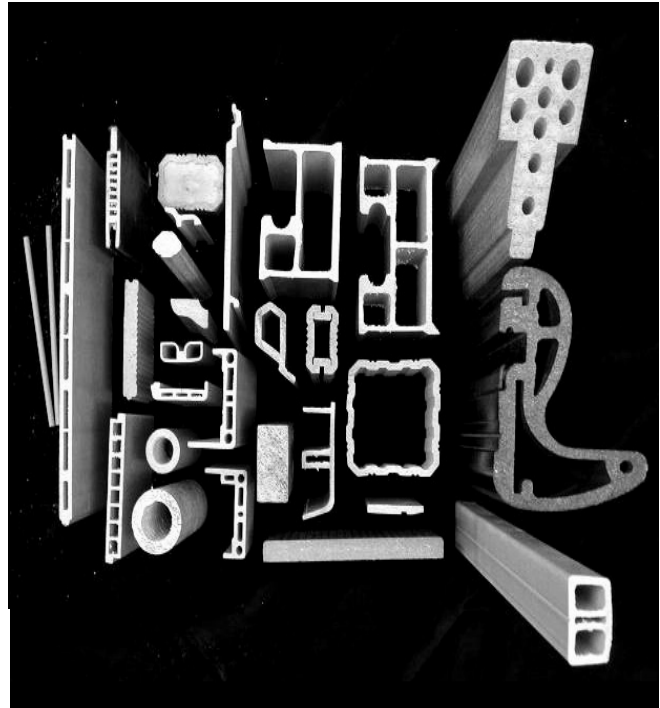


Abbildung 2: Palette von Extrusionsprofilen (Quelle: ProPolyTec).

1.1 Charakterisierung von Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffen (WPC)

Mangels geeigneter Standards ist die Terminologie im Bereich der WPC derzeit noch unscharf. Die allgemeinste Definition beschreibt die WPC als einen Werkstoff aus vorwiegend lignozellulosehaltigen Teilchen, wie z.B. Holz und Agrifasern sowie einer Matrix aus thermoplastisch verarbeitbaren Polymeren, die durch einen formgebenden Prozess zu einem Verbundwerkstoff geformt werden.

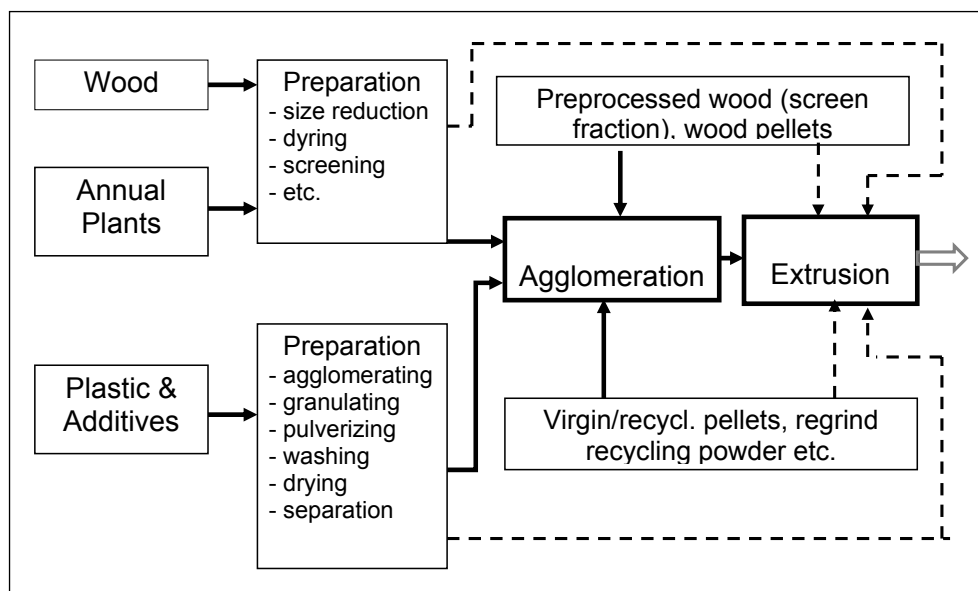


Abbildung 1: Produktionskette Wood Plastic Composites mit Darstellung der Aufbereitung der Vorprodukte und ihrer Agglomeration (Compoundierung) vor dem eigentlichen Extrusionsprozess.

1.2 Vorteile der WPC sind:

- Die Holzkomponente verbilligt den Rohstoffmix.
- Holzfasern/-partikel geben dem Holz-Kunststoffverbund holzähnliche haptische und optische Eigenschaften.
- Mit Holzfasern/-partikel lassen sich bestimmte gewünschte Eigenschaften erreichen wie z.B. Erhöhung der Steifigkeit, der Wärmeformbeständigkeit gegenüber reinen Commodity Thermoplasten wie Polypropylen (PP) oder Polyethylen (PE) usw.
- Komplexe Formen sind ohne oder mit nur geringer Nachbearbeitung herstellbar.

2. Rohstoffe und Prozess

2.1 Holz und Matrixmaterial

Ursprünglich wurde als Polymerkomponente häufig PVC verwendet, derzeit stehen Polyolephine wie Polypropylen (PP) und Polyethylen (PE) im Vordergrund. In speziellen Fällen werden auch natürliche Polymere wie Stärke (Fasal[®], Fasalex[®]) oder Lignin (Arboform[®]) in bestimmten Anteilen als Matrixmaterial eingesetzt. Mit der Idee (Wood Kplus/Hipe[®]Wood), Duromere wie Melaminharze so als Matrixmaterial einzusetzen, dass sie während des Prozesses thermoplastisches Verhalten zeigen, wird dieser neuen Produktgeneration hinsichtlich Hitzebeständigkeit, Kriechverhalten usw. nochmals eine neue Dimension verliehen. Der Holzanteil wird in einem breiten Rahmen variiert und liegt zwischen 20 und 85%.

2.2 Additive

Um bestimmte Eigenschaften zu erzielen bzw. um den Extrusionprozess als solchen überhaupt zu ermöglichen, müssen dem Holz-Kunststoffgemisch verschiedene Additive zugegeben werden, von denen die wesentlichsten in *Tabelle 1* zusammengefasst sind.

Tabelle 1: Übersicht über verschiedene Additive und deren Funktion.

Additiv	Funktion und Auswirkung
Haftvermittler	Bessere Verbindung von Kunststoffmatrix und Holzpartikeln, Festigkeits- und Steifigkeitserhöhung usw.
Schmierstoffe	Verbesserung des Fließverhaltens im Extruder bzw. Werkzeug
Schaumbildner	Zur Bildung einer Porenstruktur, Reduktion der Dichte usw.
UV-Absorber/Stabilisatoren, Pigmente	Erhöhung der UV-Beständigkeit, Farbgebung
Flammschutz- bzw. in Einzelfällen Holzschutzmittel	Reduktion der Entflammbarkeit bzw. Erhöhung der Dauerhaftigkeit im Aussenbereich

2.3 Produktionsprozess

2.3.1 Extrusionsprozess

Der Extruder hat die Aufgabe aus dem ihm zugeführten Holz-kunststoff-Granulat (zweistufiger Prozess) oder den pulverförmigen Bestandteilen eine homogene fließfähige Masse zu machen und diese mit dem notwendigen Druck durch das formgebende Werkzeug zu fördern. Die Schnecke(n) erfüllen dabei eine Vielzahl von Aufgaben wie Einziehen des Materials, Fördern, Aufschmelzen, Homogenisieren, Entgasung des entstehenden Wasserdampfes usw., weshalb die Schnecken auch in verschiedene Prozesszonen unterteilt und dementsprechend ausgebildet sind (*Abbildung 3*).

Übersteigt der Holzanteil 80%, wird die Fließfähigkeit der Masse so stark verändert, dass der Formgebungsprozess eher als Strangpressverfahren denn als Extrusion bezeichnet werden kann.



Abbildung 3: Zunehmende Plastifizierung des Compounds an einer Schnecke im Spritzgussprozess (Quelle: Battenfeld).

2.3.2 Spritzgussverfahren

Spritzguss (oder als Spritzgussverfahren bezeichnet) ist ein Formverfahren, mit dem in einem Arbeitsschritt in der Spritzgießmaschine aus der Formmasse ein häufig direkt gebrauchsfertiges Formteil sehr wirtschaftlich hergestellt werden kann. Die Formmasse entsteht meist durch Erwärmen aus einem granulierten thermoplastischen Kunststoff und im Falle von WPC aus einem Holz-Kunststoffgemisch.

Die Oberfläche der Formteile entspricht der Werkzeuginnenfläche. Dadurch erhalten die Spritzgussteile z.B. glatte oder genarbte Oberflächen. Hinsichtlich der Masse und auch der Oberflächen, ist eine sehr gute Abbildungsgenauigkeit erreichbar und daher eine Nacharbeit nicht oder nur in geringem Umfang erforderlich. Es ist das am weitesten verbreitete Kunststoffverarbeitungsverfahren mit dem Formteile in grossen Stückzahlen gefertigt werden können. Mit einem Spritzgießwerkzeug können meist mehrere Millionen Formteile hergestellt werden. Kleine Stückzahlen sind wegen hoher Werkzeugkosten unwirtschaftlich.

2.4 Produktionsleistung und Kosten

Die Extrusionsgeschwindigkeit ist mit 1 bis 6 m/min im Vergleich zur Holzbearbeitung relativ gering, auch wenn durch ein Mehrkanalsystem die Produktionsrate erhöht werden kann. Unter der Annahme eines definierten Endproduktes mit definierten Abmessungen ist in *Abbildung 4* der Vergleich einer Produktion (als spezifische Produktionsrate) von Massivholz, herkömmlichen Holzwerkstoffen und extrudierten Profilen dargestellt. Auch unter der Annahme dass Massivholz- oder Holzwerkstoffpaneele der gewählten Dimension in einem mehrstufigen Prozess (sägen/profilieren oder verpressen/beschichten/profilieren) hergestellt werden, ist der dem Prinzip nach einstufige Extrusionsprozess (ohne Einrechnung eines möglichen Compoundierungsprozesses) vergleichsweise langsam.

Die wirkliche Stärke von WPC liegt daher im Generieren bestimmter Produkteigenschaften und das sehr komplexe Formenangebot, das sowohl technisch wie auch im Design genützt werden kann.

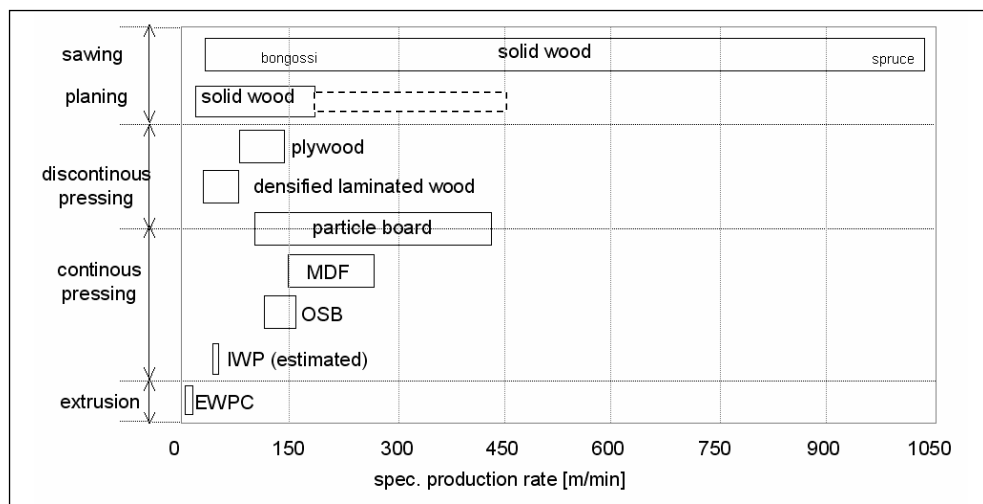


Abbildung 4: Spezifische Produktionsrate eines definierten Panels (Querschnitt 140 x 20 mm) nach verschiedenen Herstellungsverfahren (nach TEISCHINGER et al. 2004).

Abkürzungen: MDF (medium density fibreboard); OSB (oriented strand board); IWP (integrated wood polymer); EWPC (extruded wood plastic composite).

3. Eigenschaften und Anwendungen

3.1 Eigenschaften von WPC

Das Eigenschaftsprofil der WPC ist infolge der grossen Variationsmöglichkeiten im Rohstoffmix und der einzelnen Prozessparameter sowie auch der jeweiligen Prozesse (Extrusion, Spritzguss) sehr breit. Während beispielsweise reines Polypropylen (PP) eine Biegefestigkeit von etwa 38 N/mm² und einen Biege-E-Modul von etwa 1190 aufweist, kann ein WPC-Verbund von Polypropylen mit Holzfasern je nach Faseranteilen und Zusatzstoffen (Haftvermittler) die Biegefestigkeit auf 40 bis 70 N/mm² und den Biege-E-Modul von 3000 auf 7000 N/mm² erhöhen.

Dabei zeigt sich, dass insbesondere die Steifigkeit (Biege-E-Modul) mit Zunahme von Holzfasern unter Beigabe eines Haftvermittlers gegenüber dem Ausgangskunststoff deutlich zunimmt und der Verbundwerkstoff auch tatsächlich ein neues Eigenschaftsprofil bekommt. Im Vergleich zu Vollholz und Sperrholz sind die mechanischen Kennwerte jedoch deutlich schlechter und liegen im Bereich der Holzwerkstoffe.

3.2 Forschung und Entwicklung zur Optimierung der Prozesse und Produkte

An verschiedenen Institutionen in Europa gibt es derzeit intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Optimierung der formgebenden Prozesse sowie der Produkte aus Holz-Kunststoffverbunden. Als wesentliche Forschungsfelder können zusammengefasst werden:

- Untersuchung des Holz-Kunststoffverbundes an der Grenzfläche beider Werkstoffe
- Verbesserung der Verbindung zwischen der Kunststoffmatrix und den Holzpartikeln zur Erhöhung von Festigkeit und Steifigkeit
- Analyse und Optimierung der Faser- bzw. Partikelgeometrie im Prozess sowie im Produkt z.B. durch gezielte Orientierung der Fasern im Profil
- Optimierung der Prozesskette (Mischen, Compoundieren, usw.)
- Untersuchungen zum Kriechverhalten unter Belastung
- Finden neuer Anwendungen spezifisch auf die WPC-Qualitäten abgestimmt.

3.3 Anwendungen

Die Anwendungen und zukünftigen Anwendungspotenziale von WPC sind sehr vielfältig und sind in verschiedenen Studien dargestellt (siehe Literatur und *Abbildung 5*).

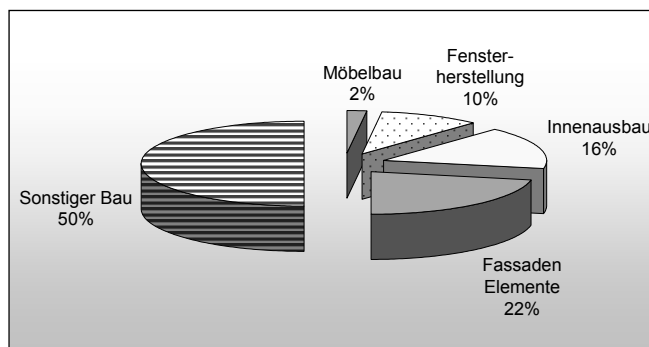


Abbildung 5: Potenzielle Einsatzbereiche von Holz-Kunststoff-Verbundstoffen aus der Sicht des Holz- und Fertigteilhausbau (n=64), Wood K plus Studie (Quelle: EDER 2004).

In Nordamerika hat der Aussenbereich wie Veranden, Terrassen, Bootsstege usw. einen über 50-prozentigen Anteil am WPC-Markt, gefolgt von Fenster und Türen und Teilen für den Autoinnenraum. In Europa hingegen ist die Marktentwicklung mit einem gegenüber Amerika noch deutlich geringerem Mengenniveau noch in einer Orientierungsphase. Dabei dominieren hier eher die Einsatzbereiche im Innenbau (Fenster, Türen, Ausbauteile usw.) und Möbelbau sowie auch im Bereich der Autoindustrie. Es gibt aber auch ganz spezielle Nischenanwendungen im Bereich der Produktionstechnik (Verschleissprodukte, Einmalanwendungen) sowie im Verpackungswesen. Verschiedenste Studien beschäftigen sich derzeit mit Marktpotenzialen und auch den Eintrittsbarrieren für WPC in den Markt.

3.4 Normen und Richtlinien für den Markteintritt

Neue Werkstoffe und Produkte stehen im Spannungsfeld von neuen und verbesserten Eigenschaften und dem Nachweis ihrer Bewehrung in bestimmten Anwendungen. Fehlende Richtlinien erschweren eine entsprechende Darstellung der Material- und Produkteigenschaften, ihre Vergleichbarkeit untereinander bzw. mit anderen Werkstoffen. Dies führt zur Verunsicherung bei der Materialentscheidung, insbesondere wenn sich daraus Gewährleistungsansprüche ergeben könnten.

Für die weitere Marktdurchdringung der WPC wird es also von grösster Bedeutung sein, dass parallel zur Material- und Produktinnovation entsprechende Richtlinien bzw. Standards geschaffen werden, die den jeweiligen Stand der Technik wiedergeben. In Europa sind nach einer relativ langen Entwicklungs- und Orientierungsphase gegenwärtig zeitgleich mehrere Normungsinitiativen erkennbar:

- CEN/TC 249 Kunststoffe, WG 13: Plastics – Wood-plastic composites (WPC)
- CEN/TC 112 Holzwerkstoffe, WG 12: Wood Plastic Composites
- ON (Österreichisches Normungsinstitut), Fachnormenausschuss 087 Holz, AG Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe
Das CEN/TC 249 hat bereits ein erstes Arbeitspapier für einen Vorschlag einer WPC-Norm für die Prüfverfahren erarbeitet. Im ON existiert mit den ÖNORM B 3030 und ÖNORM B 3031 eine konkrete Struktur für Holz-Kunststoff-Verbundwerkstoffe: Terminologie und Anwendungen sowie Prüfverfahren und Anforderungen.

Zusammenfassung

Wood Plastic Composites (WPC) stellen einen relativ neuen Werkstofftyp dar, der in Nordamerika bereits ein beträchtliches Marktpotenzial besitzt. In Europa ist das Marktpotenzial für WPC noch nicht klar spezifiziert, gewisse Trends sind aber bereits erkennbar. Für die weitere Entwicklung des Werkstofftyps sind unter anderem auch die jetzt in Europa beginnende Normung des Werkstoffes sowie anwendungsorientierte Forschungsarbeiten von Bedeutung. Die Forschungsarbeiten haben vor allem das Ziel, den Verbund von Holz und Kunststoff noch weiter zu optimieren, um bessere Materialeigenschaften zu erzielen. Prozessoptimierungen sollen vor allem die vergleichsweise noch niedrige Produktionsrate, aber auch das technische und optische Produktdesign noch weiter verbessern.

Resumé

Matériaux composites bois – matières synthétiques (WPC) – possibilités et limites d'une nouvelle génération de matériaux

Les matériaux composites bois - matières synthétiques (WPC) constituent un type de matériau relativement nouveau qui jouit déjà d'un potentiel de marché considérable en Amérique du Nord. En Europe, le potentiel n'est pas encore clairement spécifié, mais certaines tendances sont déjà identifiables. La poursuite du développement de ce type de matériau dépend notamment de la normalisation naissante de ce matériau en Europe ainsi que des travaux de recherche sur son utilisation. Les travaux de recherche ont avant tout pour objectif d'optimiser l'assemblage du bois et des matières synthétiques afin d'obtenir de meilleures propriétés. Les corrections du processus doivent surtout permettre d'améliorer le taux de production encore comparativement bas et de perfectionner le design technique et optique du produit.

Traduction: CLAUDE GASSMANN

Summary

Wood Plastic Composites (WPC): Chances and limits of a new generation of materials

WPC represent a fairly new kind of material that has already achieved a considerable market potential in North America. The market potential in Europe for WPC is not yet clearly specified, although certain trends can be identified. For the further development of this type of material the emergence of norms is important among other things, as well as application-oriented research. The main goal of research is to optimise the uniting of wood and plastic to produce even better material properties. Process optimisation should, above all, make improvements in the comparably low production level but also in the technical and optical design of the finished product.

Translation: ANGELA RAST-MAGERISON

Weiterführende Literatur

- BLEDZKI, A.; SPERBER, E. (Hrsg.) 2004: 5th Global Wood and Natural Fibre Composites Symposium. Proceedings. Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff und Recyclingtechnik, Universität Kassel, Kassel.
- CLEMONS, C. 2002: Wood-Plastic Composites in the United States – the Interfacing of two Industries. For. Prod. J. 52, 6: 10–18.
- EDER, A. 2004: Marktstudie extrudierbares Holz Werkstoffanforderungen und -auswahl sowie Marktaussichten für extrudierbares Holz, bei Herstellern von Türen, Fenstern, Automobilinnenraumteilen, Holz- und Fertigteilhausbau sowie Möbeln im deutschsprachigen Raum, unveröffentlichte Wood K plus Studie, Linz.
- FOSTER, C.; HACKWELL, B.; MANN, D.; PRITCHARD, G. 2003: The European Wood Plastic Composite Market 2003: construction, furniture and automotive applications. The Hackwell Group, Tunbridge Wells, 211 S.
- MORTON, J., QUARMLEY, J., ROSSI, L. 2003: Current and emerging application for natural and woodfiber-plastic composites. In: Stark, N. (Hrsg.): Seventh International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Proceedings. Forest Products Society, Madison 2003, S. 3–6.
- STARK, N. (Hrsg.) 2003: Seventh International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Proceedings. Forest Products Society, Madison, 365 S.
- TEISCHINGER, A.; KORTE, H.; MÜLLER, U. 2004: Material Performance and Classification of Wood Plastic Composites within Wood Based Materials. In: BOKU, Department of Material Science and Process Engineering; S. Stanzl-Tschegg, M. Gindl, G. Sinn: 2nd International: 2nd International Symposium on Wood Machining, 5–7 July 2004, Vienna, 131–137, Vienna; ISBN 3-9501315-2-3.
- WEINFURTER, S. 2004: Consumer Perceptions of Selected Wood Composites Products. Example: Decking Made of Extruded Wood. In: AMI Applied Market Information Ltd: International Wood-Plastic Composites Conference and Exhibition, September 14–16, Vienna 2004.
- WRAP PLASTICS RESEARCH REPORT 2003: Wood plastic composites study – technologies and UK market opportunities. The Waste and Resources Action Programme. Banbury Oxon. 81.6. ISBN 1-84405-041-6.

Autor

Prof. Dr. ALFRED TEISCHINGER, Universität für Bodenkultur Wien, Dpt. für Materialwissenschaft und Prozesstechnik/Institut für Holzforschung & Kompetenzzentrum für Holzverbundwerkstoffe und Holzchemie, Wood K plus. E-Mail: alfred.teischinger@boku.ac.at