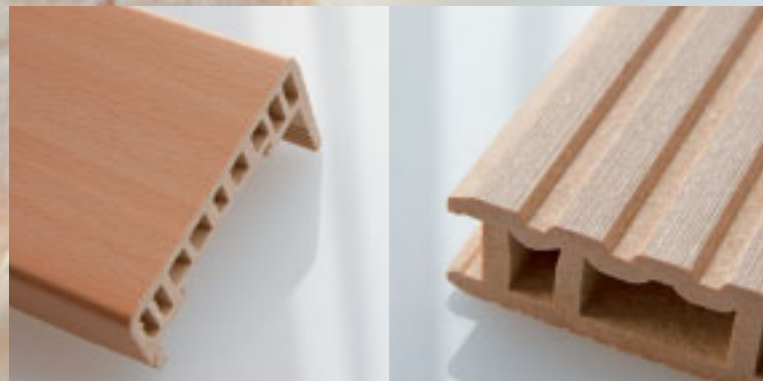


WOOD PLASTIC COMPOSITES

ZUKUNFTSFÄHIGE WERKSTOFFE AUS
HOLZVERBUNDMATERIALIEN –
PROJEKTE IM RAHMEN DER PROGRAMMLINIE
„FABRIK DER ZUKUNFT“



MARKTPOTENZIALE FÜR NEUE HOLZ-VERBUNDWERKSTOFFE

■ Der Markt für naturfaserverstärkte Kunststoffe hat sich in den letzten Jahren mit jährlichen Zuwachsraten von 25 % sehr positiv entwickelt. Neben Hanf- und Flachsfasern, die primär in der Automobilindustrie zum Einsatz kommen, wird die Verarbeitung von Holzfasern speziell in Bereichen, die unter besonders hohem Preisdruck stehen (wie z.B. dem Baubereich) immer interessanter. Hauptmärkte für **Wood Plastic Composites (WPC)** sind die USA und Japan, aber auch in Europa erwarten Experten in den kommenden Jahren ein enormes Wachstum.

Bisher hatten diese Verbundmaterialien aus Holz und Kunststoff in der Regel einen Holzanteil von maximal 50 %, wobei das Holz nur als kostengünstiges Füllmaterial eingesetzt wurde. Mit Hilfe neuer Technologien ist es heute möglich, den Holzanteil weiter zu erhöhen und somit Holzfasern als wesentliche Komponente in der Rezeptur einzusetzen. Wood Plastic Composites mit Holz als tragendem Werkstoff und einem geringen Kunststoffanteil werden vorwiegend mittels Extrusion verarbeitet, während Spritzguß derzeit noch kaum eingesetzt wird. Hauptanwendungsgebiete sind derzeit Verkleidungsprofile, Fensterprofile, Türen, Gartenmöbel, Verschalungen etc..

WPC haben aufgrund des hohen Holzanteils deutliche Preisvorteile gegenüber herkömmlichen Kunststoffen. Die positiven Eigenschaften des Werkstoffs Holz, wie die hohe mechanische Festigkeit und Steifheit, die optischen und haptischen Eigenschaften sowie die hohe Recyclierfähigkeit und einfache Entsorgung tragen ebenfalls zu den guten Marktchancen dieser neuen Verbundstoffe bei. Durch den hier möglichen hohen Anteil von nachwachsenden Rohstoffen kann mit diesen neuen Werkstoffen ein wichtiger Beitrag zur einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Entwicklung geleistet werden.

Im Rahmen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ wurden in mehreren Projekten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Thema „Wood Plastic Composites“ durchgeführt.

Projekt 1

Wood Plastic Composites

(Verbundprojekt mit Technologieentwicklungsbeiträgen mehrerer Firmen)

- Neue Wertschöpfung aus Holzspänen
- Entwicklung einer Holzspäne-direktdosierung
- Entwicklung eines Extrusionswerkzeugs

W. Stadlbauer, Erik Sehnal, Leopold Weiermayer

Projekt 2

Modifizierte Holzspäne für höherwertige Holz/Kunststoff-Verbundwerkstoffe

Robert Putz

Zielsetzung des Verbundprojekts war es, die Verfahrens- und Werkzeugtechnologie sowie geeignete Rezepturen für hochgefüllte Systeme (d.h. mit über 70 % Holzanteil) zu entwickeln. Durch die enge Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und österreichischen Firmen konnten einerseits technologische Probleme gelöst und andererseits systematische Struktur- und Eigenschaftsuntersuchungen für diese neue Werkstoffgruppe durchgeführt werden. Dabei ist es gelungen den Holzanteil des Verbundwerkstoffs auf über 80 % zu erhöhen und damit den Rohstoff Holz zum tragenden Teil des Werkstoffs zu machen. Im Folgeprojekt wurde untersucht, wie die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Wood Plastic Composites durch eine chemische Modifikation der Holzspäne optimiert werden können.



Mit dem Forschungs- und Technologieprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ hat das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) bereits 1999 eine Initiative gestartet, die den Umstrukturierungsprozess in Richtung Nachhaltigkeit effektiv unterstützen soll. Im Rahmen von mehreren Programmlinien werden seither Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie Demonstrations- und Verbreitungsmaßnahmen unterstützt, die wichtige Innovationsimpulse für die österreichische Wirtschaft setzen. Die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ hat das Ziel, richtungsweisende Pilotprojekte im Bereich nachhaltiger Technologieentwicklung zu forcieren. Modellbeispiele können nachhaltige Technologien und Innovationen bei Produktionsprozessen, die Nutzung nachwachsender Rohstoffe oder Produkte und Dienstleistungen mit konsequenter Orientierung am Produktnutzen sein.



Wood-Plastic Composites (WPC)

Verbundwerkstoffe, die auf der Basis einer Matrix aus thermoplastisch verarbeitbaren Polymeren durch einen formgebenden Prozess hergestellt werden, jedoch überwiegend aus lignozellulosehaltigen Teilchen (z.B. Holz, verholzten Pflanzen) bestehen.

WOOD PLASTIC COMPOSITES – NEUE TECHNOLOGIEN ZUR ERZEUGUNG VON VERBUNDWERKSTOFFEN MIT HOHEM HOLZFASERANTEIL

■ Gemeinsamer Ansatz des Verbundprojekts war es, aus einer Mischung von Holzspänen mit geringen Mengen von thermoplastischen Polymeren neue Werkstoffe zu erzeugen, die holzähnlichen Charakter haben, jedoch mit den Fertigungstechnologien der Kunststoffindustrie verarbeitet werden können.

Zielsetzungen des Gesamtprojekts:

- Erhöhung der Wertschöpfung von Holzfasern, welche sonst nur als Kuppelprodukte (Pellets, Spanplattenindustrie...) verwertet werden können
- Systematisches Ausloten der Eigenschaftsmatrizes von hochgefüllten WPC-Formulierungen
- Rezepturoptimierung
- Optimierung der Holzspäneigenschaften
- Entwicklung eines leistungsfähigen Extrusionswerkzeugs
- Entwicklung einer neuen Verarbeitungstechnologie, um Späne direkt in den Extruder zu dosieren und zu fördern
- Optimierung der restlichen Verarbeitungstechnologie
- Schaffung des technologischen und werkstofflichen Basiswissens für die Herstellung von marktfähigen Produkten

ROHSTOFFE UND REZEPTUREN

Die Herstellung von Wood Plastic Composites ist mit Recyclingmaterialien möglich. Die Plastikkomponente wird in Form eines Granulats oder Agglomerats beige stellt. Die Holzkomponente gewinnt man aus Abfallprodukten der Holzverarbeitenden Industrie. Der Holzgehalt der Composites bestimmt die Anwendung und auch den Herstellungsprozess.

Derzeit werden fast ausschließlich folgende 4 Thermoplaste für WPC eingesetzt: Polyethylen (ca. 65 %), Polyvinylchlorid (16 %) Polypropylen (14 %) und Polystyrol (5 %). Wichtig ist, dass die Polymere einen relativ niedrigen Schmelzbereich haben, damit die thermische Belastung des Holzes während des Extrusionsprozesses nicht zu groß wird. Holz wird in mehreren Formen eingesetzt, die Palette reicht von Holzmehl, über Holzfasern mit unterschiedlichen Geometrien bis hin zu Pellets. Pellets können nicht überall eingesetzt werden, denn obwohl sie leicht förder- und dosierbar sind, werden sie aufgrund des nicht konstanten Kompaktierungsgrades im Extruder teilweise nicht gut „aufgeschlossen“, was zu Qualitätsschwankungen bei den Endprodukten führt. Als Additive werden fast alle in der Kunststoffindustrie bekannten Zusatzstoffe wie UV-Stabilisatoren, Gleitmittel, Hitzestabilisatoren etc. eingesetzt. Zusätzlich werden sogenannte



„Coupling agents“ verwendet, Stoffe, die eine Verbesserung der Haftung zwischen Holzfasern und Kunststoffmatrix bewirken sollen.

Im Rahmen der Arbeit wurden fast 60 unterschiedliche Rezepturen getestet, um das Eigenschaftsprofil dieser Werkstofffamilie auszuloten. Als Polymerbasis wurden ausschließlich Polyolefine eingesetzt, Holz wurde vorrangig in Späneform verwendet, wobei auch unterschiedliche Holzarten (u.a. Fichte, Kiefer, Buche) zur Anwendung kamen.

Folgende Rezepturkomponenten wurden in den Versuchsreihen variiert:

- Polymerart- und Anteil (zwischen 18 und 28 %)
- Holzart- und Anteil (zwischen 70 und 80 %)
- Coupling agent (Art und Anteil)
- Extrusionsparameter (Schneckendrehzahl, Ausstoß)

Alle extrudierten Mischungen wurden dann einer grundlegenden mechanischen Charakterisierung (Zug- und Biegeversuch, Schlagbiegeversuch)

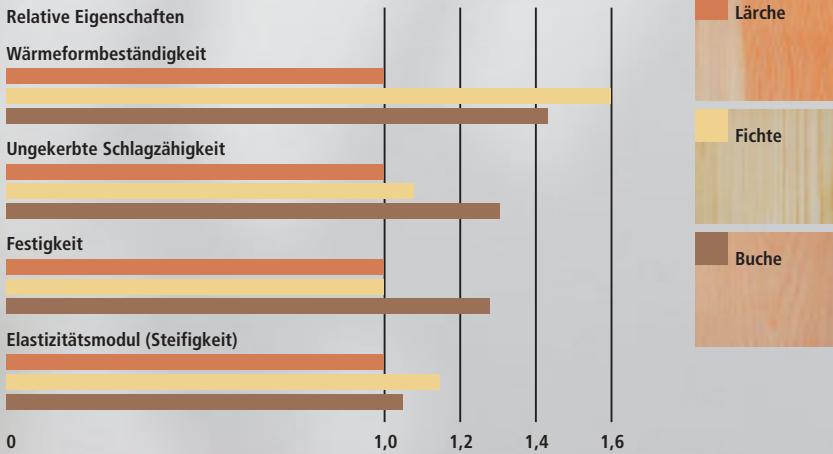
Quelle: Projekt 1

Einfluss des Holzgehaltes auf die Eigenschaften und die Verwendung von Wood Plastic Composites

Holzgehalt	Erscheinungsbild	Bevorzugte Anwendung	Besonderheit	Extruder
70 – 90 %	„holzartig“	Konstruktionen, die nicht direkt bewittert werden, Innenanwendungen	Hohe Steifigkeit, geringe Schlagzähigkeit, begrenzte Wasserbeständigkeit	Konischer Doppelschneckenextruder „Strangpressen“
40 – 70 %	„holzähnlich“	Außenbereich	Gute Wasserbeständigkeit	Konischer Doppelschneckenextruder, „klassische Extrusion“
5 – 40 %	„kunststoffähnlich“	Profile, die durch Holz etwas verstärkt werden		Alle Extruder sind möglich, „klassische Extrusion“

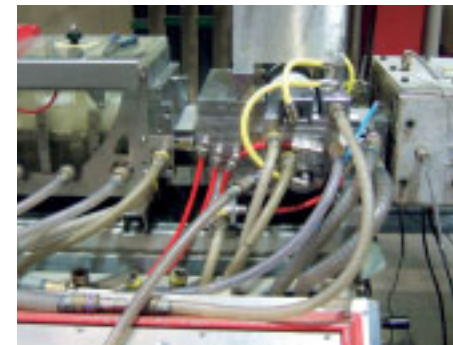


Einfluss der Holzart auf ausgewählte Eigenschaften von WPC am Beispiel einer Formulierung mit 70% Holzanteil



Kosteneinsparungen konnte mit der neuen Vorrichtung auch eine Steigerung der Extrusionsgeschwindigkeit erreicht werden.

Zielsetzung des zweiten Projektteils war die Entwicklung eines neuen Extrusionswerkzeugs, mit welchem Wanddicken von 2,5 bis 6,0 mm realisiert werden können. Mit dem Versuchswerkzeug konnten unterschiedliche Materialsysteme von kleinen Holzfasern bis zu größeren Holzspänen mit verschiedenen Füll-



graden getestet und der Einfluss auf den Prozess und die Profileigenschaften ermittelt werden. Die Ergebnisse aus den Versuchen zeigen ein hohes technisches und wirtschaftliches Potenzial für zahlreiche Profilanwendungen und komplexe Profیلgeometrien. Ebenso konnte das Ziel, Materialsysteme mit einem hohen Holzfasergehalt prozesssicher zu extrudieren, erreicht werden. Die Profیلoberfläche ist durch eine neu entwickelte Glanz- und Kühlplatten-Technologie gut beeinflussbar.

In der Folge wurden Berechnungen für einen konkreten Bauteil (ein Schwellenprofil für ein Fertighaus) durchgeführt und eine grobe Richtrezeptur für die Produktion dieses Profils definiert. Das von einem der Projektpartner (Griffner-Haus AG) hergestellte Schwellenprofil erfüllt durch seine spezielle Bauart mehrere Funktionen. Es kann sowohl für Außenwände als auch (durch Abtrennen von Hohlkammern) für Innenwände genutzt werden. Das Langzeitverhalten dieses neuen Profils wird derzeit in einem Musterhaus getestet.

unterzogen. Zur Ermittlung des optimalen Spanmaterials wurde eine systematische Untersuchung der Holzfraktion vor und nach der Extrusion durchgeführt. Ziel war es, die Beanspruchung der Fasern durch die Verarbeitungsprozesse zu ermitteln und daraus das Basiswissen für eine Standardisierung der Holzspäne zu schaffen. Dazu wurde aus dem Ausgangsmaterial eine Stichprobe gezogen und nach dem Verarbeitungsprozess die Kunststoffkomponente durch chemische Behandlung wieder herausgelöst. Die drei untersuchten Buchenholzspäne unterschieden sich vor der Extrusion hinsichtlich ihrer Spanform deutlich voneinander. Nach der Extrusion war kein signifikanter Unterschied zwischen den Spansorten zu finden. Auch in Bezug auf die Spangeometrie fand bei der Verarbeitung eine Homogenisierung statt. Die Partikelgröße wird demnach vorwiegend durch den Extruder (Schneckenlänge, Schneckenengeometrie) bestimmt.

NEUE ENTWICKLUNGEN IN DER VERFAHRENSTECHNIK

Wood Plastic Composites werden heute fast vollständig durch Extrusion verarbeitet. Extrusion ist ein Verfahren zur kontinuierlichen Erzeugung von Profilen (Hohlkammer- oder Vollprofile) wird aber auch als Verfahrensschritt zur Herstellung von Granulat eingesetzt. Man unterscheidet die Direktextrusion (einstufiger Prozess, bei dem das Mischen der Komponenten und die Profilerzeugung in einem Verfahrensgang im Extruder erfolgt) und die Extrusion von Vormischungen (dabei wird in

einem ersten Schritt das Granulat erzeugt, welches dann in einem anderen Extruder zum Profil verarbeitet wird). Wichtige Aspekte im Rahmen des Gesamtprojekts waren die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Profilextrusion und die Verbesserung der Profیلqualität. Mit der bisher eingesetzten Prozess- und Werkzeugtechnologie konnten keine ausreichenden Profیلqualitäten erreicht und/oder keine wirtschaftlichen Ausstoßleistungen realisiert werden. Bei den beteiligten Partnerunternehmen (Cincinnati Extrusion GmbH und Greiner Extrusionstechnik GmbH) wurden im Rahmen von eigenständigen Projekten diese technologischen Probleme gelöst.

Gewöhnlich werden heute bei der Holzextrusion Pellets verwendet, die bereits die beiden Werkstoffkomponenten Holz und Kunststoff beinhalten. Zur Steigerung der Rentabilität des Verfahrens und zur Vermeidung von Qualitätsmängeln beim Endprodukt, war es eine Zielsetzung, im Extrusionsprozess die direkte Zuführung der Holzspäne zu erreichen. Dazu wurde die Verfahrens- und Werkzeugtechnologie weiterentwickelt und eine Vorrichtung geschaffen, die es ermöglicht, Holzfasern und Späne (z.B. aus der Säge- oder Holzplattenindustrie) mit mehreren weiteren Komponenten (z.B. Additiven oder Farben) ohne Zwischenschritt im Extruder zu verarbeiten. Das Verarbeitungsspektrum reicht von Holzmehl mit sehr kurzer Faserlänge bis zu langfasrigen Materialien. Das Mischverhältnis liegt bei 50 % bis 85 % Holzanteil, die Feuchte der eingesetzten Holzkomponenten beträgt 0 % bis 8 %. Neben

MODIFIZIERUNG VON HOLZSPÄNEN FÜR HÖHERWERTIGE HOLZ/KUNSTSTOFF-VERBUNDSTOFFE

■ Wood Plastic Composites vereinen die positiven Eigenschaften von Holz (z.B. hohe Festigkeiten) mit den guten Eigenschaften der Kunststoffe (Möglichkeit zur Herstellung komplizierter Profilgeometrien, geringe Wasseraufnahme). Mit zunehmendem Holzanteil können sich bei dieser neuen Werkstoffgruppe aber die für Holz typischen Probleme zeigen. Dazu gehören Wasseraufnahme bzw. geringe Dimensionsstabilität (Quellen und Schwinden) sowie Pilzbefall.

Zielsetzung eines Folgeprojekts im Rahmen von „Fabrik der Zukunft“ war es, durch gezielte chemische Modifikation die Holzkomponente zu verändern, um damit die mechanischen und physikalischen Eigenschaften der Wood Plastic Composites zu optimieren. Damit sollen die Einsatzmöglichkeiten hochgefüllter WPCs erweitert und bislang nicht realisierbare Anwendungen ermöglicht werden.

Die Laborversuche zur Modifizierung der Holzspäne wurden breit angelegt. Die Behandlung von Fichten- und Buchenholzspänen erfolgte sowohl über Imprägniermethoden als auch über chemische (reaktive) Modifizierungsmethoden. Dabei wurde erstmals eine **neue Methode** nämlich die **Acetylierung mit Isopropenylacetat** erprobt.

Anschließend folgten Versuche im Technikumsmaßstab (bis 7 kg Holzspäne) und darauf aufbauend Versuche im Pilotmaßstab (Herstellung von ca. 200 kg modifizierten Spänen). Dabei wurden Fichtenholzspäne mit der neuen Methode modifiziert.

Die im Rahmen der Versuchsreihen im Spritzguß und durch Extrusion hergestellten Wood Plastic Composites wurden vor und nach dem Herstellungsprozess durch bruchmechanische Tests, künstliche Bewitterung und Pilztests auf mechanische Eigenschaften, Umwelteinflüsse, Wasseraufnahme, Dimensionsstabilität sowie mögliche Veränderungen der Fasergeometrie hin untersucht.

Die Imprägnierversuche an Holzspänen ergaben sowohl bezüglich Wasseraufnahmevermögen und Dimensionsstabilität als auch hinsichtlich der mechanischen Festigkeiten keine Verbesserung.

Die im Rahmen des Projekts entwickelte Acetylierung mit Isopropenylacetat erwies sich dagegen als technologisch umsetzbare Modifizierungsmethode, die für den Prozess und die Produkte verschiedene Vorteile bietet:

- milde Reaktionsbedingungen
- der für eine ausreichende Pilzresistenz notwendige Acetylierungsgrad ist leicht erreichbar
- das als Reaktionsnebenprodukt anfallende Aceton ist einfach zu entfernen

Die hergestellten Wood Plastic Composites zeigten im Vergleich mit Werkstoffen aus unmodifizierten Spänen bei gleicher Formulierung eindeutig verbesserte Eigenschaften:

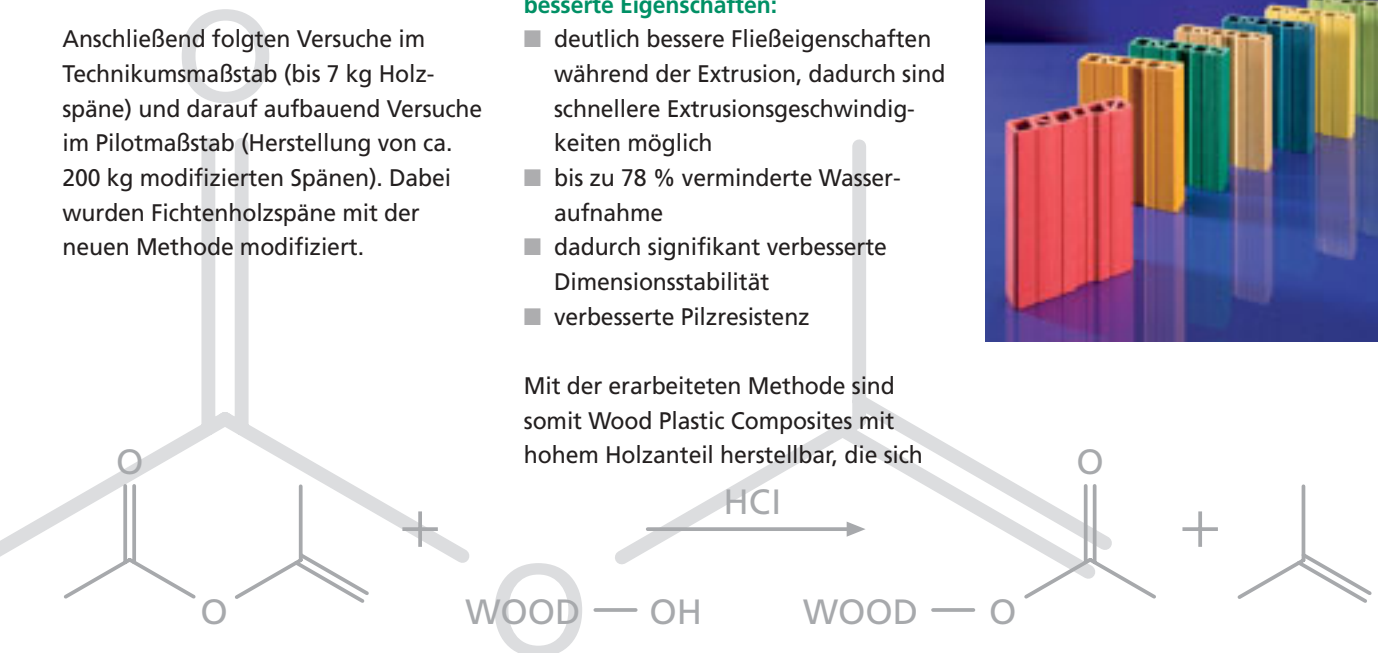
- deutlich bessere Fließeigenschaften während der Extrusion, dadurch sind schnellere Extrusionsgeschwindigkeiten möglich
- bis zu 78 % verminderte Wasseraufnahme
- dadurch signifikant verbesserte Dimensionsstabilität
- verbesserte Pilzresistenz

Mit der erarbeiteten Methode sind somit Wood Plastic Composites mit hohem Holzanteil herstellbar, die sich



auch für spezielle Anwendungen, z.B. im Feuchtraumbereich eignen, was mit den bisher verfügbaren Holz-Verbundwerkstoffen nicht möglich war.

Hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften dieser Werkstoffe aus modifizierten Holzspänen besteht weiterer Forschungsbedarf, da diese im Vergleich zu WPC aus unmodifizierten Spänen Nachteile zeigten. Neue Erkenntnisse weisen darauf hin, dass es durch den Einsatz von geeigneten alternativen (bzw. neu zu entwickelnden) Haftvermittlern gelingen kann, auch die mechanischen Eigenschaften zu verbessern.





P E R S P E K T I V E N

KOOPERATIONEN UND WEITERFÜHRENDE FORSCHUNGSANSÄTZE

WPC sowie die Werkstoff- und Rohstoffcharakterisierung gewonnen werden. Mit den Kooperationen zwischen Forschung und Wirtschaft wurde auch ein interaktives Netzwerk in der WPC-Prozesskette gegründet, das über die Projektdauer hinaus sehr erfolgreich genutzt wird.

■ Im Rahmen der beschriebenen Projekte wurden enge Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen und Industriebetrieben aufgebaut. So konnte eine ideale Kombination von Expertise aus den Bereichen Verfahrenstechnik, Holzchemie und Kunststoff zusammen gestellt werden.

Als Industriepartner konnten die Unternehmen IFN Internorm Bauelemente GmbH & CoKG, Cincinnati Extrusion GmbH, Greiner Extrusionstechnik GmbH, Trodat GmbH und GriffnerHaus AG gewonnen werden. Die wissenschaftlichen Projektpartner waren das Institut für Holzforschung an der Universität für Bodenkultur Wien, das Institut für Polymerwissenschaften der Johannes Kepler Universität Linz sowie als Projektleiter das Transfercenter für Kunststofftechnik am Upper Austrian Research Center, Linz.

Es konnten wichtige neue Erkenntnisse hinsichtlich Rezeptur-Eigenschaftsbeziehungen, Einfluß der Prozessbedingungen auf die Eigenschaften von

Um die F&E Aktivitäten durchführen und auch im Anschluss an das Projekt weiterführen zu können, wurde vom Transfercenter für Kunststofftechnik bereits während der Projektlaufzeit in die notwendige Technikinfrastruktur (Faserstoffextruder Cincinnati Fiberex T58 mit kompletter Nachfolgeeinheit – Kalilbrierung, Abzug, Säge, Kipptisch von der Firma Greiner Extrusionstechnik) investiert. Die Projekte im Rahmen der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ waren hier der Start für mittlerweile mehr als 15 weitere Projekte, die sich mit naturfaserverstärkten Kunststoffen beschäftigen. Zudem sind bereits mehr als 40 Folgeaufträge für Rezeptur- und Prozessoptimierung mit nationalen und internationalen Kunden entstanden bzw. durchgeführt worden.

Bei den zahlreichen Folgeprojekten geht es primär um Rezepturentwicklungen für definierte Produkte. Ein weiteres Forschungsthema ist die Verbesserung der Zähigkeit der Wood Plastic Composites bei gleich bleibender Steifigkeit des Materials.

Mit den Ergebnissen aus den „Fabrik der Zukunft“-Projekten wurden die technischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen geschaffen, um die neue Werkstoffgruppe erfolgreich am Markt positionieren zu können. Österreich kann damit seine Position im Bereich naturfaserverstärkter Kunststoffe weiter ausbauen.

PROJEKTPARTNER/INNEN

■ **Wood Plastic Composites**
Neue Wertschöpfung aus Holzspänen
Entwicklung einer Holzspänedirektdosierung
Entwicklung eines Extrusionswerkzeugs

Dr. W.Stadlbauer,
Transfercenter für Kunststofftechnik –
Upper Austrian Research Center
Mag. Ing. Erik Sehnal,
Cincinnati Extrusion GmbH
Leopold Weiermayer,
Greiner Extrusionstechnik GmbH
Wien 2006

■ **Modifizierte Holzspäne für höherwertige Holz/Kunststoff-Verbundwerkstoffe**
Robert Putz,
Kompetenzzentrum Holz GmbH
Linz 2006

INFORMATIONEN PUBLIKATIONEN

Die Endberichte zu den oben genannten Projekten sind in der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit erschienen.

Projekt 1: 68/2006

Projekt 2: 86/2006

Eine vollständige Liste der Schriftenreihe „Berichte aus Energie- und Umweltforschung“ des bmvit mit Bestellmöglichkeit findet sich unter:

www.NachhaltigWirtschaften.at/Publikationen

FORSCHUNGSFORUM im Internet:

www.NachhaltigWirtschaften.at/Publikationen

in Deutsch und Englisch

► **FORSCHUNGSFORUM** erscheint vierteljährlich und kann kostenlos auf dieser Website abonniert werden.

IMPRESSUM

FORSCHUNGSFORUM informiert über ausgewählte Projekte aus dem Bereich „Nachhaltig Wirtschaften“ des bmvit. Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie; Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien; Leitung: Dipl.Ing. M. Paula; Renngasse 5, A-1010 Wien. Fotos und Grafiken: Cincinnati Extrusion GmbH, Greiner Extrusionstechnik GmbH, ÖGUT, Projektfabrik. Redaktion: Projektfabrik, A-1180 Wien, Währinger Straße 121/3. Gestaltung: Wolfgang Bledl. Herstellung: AV+Astoria Druckzentrum GmbH, A-1030 Wien, Faradaygasse 6.

