

Das aufgeführte Projekt wird aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) gefördert.

### **AiF-Vorhaben-Nr. 14622 BG**

#### **Forschungsstelle 1:**

Universität Kassel  
Institut für Werkstofftechnik  
Fachgebiet Kunststoff- und  
Recyclingtechnik  
Mönchebergstr. 3  
34125 Kassel

#### **Leiter der Forschungsstelle:**

Prof. Dr. Andrzej Bledzki

#### **Projektleiter:**

Dipl.-Ing. Markus Murr

#### **Forschungsstelle 2:**

Fraunhofer-Institut f. Angewandte  
Polymerforschung IAP  
Geiselbergstr. 69  
14479 Potsdam-Golm

#### **Leiter der Forschungsstelle:**

Dr. habil. Hans-Peter Fink

#### **Projektleiter:**

Dr. Andreas Bohn

#### **Laufzeit:**

01.02.2006 – 31.07.2008

## 1. Forschungsthema

### **Ermittlung und Verbesserung des Langzeit- und Recyclingverhaltens cellulosefaserverstärkter Polymerwerkstoffe**

## 2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Die Verwendung von naturfaserverstärkten Kunststoffen ist ein zurzeit national und international stark expandierender Markt mit hohen jährlichen Wachstumsraten.

Vor allem die Spritzgieß- und Extrusionstechnik werden als Zukunftsmarkt vornehmlich für kleine und mittlere Zulieferunternehmen der Automobil-, Bau- und Möbelindustrie angesehen.

Obwohl die Anzahl der Entwicklungen, Machbarkeitsstudien und Applikationen in dieser Werkstoffgruppe stark wächst, liegen Erkenntnisse über Auswirkungen der Alterung auf die Gebrauchseigenschaften bzw. Langzeitverhalten der Naturfasern und deren Verbunde bisher nur in sehr geringem Umfang vor.

So werden im Laufe des Produkteinsatzes Werkstoffe unterschiedlichen, z. T. extremen Umgebungsbedingungen ausgesetzt. Im Automobilinnenbereich z. B. wirken auf die Werkstoffe Temperaturen im Bereich von ca.  $-40\text{ °C}$  bis zu  $90\text{ °C}$  in Kombination mit einer hohen Luftfeuchtigkeit und UV-Strahlung ein. Unter dem zyklischen Einfluss dieser Faktoren kommt es zur Alterung, die das Langzeitverhalten der Werkstoffe nachhaltig beeinflusst.

Darüber hinaus treten bereits bei der Thermoplastverbundherstellung hohe Temperaturen und Scherkräfte auf, die bei der Verarbeitung eine Vordegradation der Verbundmaterialien bewirken können.

Schließlich ist das Langzeitverhalten von besonderem Interesse in Bezug auf das Recycling dieser Materialien. Sowohl die Verarbeitungseigenschaften des Recykklats als auch dessen Gebrauchseigenschaften können im Verlauf weiterer Einsatzzyklen durch wiederholte Verarbeitung und durch die vorangegangenen Alterungsprozesse wesentlich beeinflusst werden.

Die Kenntnis dieser Prozesse ist notwendige Voraussetzung für eine Gebrauchsgarantie über die vorgesehene Nutzungsdauer der entsprechenden Bauteile und Produkte. Letztlich ist im Rahmen der Produkthaftung sowie der Vermeidung von Kundenreklamationen eine Erkenntnis über das Alterungsverhalten naturfaserverstärkter Kunststoffe in Gebrauchsgütern aller Branchen von großer ökonomischer Relevanz.

Durch die optimierten Herstellbedingungen in Kombination der Verwendung geeigneter Stabilisatoren und Verarbeitungsadditiven können gerade die in diesen Branchen ansässigen kleinen und mittleren Unternehmen in Vergleich zu konventionell gefüllten Polymerwerkstoffen oder zu Holzwerkstoffen wettbewerbsfähig bleiben bzw. neue, innovative Design- und Verarbeitungswege nutzen.

Im Rahmen des internationalen Preisdrucks in den oben genannten Branchen bietet dieses Material eine sehr kostengünstige Alternative zur Substitution von Holz-, MDF- sowie einigen herkömmlich verstärkten Polymerwerkstoffen.

Aufgrund der geringeren Wasseraufnahme, Durchfärbbarkeit, hohen Designfreiheit sowie der geringen Verarbeitungsschritte aufgrund des Urformens der Kunststoffverarbeitung bestehen u. a. Vorzüge gegenüber Bauteilen aus konventionellen Holzwerkstoffen.

Der Vorteil gegenüber herkömmlich verstärkten Polymerwerkstoffen besteht in der Verwendung von hauptsächlich preiswerteren cellulosischen Fasern, unter geringerer Abrasivität verzugsfreieren Spritzgießverarbeitung bzw. Formfüllung aufgrund des duktilen Faserverhaltens, des guten akustischen Dämpfungsvermögens, der vielfältigen Bearbeitbarkeit sowie der teilweise geringeren Materialdichte bei nahezu konstanten mechanischen Kennwerten (Leichtbaupotenzial).

Im Rahmen des Recyclings gebrauchter Materialien sowie von Produktionsabfällen bieten die naturfaserverstärkten Thermoplaste Möglichkeiten zur werkstofflichen Wiederverwertung aber auch zum rohstofflichen Recycling (EU-Altautorichtlinie) bzw. letztlich aufgrund des guten Brennwertes zu einer effizienten thermischen Verwertung.

### 3. Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

#### 3.1 Forschungsziel

##### 3.1.1 Angestrebte Forschungsergebnisse

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Ermittlung grundlegender Struktur-Eigenschaftsbeziehungen, der werkstofflichen Optimierung und die Erprobung im industriellen Maßstab von cellulosefaserverstärkten Polymerwerkstoffen für die Anwendung in der Automobil-, Möbel- und Bauindustrie unter besonderer Berücksichtigung des Alterungsverhaltens.

Es sollen hierbei insbesondere mit Holz-, Hanf- und Celluloseregeneratfasern verstärkte Polypropylene Verwendung finden, die Erfolg versprechende physikalische Eigenschaften als Substitutionswerkstoff für Holzbauteile und konventionelle Spritzgusswerkstoffe bieten.

Zur Erreichung der Gesamtzielsetzung sollen folgende Teilziele erreicht werden:

- Grundlegende experimentelle Untersuchungen in Bezug auf die Struktur-Eigenschafts-Beziehungen:

Einfluss der verwendeten Cellulosefasern, der Faseraufbereitung, -modifikation, -größenverteilung und -gehalte, der thermoplastischen Matrix, der Stabilisatorart und -konzentration, der Haftvermittlerart und -konzentration sowie der Spritzgießverarbeitungsparameter vorrangig auf die thermomechanischen und physikalischen Eigenschaften sowie der Emissionsverhalten der Einzelkomponenten und deren Verbunde

- Ermittlung geeigneter Expositionsparameter und Prüftechniken zur Bestimmung des Langzeit- bzw. Alterungsverhaltens, Simulation der Alterungsbedingungen unter dem Einfluss von Temperatur, UV-Strahlung und Feuchtigkeit
- Durchführung zyklischer, überlagerter Belastungen (gleichzeitige Einwirkung von Temperatur-, UV-, Feuchte-Zyklen) zur beschleunigten Alterung, mögliche Korrelation der Ergebnisse für die Prognose des Langzeitverhaltens dieser Verbundwerkstoffe
- Umsetzung der Ergebnisse aus dem Labormaßstab in die industrielle Praxis, Herstellung von exemplarischen Bauteilen und Prüfung dieser analog geforderter Normen bzw. Klimatests bei den Partnerfirmen
- Mehrfachverarbeitung/Wiederverwertung ausgewählter Verbunde/Produktionsabfälle hinsichtlich eines möglichen geschlossenen Materialkreislaufs
- Ableiten von technisch relevanten Verarbeitungsparametern, Haftvermittler- und Stabilisationssystemen zur Erhöhung der Langzeitstabilität sowie der Verminderung der Wasseraufnahme, Bereitstellung eines Leitfadens als Werkzeug für Konstrukteure und Verarbeiter für eine schnelle Praxisüberführung in kleinen und mittleren Unternehmen.

### 3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

Der Einsatz cellulosefaserverstärkter Kunststoffe in der Spritzgießverarbeitung unter besonderer Optimierung der Stabilisierung bietet völlig erweiterte Anwendungsmöglichkeiten in klimatisch kritischen Bereichen von kostengünstigen Bauteilen geringer Dichte und guten physikalischen Kennwerten als Substitutionswerkstoff zu Holz oder konventionell glasfaserverstärkten Polymerwerkstoffen.

- Cellulosefaserverstärkte Thermoplaste sind im Vergleich zu herkömmlich glasfaserverstärkten Thermoplasten und ungefüllten technischen Kunststoffen im Allgemeinen kostengünstiger und besitzen ein hohes Leichtbaupotenzial aufgrund der geringeren Dichte der Verbunde bei nahezu gleichen mechanischen Eigenschaften.
- Im Vergleich zur Holzindustrie ist das Spritzgießverfahren im Gegensatz zur spanenden Bearbeitung prinzipiell kostengünstiger aufgrund der geringeren Anzahl eventueller Verarbeitungsschritte des Urformens der Kunststoffverarbeitung. Im Vergleich zu konventionellen Holzbauteilen erhält man technische Vorteile u. a. durch eine höhere Designfreiheit, Durchfärbbarkeit, geringere Wasseraufnahme.
- Durch die Entwicklung geeigneter Charakterisierungsverfahren zur Quantifizierung des Alterungsverhaltens von Cellulosefasern und deren Verbunde kann eine

geeignete Lebensdauerabschätzung dieser Materialien als Basis für eine Gebrauchsgarantie entsprechender Bauteile und Produkte u. a. im Rahmen der Produkthaftung erfolgen.

- Durch die Erkenntnisgewinnung der systematischen Untersuchungen des Alterungsverhaltens bzw. der Stabilisierungsmöglichkeiten der Cellulosefasern und deren Verbunde kann in weitere Einsatzbereiche z. B. bei höheren Temperaturen oder in Nass- bzw. Außenbereichen vorgedrungen werden.
- Die Mehrfachverarbeitungsuntersuchungen sollen das Wiederverwertungspotenzial der Materialien im Vergleich zu glasfaserverstärkten Kunststoffen aufzeigen (Recycling).
- Die Entwicklungen in den Bereichen Additivierung, Aufbereitung, Compoundierung, Verarbeitung und Werkstoffcharakterisierung beinhalten letztlich neue Erkenntnisse über die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Naturfasern sowie deren Polymerverbunde.

#### 4. Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

##### 4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse aus den Alterungsuntersuchungen an den Verbundmaterialien sowie deren Cellulosefasern können Rückschlüsse auf die Stabilität bzw. das Langzeitverhalten dieser Materialien als Voraussetzung für eine Herstellergarantie gewonnen werden.

Durch Untersuchungen der chemischen, physikalischen, strukturellen und olfaktorischen Eigenschaften kann das Einsatzpotenzial dieser Materialien abgeschätzt oder durch geeignete Behandlungen optimiert werden. Somit werden die bereits bestehenden Einsatzgebiete gesichert bzw. weitere erschlossen, wie z. B. für Exterieur Anwendungen im Automobilsektor oder Außenbereiche im Bausektor.

Aus der Korrelation der Struktur-Eigenschaftsbeziehungen zwischen dem Alterungs- bzw. Langzeitverhalten der Verbunde sowie deren cellulosefasern werden somit Möglichkeiten zur besseren Stabilisierung von Naturfasern und deren Verbunde mit ausgewählten Matrixmaterialien abgeleitet, und damit auch ein verbessertes Recycling ermöglicht.

Die Auswirkungen (Nutzeffekte) dieses Projektes auf unterschiedliche Industriezweige hängen neben der erfolgreichen technischen Umsetzung auch von einer ökonomisch und ökologisch sinnvollen Implementierung ab und können deshalb nur in groben Zügen qualitativ abgeschätzt werden.

Kurzfristig kann die Erstellung von Leitfäden zur Werkstoffstabilisierung und -verarbeitung sowie von Datenblättern für Konstrukteure und Verarbeiter die Erschließung neuer Anwendungsfelder als Alternativmaterial forcieren.

Mittelfristig wären Materialfreigaben und Serienanwendungen der Möbel-, Bau- und Automobilhersteller in klimatisch kritischeren Anwendungen denkbar.

Langfristig sollten diese Werkstoffverbunde als fester Bestandteil der technischen Konstruktionswerkstoffe implementiert sein. Für eine bestimmte Klientel von Unternehmen (von der Forst- und Landwirtschaft bis zum Compoundeur) können diese Materialien

eine gesicherte Einnahmequelle darstellen. Die Verwendung von Faserreststoffen und Recyclingkunststoffen könnten ebenfalls ein fester Bestandteil werden.

Nutzungsmöglichkeiten ergeben sich für die folgenden Industriezweige:

- Naturfaseraufbereiter und Additivhersteller als Rohstofflieferanten,
- Kunststoffaufbereiter als Zulieferer für die verarbeitenden Unternehmen,
- Möbel- und Baubranche als Verarbeiter dieser Werkstoffe u. a. zur Holzsubstitution,
- Kunststoff- bzw. Automobilzulieferindustrie (Substitution konventioneller Kunststoffe oder Verbundmaterialien).

Durch die enge Verzahnung der Forschungsstellen mit zahlreichen kooperierenden Unternehmen unterschiedlicher Fachkompetenzen können Ergebnisse direkt wissenschaftlich und praxisrelevant bewertet und umgesetzt werden. Nach Abschluss des Forschungsprojektes steht Anwendern dieser fortentwickelten Werkstoffsysteme ein Leitfaden für eine schnelle Praxisüberführung in kleinen und mittleren Unternehmen zur Verfügung.

#### 4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der kmU

Die Verwendung rezepturoptimierter cellulosefaserverstärkter Polymerwerkstoffe bietet vielen Kunststoffverarbeitenden Zulieferbetrieben neue Möglichkeiten hinsichtlich der geringeren Materialkosten im Vergleich zu unverstärkten technischen Kunststoffen oder glasfaserverstärkten Systemen, der guten akustischen Eigenschaften, geringeren Abrasivität bei der Verarbeitung sowie der hohen spezifischen Steifigkeit und Festigkeit.

Darüber hinaus sind die oftmals sehr kleinen und mittelständischen Zulieferunternehmen der Möbel- und Bauindustrie durch die höhere Designfreiheit und z. T. kostengünstigere Verarbeitung im Spritzguss im Gegensatz zur spanenden Verarbeitung von Holz wettbewerbsfähiger und können hiermit Arbeitsplätze in Deutschland sichern bzw. ausbauen.

#### 5. Beabsichtigte Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Durch die Mitarbeit der Firmen auf den Gebieten der Rohstoffherstellung, -aufbereitung und Verarbeitung ist eine Kette von der Gewinnung bis zur Anwendung dieser Materialien geschlossen. Hiermit stehen nach Abschluss des Forschungsprojektes grundlegende und praxisrelevante Ergebnisse zur Verfügung, die in einem Leitfaden für potentielle Verarbeiter und Anwender zusammengefasst eine breitere industrielle Umsetzung der cellulosefaserverstärkten Verbundwerkstoffe forcieren wird.

Darüber hinaus werden die durch das Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse im Anschluss an die Forschungsarbeiten

- in Fachzeitschriften publiziert sowie
- über Vorträge und wissenschaftliche Kolloquien der Fachwelt zugänglich gemacht.

