



1 Von hinten nach vorne: Stanzabfälle von Joghurtbechern, Mahlgut und Zugstab mit Papierresten.

2 Mechanisch recyceltes PLA: links Mahlgut (Flakes), rechts Regranulat.

## RECYCLING VON KUNST- UND VERBUNDWERKSTOFFEN

Beim Recycling biobasierter Kunststoffe und Verbundwerkstoffe stellt die Unterschiedlichkeit der verwendeten Materialien eine besondere Herausforderung dar. Dementsprechend ist es notwendig, das Auftrennen der heterogenen Stoffströme und Materialkombinationen sowie die Recyclingprozesse auf die sich sehr unterschiedlich verhaltenden Komponenten ausulegen und zu adaptieren. Um möglichst hochwertige Wiederverwertungsoptionen für Kunststoffe und Verbundwerkstoffe zu erhalten, arbeiten die Forscher des Fraunhofer WKI abhängig von den Eigenschaften der Rest- und Abfallstoffe an unterschiedlichen Recyclingstrategien. Hierzu zählen Bauteilrecycling, werkstoffliches und rohstoffliches Recycling.

### Bauteilrecycling

Unter ökonomischen Gesichtspunkten kommt dem Recycling von Bauteilen eine

sehr große Bedeutung zu. Um die Wiederverwendung der Bauteile zu gewährleisten, sind zuverlässige, effektive Verfahren zur Schadensanalyse erforderlich, die am Fraunhofer WKI kontinuierlich anforderungsspezifisch weiterentwickelt werden.

Um Bauteile weiteren Anwendungen zuzuführen, ist es erforderlich, dass schon in der Entwicklungsphase und anschließenden Konstruktion die Möglichkeit weiterer Nutzungen einfließt. Dies ist insbesondere in der lastpfadgerechten Bauteilauslegung von Bedeutung, da hier schon der Grundstein für Folgeanwendungen gelegt werden kann. Ziel ist es, ein materialspezifisches Downcycling in den Nutzungsphasen zu verhindern bzw. zu minimieren. Parallel zur Schadensanalyse und konstruktiven Maßnahmen gehören Reparaturmechanismen zu den Forschungsgebieten des HOFZET. Dazu werden diverse, je nach Anwendung und Material spezifizierte, Maßnahmen betrachtet.

### Fraunhofer-Institut für Holzforschung, Wilhelm-Klauditz-Institut WKI

Anwendungszentrum für  
Holzfaserforschung HOFZET  
Heisterbergallee 10A  
30453 Hannover

Ansprechpartnerin

Christina Haxter  
Telefon +49 511 9296-2288  
christina.haxter@wki.fraunhofer.de

[www.wki.fraunhofer.de](http://www.wki.fraunhofer.de)



### Werkstoffliches Recycling

Das so genannte werkstoffliche Recycling ermöglicht es, sowohl sortenreine, im Prozess anfallende Reststoffe, als auch gemischte Abfallströme wieder in den ursprünglichen oder einen neuen Prozess einzubringen. Hierbei wird der gesamte Verbundwerkstoff in seiner ursprünglichen Zusammensetzung wieder eingesetzt. Am HOFZET verwerten die Experten sowohl unverstärkte, als auch kurz-, lang- oder endlosfaserverstärkte Kunststoffe werkstofflich, indem sie zerkleinert, teilweise getrennt, und unter anderem in nachfolgend aufgeführten Prozessen wieder eingesetzt werden. Bei Materialien mit thermoplastischer Matrix kann das Mahlgut extrusionstechnisch verarbeitet und ggf. additiviert werden, so dass das Regranulat beispielsweise per Spritzguss zu neuen Bauteilen verarbeitet werden kann. Abhängig von der Prozessführung werden die im Rezyklat enthaltenen Fasern unter anderem durch den Mahlschritt mehr oder weniger stark gekürzt und geschädigt. Je nach resultierenden Eigenschaften dienen die Fasern als Verstärkungskomponente oder Füllstoff. Mahlgut mit duroplastischer Matrix kann nicht wieder aufgeschmolzen werden, kommt jedoch als Füllstoff für thermoplastische und duroplastische Werkstoffe zum Einsatz.

Die Mitarbeitenden des HOFZET untersuchen und optimieren den Mahlprozess sowie sich daran anschließende Aufbereitungsmöglichkeiten. Hierbei stehen vor allem Aspekte wie die Sprödigkeit der Ausgangsmaterialien, die zum Teil durch

Herabsetzen der Temperatur während des Mahlprozesses gesteigert werden kann, und die Geometrie und Qualität des Mahlguts im Fokus. Die sich anschließende Fraktionierung des Mahlguts ermöglicht eine hochwertige Weiterverarbeitung in verschiedenen Prozessen, wie der extrusionstechnischen Compoundierung. Im Extrusionsprozess findet wiederum eine Optimierung der Prozessparameter statt, so dass die Rezyklate anschließend in hochwertigen Einsatzbereichen verwendet werden können.

Durch die Optimierung aller Einzelschritte und Parameter erreichen die Mitarbeitenden des HOFZET so eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Umsetzung sowie einen zum Teil geschlossenen Stoffkreislauf.

### Rohstoffliches Recycling

Eine Alternative zum werkstofflichen Recycling bietet das rohstoffliche Recycling. Hierbei werden die Werkstoffe in einzelne Komponenten zerlegt, bevor sie weiterverarbeitet werden. So können auch nicht sortenreine Werkstoffe wiederverwertet werden. Am HOFZET untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler chemisches Recycling und Pyrolyse. Beim chemischen Recycling werden sowohl thermoplastische als auch duroplastische Matrices in geeigneten Lösungsmitteln gelöst. Thermoplastische Materialien verarbeiten die Forscher anschließend weiter, indem sie das eingesetzte Lösungsmittel wieder entfernen und das verbleibende Polymer zu Regranulat verarbeiten. Bei

der Lösung von duroplastischen Matrixmaterialien verwenden sie die erhaltene Lösung beispielsweise, um damit trockene Halbzeuge zu imprägnieren und auf diese Weise wieder flächige Prepregs oder Bauteile herzustellen.

Eine weitere Form des rohstofflichen Recyclings ist die Pyrolyse. Hier setzen die Mitarbeitenden die zu verwertenden Materialien unter Sauerstoffausschluss hohen Temperaturen aus, wodurch organische Verbindungen aufgebrochen werden und ein Großteil der Inhaltsstoffe in die gasförmige oder flüssige Phase übergeht. Zurück bleiben nur Kohlenstoff sowie mineralische Bestandteile in Form von Rezyklatfasern oder Pyrolysekoks. Werden carbonfaserverstärkte Materialien so behandelt, können zum Teil sehr hochwertige Rezyklatcarbonfasern gewonnen werden. Beim Einsatz von naturfaserverstärkten Kunststoffen erhält man als Rezyklat Pyrolysekoks, welches u. a. als Füllstoff wieder genutzt wird. Die verschiedenen Pyrolyse-Produkte wie Feststoff, Pyrolysewasser und Pyrolysegase prüfen die Mitarbeitenden des HOFZET auf möglichst hochwertige und nachhaltige Einsatzmöglichkeiten.

**3** Mahlgut aus einem hybriden duromeren Faserverbundwerkstoff mit Carbon- und Naturfaserverstärkung. © Marek Kruszewski

**4** Versuchsaufbau im Klapphohofen zur Durchführung der Pyrolyse – hier von thermoplastischen FVK verschiedener Geometrien.

© Marek Kruszewski