

Pilotversuch erfolgreich

Physikalisch recyceltes Post-Consumer-Rezyklat aus Altfahrzeugen

Die deutsche Automobilindustrie erarbeitet derzeit Lösungen, um den erwarteten herausfordernden Rahmenbedingungen aus der aktuell in Revision befindlichen europäischen Altfahrzeugrichtlinie zu begegnen. Demnach sollen 25 Prozent des Kunststoffgewichts in einem neuen Fahrzeug aus Post-Consumer-Recyclingkunststoffen (PCR) bestehen – davon ein Viertel aus Altfahrzeugen. Audi hat gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV im Pilotmaßstab über eine physikalische Recyclingkaskade hochreines PC+ABS aus geschredderten Altfahrzeugen zurückgewonnen, das sich auch für einen Wiedereinsatz im Fahrzeuginterieur eignet.



Audi hat sich das Ziel gesetzt, den Anteil von Sekundärmaterialien in der Audi-Flotte kontinuierlich zu erhöhen. So kommen bei einer Reihe von Bauteilen des Audi Q6 e-tron Rezyklate zum Einsatz. (Hinweis: Betrifft nicht das im Artikel beschriebene PC+ABS.)

© Audi AG

Die Kunststoffsortierung aus Altfahrzeugen – ob Bauteile gezielt demontiert werden oder das komplette Fahrzeug geschreddert wird – ist eine Herausforderung. Aufgrund des hohen Anteils an Verbundmaterialien und des in den Bauteilen eingesetzten Rußes „Carbon Black“ ist eine Sortierung mittels der Nahinfrarot-Technologie nicht möglich. Der hohe Anteil an technischen

Thermoplasten, vor allem an ABS, PC+ABS, PA6 und PA66 sowie gefülltem und faserverstärktem PP fällt in Dichtefractionen $>1,0 \text{ g/cm}^3$ an und wird daher bisher nicht im relevanten Maßstab in der Aufbereitungskette sortiert und recycelt.

Dabei gelten diese Kunststoffe in der Fahrzeugindustrie in vielen Anwendungen als Standardmaterial. Deshalb gilt es, diese Lücke im Materialkreislauf zu

schließen. Daran arbeiten unter anderem Audi und das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV gemeinsam mit Partnern aus der Industrie [1]. Ihr Ansatz besteht darin, die genannten technischen Thermoplaste aus Schredderrückstandsfraktionen zu sortieren und anschließend über ein lösemittelbasiertes Recyclingverfahren mit hoher Reinheit abzutrennen und zu

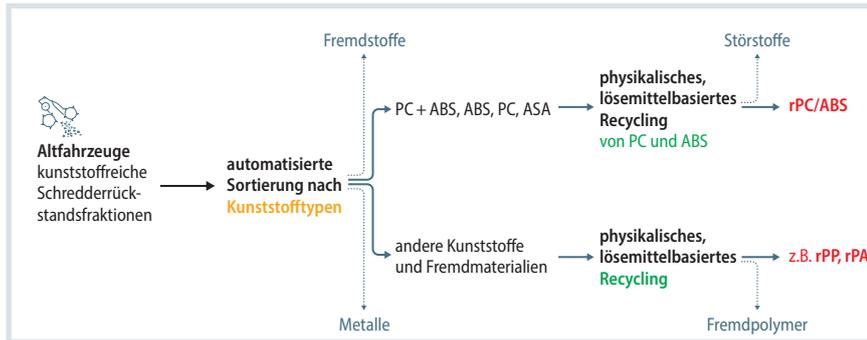


Bild 1. Prozesskette zur Herstellung thermoplastischer Kunststoffzyklate (PC+ABS, PA6, PA66 und PP) aus Schredderrückständen. © Audi AG

reinigen. Das erklärte Ziel: Reine Rezyklate, die mit gezielter Optimierung der Eigenschaften durch Compoundierung in neuen Automobilbauteilen eingesetzt werden können. Im vorliegenden Artikel wird der Pilotversuch zur Kreislaufführung von PC+ABS-Blends beschrieben (Bild 1).

Mechanische und chemische Verfahren ungeeignet

Dafür wurden kunststoffreiche Fraktionen aus geschredderten Audi-Fahrzeugen durch die Firma Indra nachgereinigt und spektroskopisch nachsortiert, um mit modernen Post-Schredder-Technologien Fremdmaterialien wie Glas, Metalle, Holz sowie Nicht-Zielkunststoffe zu entfernen. Eine Kombination von dichte-basierten, röntgenspektroskopischen, laserspektroskopischen und triboelektrostatischen Verfahren zeigte sich dabei als gangbarer Weg – sowohl um Wertmetalle zurückzugewinnen als auch recycelbare Kunststofffraktionen zu generieren.

Die entstandenen Zielfractionen teilen sich auf in:

- eine Polyolefinfraktion (inkl. gefüllten und faserverstärkten PP-Qualitäten)
- eine Fraktion aus PC+ABS, ABS, PC, ASA
- eine Fraktion aus Polyamiden mit den Haupttypen PA6 und PA66

Die Fraktionen enthalten zwar Zielkunststoffanteile von bis zu 80 - 90 %, sind so jedoch nicht für ein mechanisches Recycling geeignet. Dafür wäre ein effektiver Folgeprozess notwendig. Für den Einsatz in chemischen Recyclingverfahren sind die Fraktionen wegen hoher Stickstofflasten (PA), möglicher halogener Flammschutzmittel (PC+ABS u.ä.) und/oder der hohen Füllgrade (PA, PP)

ebenso ungeeignet beziehungsweise nicht wirtschaftlich [2]. Ein mögliches Verfahren für die Weiterbehandlung der vorkonzentrierten Kunststofffraktionen ist das lösemittelbasierte Recycling.

20 Jahre Erfahrung

Das Fraunhofer IVV entwickelt und optimiert den physikalischen Löseprozess zur Reinigung und Rückgewinnung von reinen Thermoplasten aus sortierten Altkunststoffströmen und komplexen Pre-Consumer-Verbundwerkstoffen seit weit mehr als zwei Jahrzehnten [3]. Dabei werden spezielle CreaSolv-Lösungsmittelformulierungen eingesetzt, die das Fraunhofer IVV und die CreaCycle GmbH gemeinsam entwickelt haben. Damit werden die Zielkunststoffe selektiv und sortenrein aus heterogenen Inputströmen herausgelöst. Anschließend wird die Polymerlösung in weiteren Schritten von inerten und löslichen Störstoffen befreit, denn nur so ist aufgrund der vielfältigen Querkontaminationen durch beispielsweise Betriebsmittel wie Öle im Automobil-Schredderrückstand ein Einsatz in hochwertigen Anwendungen möglich.

Zuletzt wird das Lösemittel wieder vom gereinigten Polymer getrennt und im Prozess wiederverwendet. Das Rezyklat liegt schließlich als handelsübliches Polymergranulat vor und kann direkt oder nach einem Compoundierschritt wieder als Rezyklatanteil zur Produktion von neuen Kunststoffbauteilen eingesetzt werden (Bild 2).

Bestätigt hohe Reinheit

Bei Anwendung des Lösemittelprozesses auf vorkonzentrierte Kunststofffraktionen

aus PCR-Automotive-Schredderrückständen gelang die Abtrennung der verbleibenden 10 – 20 % Fremdkunststoffe. Das heißt, es wurden zusätzlich Glasfasern und Füllstoffe separiert sowie Geruchs- und Störstoffe, zum Beispiel von Rückständen der Betriebsmittel (Öle, Treibstoffe, etc.), entfernt.

Dazu wurden zunächst die Prozessparameter an die speziellen Herausforderungen von PCR-Automotive-Schredderfraktionen im Labormaßstab angepasst. Mit der kleintechnischen Verfahrenslinie am Fraunhofer IVV wurde dann »

Info

Text

Jutta Schoberer, Kunststoffingenieurin bei Audi seit 2009, erarbeitet Lösungen für die Kunststoffkreislaufführung aus dem Altfahrzeug innerhalb der Technologieabsicherung.

Frank Fischer, Werkstoffingenieur bei Audi seit 2010, koordiniert in der Werkstofftechnik alle Themen zum Rezyklateinsatz im Exterieur.

Dr. Martin Schlummer, Geschäftsfeldmanager Recycling und Umwelt am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, arbeitet seit 1999 an der Entwicklung lösungsmittelbasierter Recyclingverfahren.

Laura Strobl, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer IVV, arbeitet seit 2019 an der Entwicklung lösungsmittelbasierter Recyclingverfahren für Polymere aus komplexen und kontaminierten Recycling-Kunststoffabfällen.

Dagmar Arends, technische Mitarbeiterin am Fraunhofer IVV, seit 2007 tätig in der Entwicklung mechanischer und lösungsmittelbasierter Prozesskaskaden für das Kunststoffrecycling aus Altfahrzeugen und Elektroaltgeräten.

Service

ABS = Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer

ASA = Acrylnitril-Styrol-Acrylat-Copolymer

PA = Polyamid

PC = Polycarbonat

PP = Polypropylen

Weitere Informationen zu den Kunststoffen finden Sie in unseren Grundlagenartikeln unter

www.kunststoffe.de/grundlagenartikel

Literatur

Das Literaturverzeichnis finden Sie unter

www.kunststoffe.de/onlinearchiv



Bild 2. im Vordergrund: geschreddertes Inputmaterial, hinten links: Polymer in Lösung, hinten rechts: compoundiertes Granulat des Post-Consumer-Rezyklats (PCR). © Audi AG



Bild 3. Demonstratorbauteile (Zierrahmen aus dem Stoßfängerbereich, ca. 370 x 180 mm), die aus dem physikalisch recyceltem PC+ABS-Rezyklat (PCR) hergestellt wurden. © Audi AG

PC+ABS selektiv aus den vorsortierten Fraktionen herausgelöst, aufgereinigt und als Regranulat zurückgewonnen. Die Produktanalyse bestätigt eine hohe Reinheit, unkritische Elementgehalte und gute mechanisch-rheologische Eigenschaften des hergestellten Regranulats. In der Entwicklung wurde zudem besonderes Augenmerk auf die Einstellung anwendungsgerechter mechanischer Eigenschaften sowie auf die Vermeidung eventueller Geruchs- und VOC-Emissionen (Volatile Organic Compounds) gelegt, um die hohen Anforderungen der Automobilindustrie auch für Innenraumbauteile (zum Beispiel Türverkleidungen, Zierblenden) zu erfüllen.

Die beschriebene Prozesskette für PC+ABS aus Post-Consumer-Automotive-Schredderrückständen konnte bereits im kleintechnischen Maßstab aufgezeigt

werden. Um die Schlagzähigkeit zu verbessern, wurde das physikalisch gewonnene PC+ABS-Regranulat beim Partner Hoffmann+Voss mit weiteren 50 % Pre-Consumer-Mahlgut zu einem PC+ABS-Rezyklat spezifisch additiviert und compoundiert.

Anwendungen im Interieur möglich

Im Projekt wurde neben der Rückgewinnung des Kunststoffs auch der mögliche Wiedereinsatz im Fahrzeug anhand eines konkreten Bauteils bewertet. Hierzu wurden Zierrahmen aus dem Stoßfängerbereich ausgewählt und die Bauteile umfangreich charakterisiert (**Bild 3**).

Das Compound wurde in der Spritzgießfertigung der Firma Eckerle in einem Serienwerkzeug des Zierrahmens verarbeitet. Im Rahmen der Versuchsabmus-

terung wurde eine Charge von Bauteilen produziert, wobei sich keine Unterschiede zur Serienfertigung zeigten. Die Anforderungen zur Maßhaltigkeit wurden erfüllt.

Die Zierrahmen wurden zur anschließenden Lackierung mit zwei Lackvarianten (schwarz hochglanz und silber matt) weitergegeben. Das optische Erscheinungsbild der beiden Varianten war makellos. Die Anforderungen zur Lackhaftung nach Klimawechseltest und Kondenswasserlagerung wurden erfüllt.

Um das Anwendungspotenzial auch für Innenraumbauteile zu bewerten, wurden umfangreiche Untersuchungen bezüglich Emissions- und Geruchstests durch Audi durchgeführt. Es konnte nachgewiesen werden, dass das PCR-haltige PC+ABS-Rezyklat die Anforderungen an das Emissions- und Geruchsverhalten entsprechend geltender Konzernnormen erfüllt; sich daher auch für Anwendungen im Interieur eignet.

So geht es weiter

Derzeit evaluieren die Projektpartner gemeinsam mit HKS Metals und der TSR Recycling GmbH & Co. KG die entwickelte Prozesskette auf gemischte, real anfallende Schredderrückstandsfraktionen anzuwenden, welche die Kunststoffabfälle aller Automobilhersteller enthalten. Dafür ist es vor allem notwendig, den lösemittelbasierten Recyclingprozess zu skalieren und zu kommerzialisieren. Sobald die erweiterte Kunststoffsortierung und die Kapazität von physikalischen Recyclinganlagen industriell verfügbar sind, können somit hochwertige PCR-Automotive Rezyklate wie zum Beispiel PC+ABS aus dem Altfahrzeug zurückgewonnen werden und dazu beitragen, den Rezyklateinsatz zu steigern.

Audi fördert solche Projekte und das Ziel, Kunststoffe aus dem Altfahrzeug zurückzugewinnen, und befürwortet die Etablierung einer industriellen mechanischen Aufbereitungs- und Sortierkette. Das gemeinsame Ziel des Fraunhofer IVV und Audi ist es, diese Kreisläufe für Polyolefine, PC+ABS, PA6 und PA66 aufzuzeigen. Das Projekt zeigt, dass diese herausfordernde Aufgabe einer engen Kooperation der Partner entlang der Wertschöpfungsketten bedarf und nur gemeinsam gelingen kann. ■