

Das ist die „Lösung“!

E+E-Recycling. Alte Elektro- und Elektronikgeräte liefern die Kunststoffe von morgen: Erstverwerter zerkleinern die Altgeräte zur Metallgewinnung, der kunststoffreichen Restfraktion rückt nun ein speziell entwickeltes Verfahren mit selektiven, umweltfreundlichen Lösungsmitteln zu Leibe. Dem so erhaltenen Rezyklat lassen sich durch Nachadditivierung definierte Produkteigenschaften verleihen.

**MARTIN SCHLUMMER
ANDREAS MÄURER
KARIN AGULLA**

Etwa 2 Mio. t Elektronikschrott, die in deutschen Haushalten und Gewerbebetrieben pro Jahr anfallen, würden einen Güterzug von Flensburg bis Garmisch füllen. Neben Stahl, Kupfer und Edelmetallen würde dieser über 400 000 t Kunststoffe transportieren. Gelänge es, auch nur die Hälfte dieser Menge wiederzuverwerten, könnten daraus z. B. Gehäusekunststoffe für mehr als 400 Mio. Laptops, Kaffeemaschinen oder Staubsauger entstehen. Dies entspricht einem Materialwert von gut 200 Mio. EUR: Grund genug, sich eingehender mit den technischen Möglichkeiten zur Rückgewinnung dieser Ressourcen zu beschäftigen.

Kontaminierte Mischkunststoffe

Das Ausgangsmaterial besteht aus bunt gemischten, verschmutzten Kunststoff-Chips und enthält noch Platinenstücke, Kupferlitzen und Holz. Es entsteht bei der Erstbehandlung der Elektroaltgeräteverwertung als Nebenprodukt der lukrativen Metallrückgewinnung, allerdings je nach Betrieb und angewandeter Technologie in unterschiedlicher Korngröße, Farbvielfalt und Menge. Die Herausforderung, aus diesem Materialmix hochwertige, qualitätsgesicherte Neukunststoffe herzustellen, ist immens.

Zunächst ging der Branchenverband PlasticsEurope von mindestens 16 verschiedenen und zum Teil unverträglichen Kunststoffsorten in dieser Mischung aus. Bei einer genauen Analyse der Ausgangsmaterialien stellte sich aber positiv heraus, dass in diesen Mischungen die technischen Kunststoffe Acrylnitrilbutadienstyrol (ABS) und High Impact Polystyrol (HIPS) einen hohen Anteil aufweisen, ein

Recycling sich also in erster Linie auf die Styrolcopolymerie konzentrieren sollte (Bild 1).

Erschreckend sind aber die chemisch-analytischen Untersuchungsergebnisse der Materialien [1]: Alle untersuchten Mischfraktionen enthielten bromhaltige Flammschutzmittel, von denen einige schon bei Kunststoffverarbeitungstemperaturen zu hochgiftigen Dioxinen und Furanen abgebaut werden können. Die ermittelten Konzentrationen dieser Giftstoffe lagen so hoch, dass sie die in Deutschland geltenden Grenzwerte überschritten. Ein genauer Blick auf die Herkunft dieser Substanzen ergab, dass sie ausgerechnet in den so wertvollen Materialien HIPS und ABS auftraten. Ein mechanisches Recycling über Reextrusion ist daher nicht möglich.

Dieser Sachverhalt ist wahrscheinlich auch einer der Hauptgründe, warum in Deutschland bislang keine nennenswerte Wiederverwertung von Kunststoffen aus alten Elektronikgeräten erfolgt. Stattdessen werden diese Abfälle in der Praxis verbrannt oder nach Asien verschifft. Nach Berichten des Basel Action Network (BAN) werden sie dort unter geringeren Gesetzauflagen und ge-

i Institut

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV
Giggenhauser Straße 35
D-85354 Freising
Tel. +49 (0) 81 61/4 91-1 20
www.ivv.fraunhofer.de

sundheitlich bedenklichen Bedingungen rezykliert. Und niemand weiß genau, ob solche Recycling-Kunststoffe mitsamt den enthaltenen giftigen Substanzen nicht doch irgendwann wieder in Deutschland auftauchen, als Bestandteil importierter Billigartikel.

Herkömmliche Aufbereitungstechnologien

Herkömmliche Aufbereitungstechnologien für Altkunststoffe wie Schwimm-Sink-Verfahren oder Sortierung mittels Nahinfrarot (NIR) stoßen bei dem beschriebenen Materialmix an Grenzen. Die Schwimm-Sink-Trennung erlaubt eine Auftrennung des Gemisches in Dichtefractionen mit einem erhöhten Anteil an Po-

KU104216

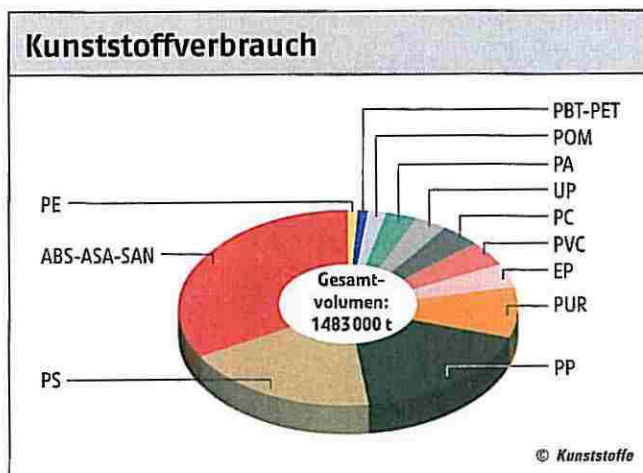


Bild 1. Historischer Kunststoffverbrauch im Sektor Elektro/Elektronik in Westeuropa
(Quelle: APME, 2000)

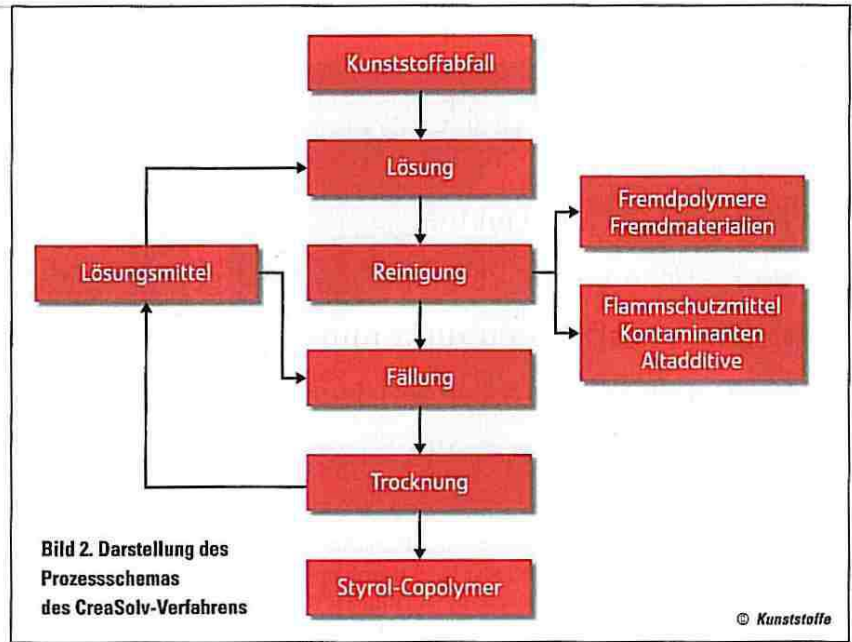
lyolefinen, Polystyrol und Copolymeren oder PVC. Die Reinheiten dieser Fraktionen erreichen bis zu 90 % und liegen damit weit unter den Spezifikationen für anspruchsvolle technische Anwendungen.

Die Anwendung des NIR scheitert zum einen bei schwarzen Materialien, zum anderen an teilweise zu geringen Partikelgrößen der kunststoffreichen Abfallfraktionen. Weiterhin sind auch hier nur Reinheiten bis zu 95 % beschrieben.

Sowohl Schwimm-Sink- als auch NIR-Verfahren separieren lediglich die flammgeschutzmittelfreien Kunststoffe und können nicht das Werkstoffpotenzial der flammgeschützten Polymere nutzen. Sie erzielen damit in der Regel sehr geringe und unwirtschaftliche Gesamtausbeuten von höchstens einem Drittel des Ausgangsmaterials.

Der „Lösungs“-Ansatz

Am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising, wurde nun ein Verfahren entwickelt, mit dem sowohl hochreine Styrolcopolymerfraktionen selektiv aus dem Abfallmix extrahiert als auch bromierte Störstoffe entfernt werden können, ohne dabei das ma-



terialien, ABS oder HIPS zu lösen, dann fallen aus der Lösung kleine grauschwarze Partikel aus. Diese lassen sich abtrennen, trocknen und auf herkömmlichen Kunststoffverarbeitungsmaschinen zu neuen Kunststoffteilen verarbeiten. Die Lösungsmittel werden komplett zurück gewonnen und im Prozess wieder eingesetzt (Bild 2).

Die eingesetzten CreaSolv-Lösungsmittel der Firma CreaCycle unterscheiden sich dabei aber deutlich vom gängigen Lösungsmittelbild. Sie sind ungiftig, biologisch abbaubar und weisen einen niedrigen Dampfdruck auf. Diese Eigenschaften ermöglichen einen sicheren Umgang und auch einen verantwortbaren Anlagenbetrieb.

Die Mitarbeiter des Fraunhofer IVV verfolgten das Verhalten der bromierten Flammgeschutzmittel, Dioxine und Furane in dem oben genannten Verfahrensschema mithilfe aufwendiger Analysetechnik (GC-ECD bzw. GC-HRMS). Und tatsächlich, die Bromverbindungen werden zwar mit den Zielkunststoffen gelöst, verbleiben bei geeigneter Prozessführung aber in der Fälllösung. Somit enthalten die entstehenden Kunststoffpartikel aufgrund der hohen Abreicherungsraten nur noch geringe Restmengen bromierter Flammgeschutzmittel (Bild 3).

Material- und mechanische Werkstoffprüfungen der CreaSolv-Produkte kann-

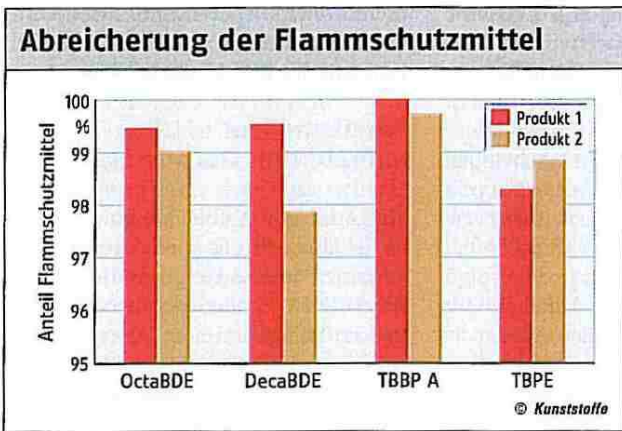


Bild 3. Mit dem CreaSolv-Prozess erreichte Abreicherungsraten für die Flammgeschutzmittel Oktabromdiphenylether (OctaBDE), Dekabromdiphenylether (DecaBDE), Tetrabrombisphenol A (TBBP A) und 1,2-Bis-Tribromphenoxyethan (TBPE)

kromolekulare Grundgerüst der Zielpolymeren ABS und HIPS anzugreifen. Das entwickelte und bereits patentrechtlich geschützte Verfahren ist inzwischen als CreaSolv-Prozess bekannt (CreaSolv ist eine registrierte Marke der CreaCycle GmbH, Grevenbroich)[2].

Der Prozess beginnt in großen Rührbehältern, in denen die Kunststoff-Chips mit Lösungsmitteln vermischt werden. Dort lösen sich die Zielkunststoffe auf, während die ungelösten Fremdmaterialien und -polymere in geeigneten Modulen herausgefiltert werden können. Gibt man zu dieser filtrierten Lösung eine zweite Flüssigkeit hinzu, die nicht in der

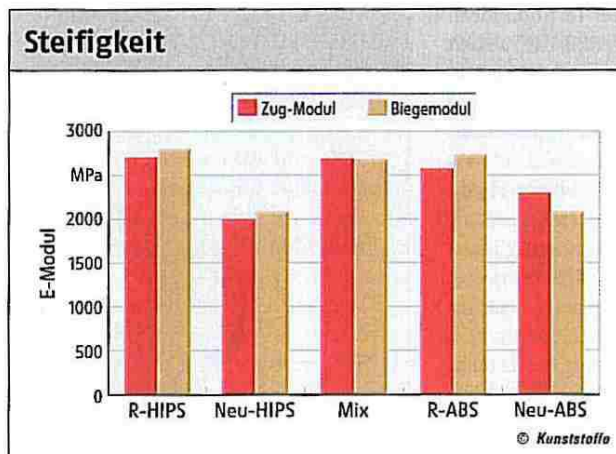


Bild 4. Typische E-Module von CreaSolv-Produkten (Mix: ABS/HIPS-Mischung)

ten ebenfalls überzeugen. Weder mit FT-IR noch mittels DSC lassen sich Fremdpolymere im Material nachweisen. Zug- und Biegeprüfungen zeigen E-Module über den Neuwarespezifikationen (Bild 4). Aktuelle Versuche belegen weiterhin das Potenzial, dem Rezyklat durch Nachadditivierung definierte Produkteigenschaften zu verleihen.

Stand der Technik und Wirtschaftlichkeit

Insgesamt zeichnet sich ab, dass am Freisinger Fraunhofer IVV ein gangbarer Weg für kunststoffreiche Abfälle aus der Elektroaltgeräteverwertung aufgezeigt wurde. Er erschließt die lohnenden Kunststoffressourcen und kann gut mit der gängigen Verbrennung oder dem Asienexport konkurrieren. Nach anfänglichen Laborversuchen wurde der Prozess inzwischen erfolgreich hochskaliert.

Für die industrielle Umsetzung ist vor allem die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens entscheidend. Die wurde in den vergangenen drei Jahren vom britischen Waste and Resources Action Programme (WRAP) eingehend evaluiert. Trotz der auf den ersten Blick aufwendigen

Verfahrensführung bewerteten die englischen Experten den CreaSolv-Prozess im Vergleich zu alternativen Behandlungsmethoden als umweltfreundlichsten und auch als wirtschaftlichsten Prozess. Auch das österreichische Kompetenzzentrum Elektronik und Umwelt (KERP) hat die Entwicklungstätigkeiten des Fraunhofer IVV über den gleichen Zeitraum begleitet und bewertet die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens ebenfalls sehr positiv.

Ausblick

Diese unabhängige, externe Bewertung europäischer Kooperationspartner wirkte sich sehr positiv auf die technische Umsetzung aus. WRAP hat inzwischen eine Lizenz erworben. Im kommenden Jahr wird am Fraunhofer IVV eine Demonstrationsanlage installiert. Aufgrund bestehender Investorenkontakte zeichnen sich weiterhin industrielle Umsetzungen an mehreren europäischen Standorten ab. ■

LITERATUR

Die Literaturquellen sind unter der E-Mail-Adresse karin.agulla@ivv.fraunhofer.de abrufbar.

DIE AUTOREN

DR. MARTIN SCHLUMMER arbeitet seit 1999 am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV in Freising.

DR. ANDREAS MÄURER leitet seit 2005 die Abteilung Kunststoff-Recycling am IVV in Freising.

KARIN AGULLA ist in der Abteilung Planung und Kommunikation im Fraunhofer IVV seit 1996 zuständig für Presse und Öffentlichkeitsarbeit; karin.agulla@ivv.fraunhofer.de

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

That's the "Solution"

E+E RECYCLING. *End-of-life electrical and electronics devices are providing the plastics of the future: the metal content of discarded devices is extracted by primary recyclers using industrial-scale shredders while the plastic-rich residue is removed in a specially designed process that employs selective, ecologically sound solvents.*

*NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on our website by entering the document number **PE104216** at www.kunststoffe-international.com*

CreaSolv® ist eine eingetragene Marke der CreaCycle GmbH