

Technische Bürsten mit Polyamidfasern werden vielfältig eingesetzt, z.B. für das Entgraten von Werkstücken, für die Oberflächenbehandlung oder die Werkstückreinigung (Bild: Hahl)

Werte wiedergewinnen

Recycling. Lösemittelbasierte Verfahren bieten neue Ansätze für ein ökonomisch interessantes Recycling thermoplastischer Stoffverbunde. Diese lassen sich sowohl für Produktionsabfälle als auch für End-of-Life-Produkte anwenden. An zwei Fallbeispielen wird beschrieben, wie sich durch Wiedergewinnung von u.a. Polyamid und ABS bzw. ABS-Blend Rohstoffverluste minimieren lassen. Das entlastet gleichzeitig die Umwelt.

VERENA MENZ U. A.

Bei einigen thermoplastischen Kunststoffprodukten geht die Herstellung mit erheblichen Mengen an Produktionsabfällen einher. Während reine Kunststofffraktionen gute Sekundärrohstoffpreise erzielen, ist das Wiederverwerten von Kunststoffverbunden mit partikulären Verunreinigungen eine große Herausforderung. Herkömmliche Aufbereitungstechnologien wie die Vermahlung und Regranulierung scheitern bei abrasiven Bestandteilen im Verbund. Klassische Reinigungsverfahren wie die Schmelzefiltration erzielen geringere Reinheiten.

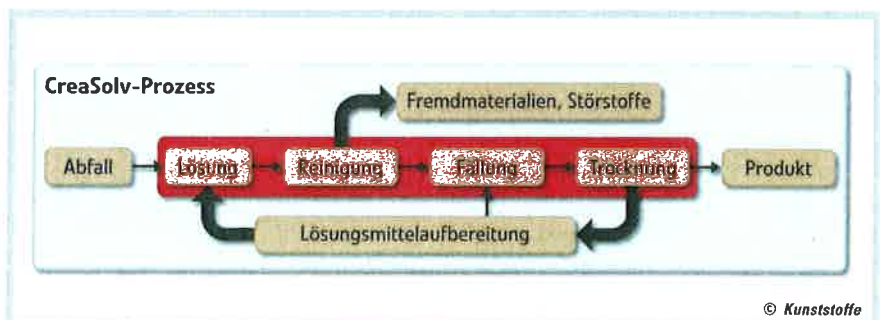
Basierend auf Vorarbeiten aus den 1990er-Jahren entwickelte das Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV), Freising, zusammen mit der CreaCycle GmbH, Grevenbroich, den CreaSolv-Prozess (CreaSolv ist eine eingetragene Marke der CreaCycle

GmbH). Dieses industrialisierbare lösmittelbasierte Trennverfahren ist auch anwendbar für Verbundwerkstoffe mit thermoplastischer Matrix: Durch das selektive Lösen der Kunststoffanteile können die Fraktionen weitgehend sortenrein abgeschieden werden. Sowohl auf der Kunststoffseite als auch für die übrigen separierten Fraktionen resultieren Sekundärwerkstoffe auf dem Eigenschaftsniveau von Neuware. Damit ermöglicht der Einsatz dieses Verfahrens den Kreislaufschluss, was Produktions-

ausschuss und Ressourcenbedarf reduziert und den Ausstoß an umweltbelastendem Kohlendioxid senkt.

Als Prozessalternative hat sich das Vinyloop-Verfahren zur lösemittelbasierten Wiederverwertung von PVC (Solvay Plastics) seit Jahren im Kabelschrottreycling bewährt.

Wie die nachfolgenden Beispiele zeigen, wird das lösmittelbasierte Thermoplast-Recycling nun auch in mittelständischen Mengengerüsten wirtschaftlich interessant.



© Kunststoffe

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111051

Bild 1. Ablaufschema des CreaSolv-Prozesses: Der Prozess ermöglicht das Recycling von Kunststoffverbundabfällen durch selektives Lösen der Polymerfraktion (Bilder 2 bis 8: IVV)



Bild 2. Im CreaSolv-Prozess wird getrocknetes PA 612-Rezyklatpulver gewonnen und daraus ein Regranulat hergestellt



Bild 3. Schleifborsten aus rezykliertem PA 612 im Vergleich zum Referenzprodukt (unten)

Fallbeispiel 1: Wiedergewinnung von PA 612

Als Produzent synthetischer Fasern aus Polyamid-Trägermaterial, beladen mit abrasivem Schleifkorn (Diamant, Siliziumkarbid, Keramik), ist die Hahl Filaments GmbH, Munderkingen, ein wichtiger Zulieferer für Hersteller technischer Bürsten (Titelbild). Die Jahresproduktion beträgt etwa 800 t Schleiffilamente, wobei prozessbedingt bis zu 160 t an Produktionsabfällen anfallen. Entsorgung und Rohstoffwertverlust summierten sich auf bis zu 1 Mio. EUR (Tabelle 1). Mithilfe des CreaSolv-Prozesses (Bild 1) fand sich eine Möglichkeit zur Rückgewinnung des Schleifkorns als auch des hochwertigen Polyamid (PA 612)-Trägermaterials. Da-

bei galt es, den zuvor nur im kleintechnischen Maßstab erprobten Prozess [1 bis 5] in eine industrielle Anwendung zu überführen.

Für die verschiedenen Schritte des CreaSolv-Prozesses wurden kleintechnisch Anlagenkomponenten evaluiert, die der hohen Abrasivität der Schleiffilamente und den Lösungsmittelformulierungen standhalten. Gleichzeitig wurde mit CreaSolv-PA6 ein umweltfreundliches und

tration mit einem diskontinuierlichen Kerzenfilter untersucht. Beide Verfahren erzielten gute Abscheideergebnisse. Auf eine Fällung zur weiteren Reinigung der Polymerlösung konnte verzichtet werden: Sie ist technisch nicht notwendig. Darüber hinaus wird so Prozessenergie eingespart.

Das Trocknen der Polyamidlösung und die Rückgewinnung des Lösungsmittels erfolgten als dreistufiger komplexer Trocknungsprozess: Dabei wurde die latente Wärmeenergie genutzt und ein Großteil des Lösungsmittels abgetrennt. Bei dieser Vorgehensweise fällt das getrocknete PA-Rezyklat als Granulat an und kann in dieser Form im Ausgangsprodukt zur Herstellung neuer Schleifilamente eingesetzt werden.

Erfolgreiche Musterproduktion: Aufbauend auf diese Vorarbeiten wurde am Fraunhofer IVV eine kleintechnische Versuchsanlage installiert und ein Explosionsschutzdokument angelegt. Die kleintechnische Anlage endete mit der ersten Trocknungsstufe. Die nachfolgende Vakuumtrocknung und Granulierung erfolgte extern.

Im Dauerbetrieb der kleintechnischen Anlage erwies sich das Verfahrenskonzept über Sedimentation und 3-stufige Trocknung als robust. Für die Musterproduktion wurden die in Tabelle 2 genannten Arten von Schleifborstenabfall batchweise mit mindestens fünf Ansätzen und 6 bis 10 kg Abfall pro Ansatz verarbeitet. Die Produktcharakterisierung über Gelpermeationschromatographie (GPC) und Viskositätsmessungen für das Polyamid-Rezyklat und per Rasterelektronenmikroskopie für das Schleifkorn ergab sehr gute

Wertstoff	Anteil im Abfall (%)	Wertverlust [EUR/Jahr]
Polyamid	81,3	886 720
SiC	18	
Diamant	0,2	
Keramik	0,5	

Tabelle 1. Anteile von Produktionsabfall bei der Herstellung von Schleiffilamenten (Quelle: Hahl)

i Kontakt

Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV
 D-85354 Freising
 TEL 08161 491-0
 → www.ivv.fraunhofer.de

Deutsche Bundesstiftung Umwelt
 D-49090 Osnabrück
 TEL 0541/9633-0
 → www.dbu.de

kennzeichnungsfreies Lösungsmittel entwickelt, das imstande ist, PA 612 innerhalb von 10 min zu lösen (Erstellungszeit für eine 20 %ige PA 612-Lösung).

Nach Auflösen des PA 612-Trägermaterials entsteht eine Schleifkorn-Suspension in einer viskosen Polymerlösung, wobei das Körnungsspektrum des Schleifkorns je nach Inputmaterial variiert. Da über 98 % der Schleifborsten eine mittlere Körnung von über 10 µm aufweisen, wurde dieser Wert als minimales Trennziel angesetzt. Als Reinigungsprinzipien wurden sowohl die Sedimentation als auch die Fil-

Qualitäten. Allerdings waren durch die Nachgranulierung des PA 612-Pulvers zunächst eine deutliche Verfärbung (Bild 2) und ein Qualitätsverlust des Materials zu beobachten, der im Einsatz eine geringere Biegesteifigkeit der aus 100 % Rezyklat gefertigten Schleifilamente ergab (Bild 3).

Nach Optimierungsarbeiten (s. [6]) verbesserte sich die Biegesteifigkeit der Rezyklat-Schleifilamente mit abnehmendem Lösungsmittelrestgehalt (Bild 4). Da die Lösungsmittelrestgehalte in den Laborversuchen des IVV mit nur 0,04 % noch deutlich niedriger lagen, besteht hier

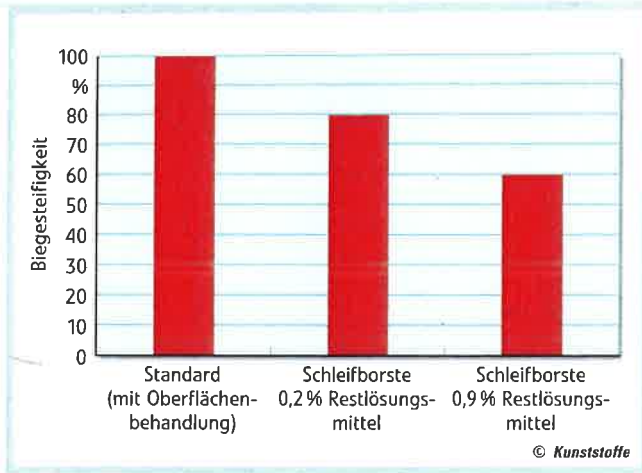


Bild 4. Biegesteifigkeit der rezyklierten Schleifborsten mit unterschiedlichen Lösungsmittelrestgehalten im Vergleich zum Referenzprodukt

list der Automobilindustrie produziert Wafa rund 2500 t/a galvanisch verchromte Kunststoffteile für den Exterieur-, Interieur- und Motorbereich von Automobilen. Dabei fallen bis zu 250 t galvanisierter Produktionsabfall an. Die Teile bestehen im Mittel aus 80 % ABS (PC+ABS-Blend), 12 % Kupfer, 8 % Nickel und 0,4 % Chrom. Allein am Kunststoffanteil des Produktionsabfalls verliert das Unternehmen jährlich etwa 210000 EUR. Bei einer erfolgreichen Umsetzung des neuen Recyclingverfahrens könnte Wafa seine Ausgaben für Rohstoffe um zusätzliche 400000

weiteres Optimierungspotenzial. Weitere Optimierungsmöglichkeiten bietet der Verschnitt mit Frischpolymeranteilen von beispielsweise 50 %. Alternativ können Rezyklat-Pulverpresslinge in die Produktionslinie dosiert werden, um die zusätzliche thermische Belastung durch die Regranulierung zu vermeiden.

Das Recycling-Schleifkorn konnte auf der Produktionslinie von Hahl wie Neuware eingesetzt werden. Nach einer auch für die Neuware standardmäßigen Oberflächenbehandlung bindet das Recycling-schleifkorn gut an die Polyamidmatrix an (Bild 5).

Umsetzung und Umweltpotenzial: Ausgehend von den guten Ergebnissen aus der Musterproduktion plant Hahl nun die industrielle Umsetzung und damit die erste Referenzanlage für den CreaSolv-Prozess. Der Produktionsstart der neuen Recyclinganlage ist für Anfang 2013 avisiert. Da der Energiebedarf für das Recycling von 1 kg Schleifkorn nur 5 % des Werts der Neuware-Produktion beträgt, resultiert neben den wirtschaftlichen Vorteilen und der gesteigerten Rohstoffeffizienz auch eine Energieeffizienzsteigerung um den Faktor 20. Bezogen auf das Recycling der gesamten Abfallmenge von Hahl werden dadurch die Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid um annähernd 900 t/a gesenkt. Gelingt es, durch ein Rücknahmesystem auch die Schleifborstenabfälle der Hahl-Endkunden zu akquirieren und wiederzuverwerten, könnten die Kohlendioxid-Emissionen um weitere 3600 t gesenkt werden.

Fallbeispiel 2: Wiedergewinnung von ABS bzw. dessen Blend

Auch das Recycling von galvanisierten Kunststoffteilen ließe sich mit dem CreaSolv-Prozess umsetzen, wie erfolgreiche Vorarbeiten am Fraunhofer IVV belegen. In einem Entwicklungsprojekt des IVV

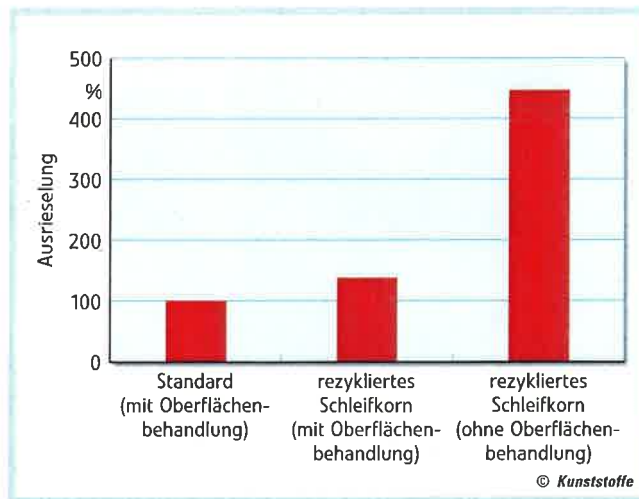


Bild 5. Ausrieselungsgrad als Maß für die Bindung des Schleifkorns an die Polymermatrix

mit dem Kunststoff-Compoundeur Sysplast GmbH & Co. KG, Nürnberg, wird zurzeit aber ein alternatives Verfahrenskonzept untersucht, das eventuell geringere Investitions- und Betriebskosten aufweist als der CreaSolv-Prozess: Eine polymerschonende Schmelzefiltration gequollener Galvanikabfälle, die nur geringe Lösungsmittelmengen benötigt und sich auf klassischen Extrusions- oder Spritzgießanlagen umsetzen lässt.

Industriepartner dieses Projekts ist die Wafa Kunststofftechnik GmbH, Augsburg. Als technologieorientierter Modulspezia-

EUR/a senken. Durch das Einsparen von Neuware würden gleichzeitig knapp 3000 t Kohlendioxid weniger emittiert. Das Wegfallen von Transporten würde weitere Kosten- und Umweltentlastungen bedeuten.

Ausgehend von Labor- und kleintechnischen Versuchen am IVV wird zurzeit beim Projektpartner Sysplast für das neue Recyclingverfahren eine Musterproduktion nach folgendem Prinzip realisiert (Bild 6): Der gemahlene galvanisierte Kunststoffabfall (Bild 7) wird in einem Extruder aufgeschmolzen. Anschließend wird ein kennzeichnungsfreies Quellmit-

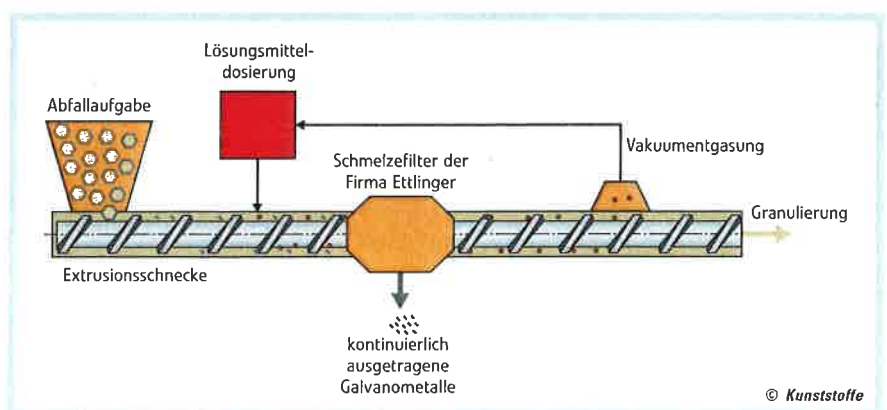


Bild 6. Prinzipskizze des Schmelzefiltrationsverfahrens für gequollene Galvanikabfälle

tel – Lösungsmittel oder Weichmacher – zudosiert, um die Viskosität der Schmelze durch Polymerquellung zu verringern. Es folgt die Filtration in einem kontinuierlich arbeitenden Schmelzefilter der Ettlinger Kunststoffmaschinen GmbH, Königsbrunn. Durch die Quellung verringert sich der Filtervordruck signifikant (Bild 8), was zu geringerem Energieaufwand, geringerer Materialbelastung und wesentlich verbesserter Filtrationsleistung führt. Die geringere Scherbelastung der Schmelze führt auch zu einer reduzierten „Nach-Zerkleinerung“ der Partikel aus den Galvanikschichten. Nach der Filtration genügt es, das Lösungsmittel an einem Vakuumentgasungsdom aus der Schmelze zu entfernen und zuletzt das zurückgewonnene Polymer zu granulieren. Die abgefilterten Galvanometalle werden kontinuierlich ausgetragen und stehen für eine Kreislaufführung nach dem Stand der Technik bereit.



Bild 7. Galvanisierter Kunststoffabfall, Ausgangsmaterial für den Recyclingprozess

ten, das neue Recyclingverfahren am Standort Augsburg als wirtschaftliche und kompakte Anlage mit einer Kapazität von 500 t/a umzusetzen. Darüber hinaus können die Projektergebnisse voraussichtlich auch auf weitere Kunststoffabfälle mit partikulären Verunreinigungen übertragen werden, beispielsweise auf

den entsprechenden Umweltentlastungen durch eine vermehrte Rohstoff- und Energieeffizienz sowie eine wegfallende Abfalltransport-Logistik. ■

DANK

Dank gilt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, die die beiden Entwicklungen finanziell unterstützte.

LITERATUR

- 1 Freegard, K; Tan, Gayle; Morton, Roger: Final report of WRAP Project PLA-037: Develop a process to separate brominated flame retardants from WEEE polymers. Banbury, 2006.
- 2 Schlummer, M; Mäurer, A.; Leitner, T.; Spruzina, W.: Report: Recycling of flame-retarded plastics from waste electric and electronic equipment (WEEE). Waste management & research 24 (2006), S. 573-583.
- 3 Mäurer, A.; Schlummer, M.; Wolz, G.: Recycling von Abfällen expandierter Polymerschäume zu erneut expandierbaren Produkten. DE 10207333A1.
- 4 Mäurer, A.; Schlummer, M.: Reine Kunststoffe aus Shredderrückständen. Umwelt Magazin, Januar/Februar 2008, S. 35-36.
- 5 Schlummer, M.; Mäurer, A.; Agulla, K.: „Das ist die „Lösung“! In: Kunststoffe 12/2008, S. 89-91.
- 6 Mrozyk, M.; Schlummer, M.; Mäurer, A.: Energie- und Ressourceneffizienzsteigerung durch Recycling von Schleifkorn und Polyamid aus Abfällen der Schleifkornproduktion mit dem CreaSolv-Verfahren. DBU-Projektabschlussbericht, Osnabrück 2011.

DIE AUTOREN

DIPL.-BIOL. VERENA MENZ, geb. 1973, ist als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Zentrum für Umweltkommunikation der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, tätig.

DR.-ING. JÖRG LEFÈVRE, geb. 1962, ist bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, verantwortlich für die Projektförderung umwelt- und gesundheitsfreundlicher Verfahren in der industriellen Produktion.

DR. MARTIN SCHLUMMER, geb. 1971, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, Freising.

Bezeichnung	Korngrößenbereich (µm)	Schleifkornmaterial	Abfallart
K46	ca. 300-410	SiC	Produktionsabfall
K80	ca. 180-240	SiC	Produktionsabfall
K240	44+/-2	SiC	Produktionsabfall
pc K80	ca. 180-240	SiC	Post Consumer-Abfall

Tabelle 2. Liste der untersuchten Schleifbürstenabfälle (Quelle: IVV)

Geprüfte Polymerqualität: Die Qualitätsbewertung des filtrierten Polymers erfolgt zum einen chemisch-analytisch per Röntgenfluoreszenz auf Metallrestgehalte und per Headspace-GC auf Restlösungsmittel. Zum anderen werden der Schmelzindex als Maß für die Viskosität, die Kugeldruckhärte nach Erichson und die Charpy-Schlagzähigkeit mit mechanischer Prüftechnik untersucht. Gelingt mit der vorgestellten Technologie eine ausreichende Abscheidung der Galvanikschicht und erreichen die Kunststoffzyklate ausreichende Qualitäten, plant Wafa nach Abschluss der Optimierungsarbei-

- die Rückgewinnung von Polycarbonat aus CDs und DVDs,
- metallstaubhaltige, kunststoffreiche Shredderleichtfraktionen,
- Produktionsabfälle von Metall-Kunststoffverbunden sowie
- Aluminium-PE-Verbunde (Getränkemarkt).

Für beide vorgestellten Kunststoff-Recyclingverfahren liegen die Konversionskosten auch in mittelständischen Mengengerüsten deutlich unterhalb der Neuwauerkosten. Damit eröffnen sich in der mittelständischen Kunststoffindustrie viele weitere Anwendungsmöglichkeiten mit

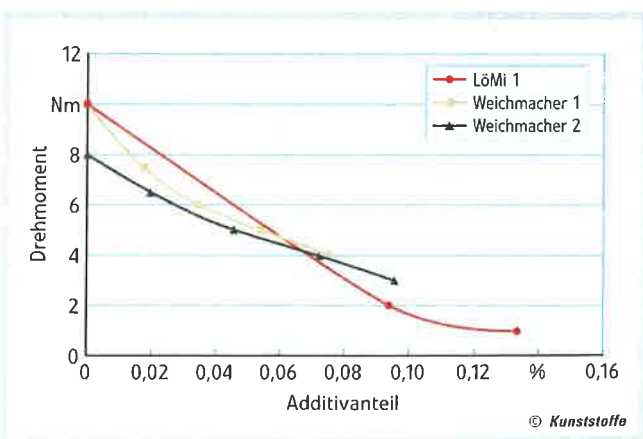


Bild 8. Verlauf des Antriebsmoments am Schmelzefilter in Abhängigkeit von der Quellungsmitteladditivierung