

**Upcycling.** Beim Recycling von Produktionsabfällen bis hin zu Post-Consumer-Abfällen aus Sammelsystemen ist die Verarbeitung immer mit Qualitätsschwankungen des Eingangsmaterials konfrontiert. Die Kombination von bewährter Recycling- und Compoundingtechnologie ermöglicht nun die Aufbereitung zu besser spezifiziertem Rezyklat für vielseitige und anspruchsvolle Anwendungen.

# Rezyklat veredeln

THOMAS HOFSTÄTTER

**K**unststoff wird als wertvoller Sekundärrohstoff mehr und mehr zum wachsenden Wirtschaftsfaktor. Die Gründe sind naheliegend. Während die Kunststoffproduktion im letzten Jahrzehnt um ca. 8 % pro Jahr gestiegen ist, schwinden im Gegensatz dazu die Ressourcen der Primärrohstoffe immer drastischer. Fazit ist, dass die Rohmaterialpreise immer weiter steigen. Hochwertiges Sekundärrohmaterial gewinnt somit mehr und mehr an Bedeutung. Allerdings ist man im Gegensatz zu Neuware bei Kunststoffabfällen aus der Produktion bis hin zu Post-Consumer-Abfällen aus Sammelsystemen in zunehmendem Maß mit Qualitätsschwankungen konfrontiert. Einflussfaktoren sind hier Mischfraktionen von unterschiedlicher Zusammensetzung, Feuchtigkeit, Viskosität, Verschmutzungsart und -grad, aber auch gerade im Verpackungsbereich von unterschiedlich bedruckten und laminierten Materialien.

In der Praxis ist dies oft der limitierende Faktor bei der Anwendung von Rezyklaten, da mit schwankenden Eigenschaften sowohl die Anwendungsmöglichkeiten als auch der Rezyklatanteil in potenziellen Endprodukten sinken. Der Recyclinganlagenhersteller Erema GmbH, Ansfelden/Österreich, zeigt mit der neuen Produktreihe Corema wie bewährte Recyclingtechnologie in Kombination mit Compoundingtechnologie die Produktion von besser spezifizierten Rezyklaten ermöglicht (**Bild 1**). Durch gezielte Eigenschaftsverbesserung können die aufbereiteten Materialien wieder anspruchsvolle Anforderungen erfüllen.

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU111304



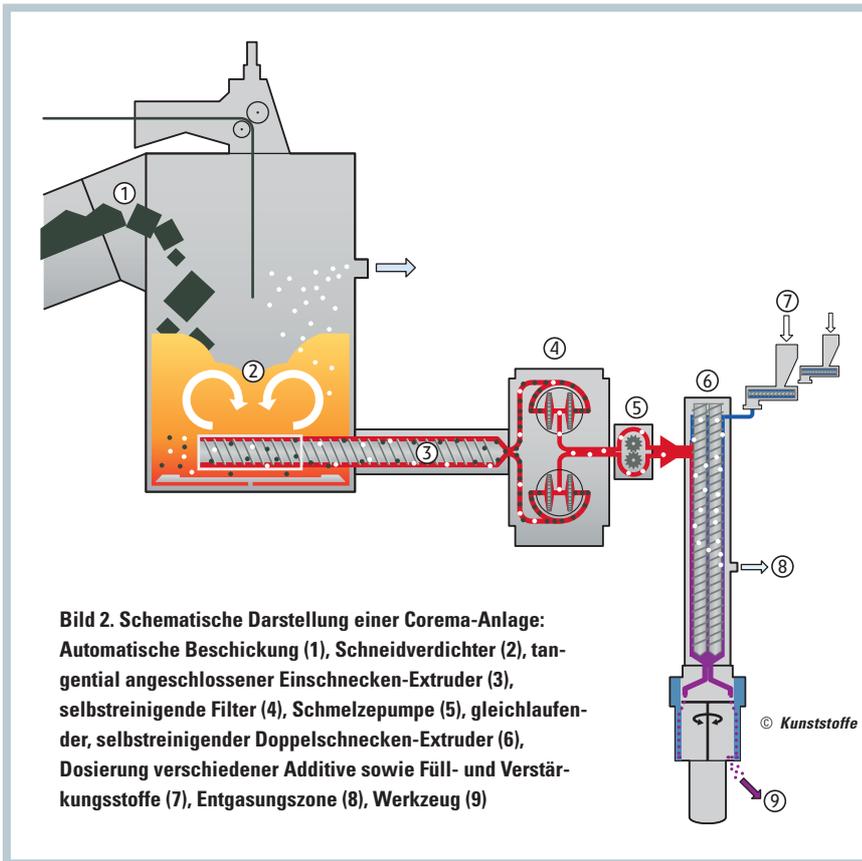
**Bild 1. Recycling und Compounding in einem Schritt** (Bilder: Erema)

## Das Funktionsprinzip

Mit Corema werden erstmals die Vorteile von Recycling und Compounding in einem Prozessschritt kombiniert. Dabei können Qualitätsschwankungen der Eingangsmaterialien durch den Einsatz von bewährter Recyclingtechnologie und dem Mischen mit Füll- und/oder Verstärkungstoffen ausgeglichen und ein an die Endanwendung angepasstes Eigenschaftsprofil realisiert werden. Die Compoundingtechnologie stammt dabei von der Coperion GmbH, Stuttgart, einem weltweit führenden Unternehmen in diesem Segment.

Im ersten Schritt wird günstiges Recycling-Rohmaterial (z. B. PP-Vlies, PE-Randstreifen, PA-Fasern etc.) mit der bewährten, robusten Erema-Technologie zu filtrierter Schmelze aufbereitet. Dabei arbeitet die Recyclinganlage mit dem patentierten Schneidverdichter und einem tangential angekoppelten

Einschnecken-Extrusionssystem. Die Beschickung erfolgt automatisch: loses Material wird über ein Aufgabeförderband, Folie auf Rollen direkt über einen Rolleneinzug zugeführt. Der Schneidverdichter zerkleinert und homogenisiert das Aufgabematerial mit rotierenden Schneidwerkzeugen. Gleichzeitig wird das Aufgabegut ausschließlich durch die entstehende Aufbereitungswärme getrocknet und für den Einzug in den Extruder verdichtet. Das vorgewärmte Material gelangt in den direkt tangential angeschlossenen Einschnecken-Extruder und wird plastifiziert, homogenisiert und im vollautomatischen, selbstreinigenden Filter gereinigt. Für den zweiten Schritt wird dann die aufbereitete und gereinigte Schmelze mittels Schmelzpumpe direkt einem gleichlaufenden, selbstreinigenden Doppelschnecken-Extruder von Coperion zudosiert. Dieser flexible Anlagenteil ist so modular aufgebaut, dass



er mit seinen exzellenten Misch- und Entgasungseigenschaften an jede individuelle Aufgabenstellung anpassbar ist. Neben der Dosierung von verschiedensten Additiven können sowohl Füll- und Verstärkungsstoffe in hohen Mengen zugemischt werden (z. B. 75% CaCO<sub>3</sub>, 70% Talkum oder 50% Glasfasern) als auch Neuware bei der Produktion von Polymer-Blends. In der Entgasungszone wird die compoundingierte Schmelze entgast und dem jeweiligen Werkzeug zugeführt (Bild 2).

Besonders die kurzen, definierten Verweilzeiten und die direkte Dosierung der Schmelze in den Doppelschnecken-Extruder vermindern die thermische Belastung für das Material enorm. Zudem sinken die Betriebskosten und das modula-

re Anlagenkonzept ermöglicht die optimale Abstimmung auf die jeweilige Anwendung.

Resümierend zeichnet sich das Corema System vor allem durch die Flexibilität hinsichtlich möglicher Einsatzmaterialien und Anlagen-Konfigurationen aus und ist sowohl für kleinere Mengen von 300 kg/h als auch für Großmengen von bis zu 4 t/h erhältlich.

### Hochgefüllte PP/Talkum-Rezyklate

Mit einer Menge von ca. 300 000 t/a gehört Talkum neben Kalziumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>) in Europa zu den wichtigsten mineralischen Füllstoffen, hauptsächlich für Polypropylen (PP). Es verbessert die

Steifigkeit, Härte und Wärmeformbeständigkeit und ist zudem säurebeständig, also chemisch praktisch inert. In Europa werden pro Jahr 600 000 t PP/Talkum-Compounds mit einem Anteil von 20 % Talkum eingesetzt, was einer Talkummenge von ca. 120 000 t entspricht. Der Einsatz erfolgt hauptsächlich in den Bereichen Haushaltsgeräte, Automobil-, Bau- und Elektroindustrie (Bild 3). Von dieser Jahresmenge produzieren Compoundeure bereits ca. 60 000 t auf Basis von Recyclingmaterial. Die Automobilindustrie verarbeitet dabei mit einem Anteil von über 50 % die größte Menge dieser PP/Talkum-Rezyklate. Laut Prognose soll der jährliche Gesamtwert um weitere 47 000 t steigen.

Ein konkretes Anwendungsbeispiel sind Produktionsabfälle von Vliesstoffen für die Bauindustrie, die mit Corema zu hochgefüllten Rezyklaten mit bis zu 70 % Talkum verarbeitet werden. Die physikalischen Eigenschaftsprofile verschiedener PP/Talkum-Regranulate auf Basis von Vliesstoffabfällen (mit einem Talkumgehalt von bis zu 40 %) sind in Tabelle 1 dargestellt.

Zur qualitativen Beurteilung der Dispergierung wurden die hochgefüllten Regranulate auf einer Laborflachfolienanlage (Hersteller: OCS GmbH, Witten) zu einer Musterfolie verarbeitet. Bild 4 dokumentiert die Dispergierwirkung für ein Folienmuster, das aus Regranulat mit einem Talkumanteil von 70 % und PP-Homopolymer hergestellt wurde.

Die gefüllten Rezyklate können also direkt für die Produktion von Endanwendungen eingesetzt werden oder auch als hochgefülltes Regranulat in die Produktion von PP/Talkum-Compounds einfließen. Der Vorteil bei der Verwendung als hochgefüllte Variante ist, dass Qualitätsschwankungen des rezyklierten Eingangsmaterials durch das Mischen mit einer großen Menge Talkum kompensiert werden können (im genannten Beispiel fungiert das PP-Vlies sozusagen als Trä-

				Bauvlies Produktionsabfall				
				natur	Omya Talco SD 20			Lithos Talk LP 10
Eigenschaft	Prüfnorm	Anmerkung	Einheit	100 %	20 %	30 %	40 %	20 %
MFR	ISO 1133	(230 °C/2,16 kg)	[g/10 min]	35	31	25	21	51
Zugmodul E <sub>t</sub>	ISO 527-2	(1 mm/min)	[Mpa]	1400	2300	2900	3600	2700
Zugfestigkeit σ <sub>M</sub>	ISO 527-2	(5 mm/min)	[Mpa]	34	27	26	26	30
Bruchdehnung ε	ISO 527-2	(5 mm/min)	[%]	>100	55	31	2	5
Charpy a <sub>cu</sub>	ISO 179/1eU	(+23 °C)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	95	35	26	19	24

Tabelle 1. Eigenschaften gefüllter PP/Talkum-Rezyklate aus Produktionsabfällen von PP-Vliesstoffen mit unterschiedlichen Talkumtypen

germaterial). Daraus resultiert, dass sich der Einsatz von Recyclingmaterialien attraktiver gestaltet, da dem Endprodukt höhere Regranulatanteile beigemischt werden und somit auch Compoundeure nachhaltiger wirtschaften können.

### Gewaschene Silagefolie und CaCO<sub>3</sub>

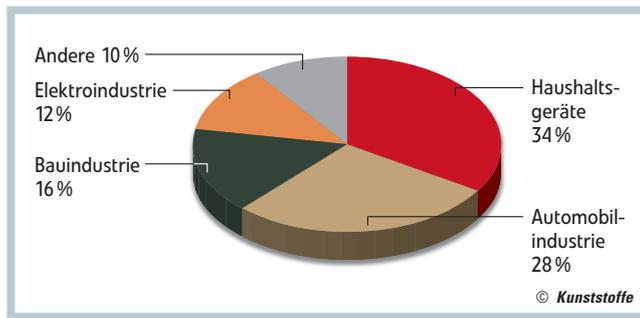
Mit einem laut britischem Marktforschungsinstitut Applied Market Information (AMI) europaweiten Kunststoffverbrauch von rund 545 000 t im Jahr



**Bild 4. Flachfolienmuster (Breite: 60 mm), hergestellt auf einem OCS Messextruder ME25/25D-V3; Material: 23 % hochgefülltes PP-Vlies/Talkum Rezyklat (Talkumgehalt 70 % Omya Talco SD 20) + 77 % PP-Homopolymer**



**Bild 5. Waschschnitzel aus stark verunreinigter Agrarfolie (links), aufbereitet mit Corema 1108 T (Filtersystem Erema SW 4/134 RTF, 300 µm) zu Regranulat mit 75 % CaCO<sub>3</sub>-Anteil**



**Bild 3. Einsatz von PP/Talkum in den Bereichen Haushaltsgeräte, Automobil-, Bau- und Elektroindustrie**

Verschmutzungsgrad durch mineralisches und organisches Material (**Bild 5 links**) dieser weichen und meistens nur rund 25 bis 100 µm dünnen Folien für eine schwierige und aufwendige Verarbeitung. Da sie aber aus hochwertigen Kunststoffen wie PE-LD (Low-Density-Polyethylen) und PE-LLD (Linear Low-Density-Polyethylen) bestehen, sind sie als Rezyklate sehr gefragt und können in hoher Qualität gute Preise erzielen.

Dieses Recycling-Rohmaterial eignet sich z. B. hervorragend als Trägerpolymer für die Produktion von hochgefüllten Kalziumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>)-Regranulaten. Mit der Corema Technologie können hier Füllgrade bis zu 75 % CaCO<sub>3</sub> erreicht



Corema Systems erfolgt im ersten Teil der Anlage, der Schneidverdichter-Extruder-Kombination, die Aufbereitung der gewaschenen Agrarfolienstücke zu einer entgasen, filtrierten Schmelze. Eine Luftspülung sorgt unterstützend dafür, dass ein Großteil der verbliebenen Feuchtigkeit aus dem vorgewärmten Material verdunstet. Die aufbereitete Schmelze wird über die Schmelzeleitung direkt dem zweiten Teil der Anlage, dem gleichlaufenden Doppelschneckenextruder, zugeführt und dort mit bis zu 75 % CaCO<sub>3</sub> vermischt. Das Ergebnis ist ein hochgefülltes PE-LLD-Regranulat mit engeren Qualitätsbandbreiten und einer hervorragenden Verteilung des Füllstoffes durch die Dispergierwirkung des Doppelschneckenextruders. Die Qualität der Dispergierung ist auf **Bild 6** anhand einer aus hochgefülltem Regranulat hergestellten Folienprobe dargestellt.

### Airbags und Glasfasern

Eine weitere Anwendung für die Corema-Anlage sind glasfaserverstärkte PA6.6-Rezyklate. Die Eingangsstoffe können sowohl Faserproduktionsabfälle als auch (silikonbeschichtete) Gewebeabfälle sein, die z. B. bei der Produktion von Airbags anfallen (siehe Wertetabelle PA6.6 **Tabelle 2**). Die Herausforderung für die Recyclingtechnologie bei der Aufbereitung von Faserabfällen ist die hohe spezifische

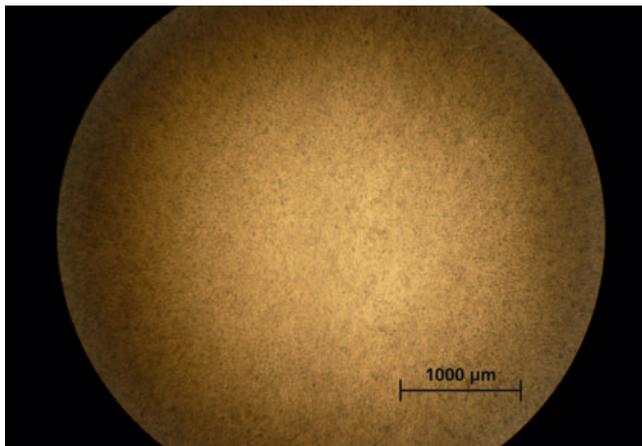
werden. 2011 (EU 27 plus Norwegen und die Schweiz) stellen Agrarfolien einen substantziellen Anteil an Recyclingrohstoffen dar. Allerdings sorgt der meist sehr hohe

werden. Als Eingangsmaterialien dienen gewaschene PE-LLD-Folienstücke mit einem Feuchtigkeitsgehalt von bis zu 8 %. Durch die zweistufige Ausführung des

				PA6.6 Faser und Airbag-Randstreifen Produktionsabfall		
				natur	Glasfaser	
Eigenschaft	Prüfnorm	Anmerkung	Einheit	100 %	15 %	30 %
MFR	ISO 1133	(230 °C/2,16 kg)	[g/10 min]	o. A.	o. A.	o. A.
Zugmodul E <sub>t</sub>	ISO 527-2	(1 mm/min)	[Mpa]	3200	5400	9500
Zugfestigkeit σ <sub>M</sub>	ISO 527-2	(5 mm/min)	[Mpa]	83	120	165
Bruchdehnung ε	ISO 527-2	(5 mm/min)	[%]	14	3	2,5
Charpy a <sub>cu</sub>	ISO 179/1eU	(+23 °C)	[kJ/m <sup>2</sup> ]	95	39	40

**Tabelle 2. Eigenschaften glasfaserverstärkter PA6.6-Rezyklate aus Airbag-Produktionsabfall mit unterschiedlichen Glasfaseranteilen**

**Bild 6. Lichtmikroskopaufnahme eines Blasfolienmusters, hergestellt auf einem OCS Messextruder ME25/25D-V3; Material: 23 % hochgefülltes PE-LLD-Agrarfolien/CaCO<sub>3</sub>-Rezyklat (Kalziumcarbonatgehalt 75 % Zetafil CST2) + 77 % PE-LLD-Neuware**



**Bild 7. PA6.6-Gewebe/Produktionsabfall aus der Airbag-Produktion**



**Bild 8. PA6.6-Rezyklat mit 30 % Glasfaser und Masterbatch black aus PA6.6-Fasern und Airbag-Produktionsabfällen**

Oberfläche dieses Eingangsstoffs. Diese bringt eine erhebliche Anfälligkeit für Verschmutzungen und Feuchtigkeitsaufnahme mit sich, wodurch eine effektive Trocknung und Schmelzefiltration essenziell wird. Hier bietet Corema mit der zweistufigen Kombination aus Schneidverdichter und tangential angekoppeltem Einschnecken-Extruder mit effizienter Schmelzefiltration die ideale Voraussetzung. Im ersten Teil der Anlage wird die gereinigte und getrocknete Schmelze optimal aufbereitet und dann in den zweiten Teil – in den Doppelschnecken-Extruder – dosiert. Dort kann sie mit bis zu 50 % Glasfasern versetzt werden. **Tabelle 2**

Eigenschaften	Norm	Einheiten	Werte
Dichte	ISO 1183	kg/m <sup>3</sup>	1116
MFR (190/2,16)	ISO 1133	g/10 min	1,4
Zug-E-Modul	ISO 527	MPa	580
Zugfestigkeit	ISO 527	MPa	14
Schlagzähigkeit bei RT	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	72
Schlagzähigkeit bei -20 °C	ISO 179/1eU	kJ/m <sup>2</sup>	61

**Tabelle 3. Eigenschaften des Rezyklat-Compounds AsaComp R10230C-60D**

zeigt das Eigenschaftsprofil von glasfaserverstärkten PA6.6-Rezyklaten. Die Produktion erfolgte auf einer Corema 1108 T aus Faser- und Gewebeabfällen aus der Airbag-Produktion (**Bild 7**). Die produzierten Regranulate mit einem Glasfaseranteil von 30 % eignen sich z. B. hervorragend für die Produktion von technischen Spritzgussartikeln.

### Gummimehl als nachhaltiges Füllstoffadditiv

Folgendes Beispiel verdeutlicht das Potenzial von Recyclingmaterial: Zur Verbesserung der Elastizität und von Dämpfungseigenschaften sowie zur Senkung von Kosten bietet sich Gummimehl als nachhaltiges Füllstoffadditiv an. Jährlich fallen allein in Österreich über 50 000 t Altreifen an. Neben der thermischen Entsorgung und dem derzeit noch nicht wirtschaftlichen rohstofflichen Rezyklieren, wie Depolymerisation oder Devulkanisation, kann Altgummi in diversen Mahlverfahren zu Gummigranulat oder Gummimehl vermahlen werden. Dieses Altreifengranulat wird dann als Füllstoff in thermoplastischen Mischungen verwendet und so wieder werkstofflich verwertet.

Asamer Plastics in Österreich produziert diese Gummirezyklate unter den Handelsnamen AsaBatch und AsaComp. Bei den spezifischen Regranulaten von Asamer Plastics kommen sowohl mineralische Rohstoffe, als auch rezyklierte Gummimehle aus der Unternehmensgruppe zum Einsatz.

Ein ebenfalls interessantes Anwendungsbeispiel der Corema-Technologie sind stark bedruckte PP-BO (biaxial verstrecktes Polypropylen)-Produktionsabfälle in Kombination mit 50 % AsaBatch, einem hochkonzentrierten Gummimehlmaterial. Das mit Corema produzierte Regranulat zeichnet sich durch hervorragende Dämpfungseigenschaften aus und ist für Außenanwendungen im Automobil-, Sport-, Freizeit- und Haushaltsbereich und für Bauanwendungen geeignet. Diese und ähnliche hochgefüllte Regranulate werden unter dem Handelsnamen AsaComp vertrieben. Ein Eigenschaftsbeispiel dazu ist in **Tabelle 3** dargestellt.

### Fazit

Durch die Verbindung der Vorteile von Recycling- und Compoundingtechnologie in einem Prozessschritt, inklusive der besonders energiesparenden und umweltfreundlichen ecoSave-Ausführung, können Wirtschaftlichkeit, verantwortungsvoller Umgang mit Ressourcen, Nachhaltigkeit und eine höhere Wertschöpfung erzielt werden. Das Fazit dieser positiven Bilanz spiegelt die Botschaft des Anlagenbauunternehmens Erema wider: „Closing the loop“ ist realisiert. ■

### DER AUTOR

DI (FH) THOMAS HOFSTÄTTER, geb. 1977, ist bei Erema für die verfahrenstechnische Entwicklung von Corema verantwortlich.

### SUMMARY

#### REFINING RECYCLATE

UPCYCLING. When recycling plastics ranging from production to post-consumer waste from collection systems, the process always has to cope with quality fluctuations in terms of the feed material. The combination of proven recycling and compounding technology now enables the production of better specified recyclate for varied and demanding applications.

Read the complete article in our magazine

*Kunststoffe international* and on

[www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)