

# rPET-Blends für hohe Ansprüche

## Herstellung spritzgießfähiger PET-Blends aus Post-Consumer-Kunststoffmischfraktionen

PET-Rezyklate aus unterschiedlichen Werkstoffen und Farben stellen die Recycler vor große Herausforderungen. Die MultiPet GmbH forscht an spritzgießfähigen Blends, mit denen sich hochwertige multistrukturierte Spritzgussteile aus Misch-PET herstellen lassen. Lediglich im Bereich der rezyklierten klaren PET-Proben wurde das gewünschte Eigenschaftsprofil nicht erreicht.

Bunte Mischung:  
Das Recyclen von Mischfraktionen aus Flaschen, Blistern oder Schalen stellt nach wie vor eine große Herausforderung dar

© MultiPet GmbH/Veolia



Gegenüber der Verarbeitung von sortenreinen PET-Flaschen, ist die Verwertung von PET-Mischfraktionen (Flaschen, Blister, Schalen etc.) aus dem Dualen System deutlich anspruchsvoller.

### Welche Probleme die Verarbeitung von PET-Mischfraktionen mit sich bringt

Durch die Vielzahl an Fremdstoffen, Compoundbestandteilen und anderen Kunststoffen in PET-Mischfraktionen sowie der Beeinträchtigung des PET durch bereits eingetretene Degradation resultiert eine Reihe von Schwierigkeiten bei der Verarbeitung in der werkstofflichen Verwertung:

- PET kann eine erhebliche Menge an Wasser aufnehmen, welches vor der Verarbeitung erst durch eine gründliche Trocknung entfernt werden muss, um eine hydrolytische Spaltung beim Compoundieren zu verhindern.
- Bei der Aufbereitung der Sekundärrohstoffe (Misch-PET-Fraktion) zu Flakes kommt es zu einer Mischung sämtlicher Farbstoffe und -pigmente, welche nach dem Compoundieren zu einer grauen bis braunen Mischfarbe führen.
- Zusatzstoffe wie zum Beispiel Sauerstofffänger (Scavenger) können beim Einsatz von PET-Rezyklaten in neuen Erzeugnissen durch die erneute thermische Belastung zu einem Yellowing-Effekt führen. Da ebenfalls alle Füllstoffe nach der Aufbereitung in den Flakes verbleiben, kann nach dem Umschmelzen opakes Material entstehen.
- Es ist unbekannt, wie die Vielzahl an Additiven in den unterschiedlichen Kunststofftypen miteinander interagieren und ob dies eine Degradation des PET begünstigt.
- Der Recycler weiß nicht, mit welchen Kunststofftypen das Misch-PET versetzt ist.
- Das Gemisch kann Anteile von Polyamiden (PA) und unerwünschten Verunreinigungen enthalten, welche zu Zersetzungserscheinungen während der Verarbeitung führen können.

Dementsprechend existieren gegenwärtig keine kommerziell angewandten werkstofflichen Verwertungsmöglichkeiten für PET-Mischfraktionen. Es besteht daher das Ziel, aus Post-Consumer-PET-Kunststoffmischfraktionen unter Verwendung geeigneter Compatibilizer ein Rezyklat herzustellen, welches für Spritzgießanwendungen einsetzbar ist.

### Angestrebte technische Funktionalität

Das zu entwickelnde spritzgießfähige PET-Blend muss eine bestimmte technische Funktionalität aufweisen und dementsprechend optimiert werden. Dabei ist eine intrinsische Viskosität im Bereich

von 0,7–0,8 dl/g der PET-Typen anzuvieren. Die Verwendung geeigneter Compatibilizer soll durch die Verringerung der Grenzflächenenergie zu einer möglichst feindispersen Verteilung der Fremdkunststoffe und damit einer großen Oberfläche führen und vorzugsweise die Schlag-/Kerbschlagzähigkeit verbessern. Weiterhin ist das Kristallisationsverhalten dem herkömmlichen PET-Spritzgießtypen anzupassen und muss ggf. durch den Zusatz von Nukleierungsmitteln eingestellt werden. Dabei soll das Eigenschaftsprofil der PET-Blends hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften den kommerzieller PET-Spritzgießwerkstoffen entsprechen.

### Probenahme und Charakterisierung

Im Zuge der Auswahl und Charakterisierung der benötigten Materialien wurden Qualitätsanalysen der Misch-PET 50/50 (328–3) und Misch-PET 70/30 (328–2) Spezifikation durchgeführt. Bei der Analyse wurde die Fraktion „sonstige formstabile PET-Verpackungen“ in Schalen, Schalen mit Peeling-Folie und Blister aufgeschlüsselt und die vorhandenen Fraktionen in den Lebensmittel- und Non-Food-Bereich unterteilt.

Die entnommenen Proben der sortierten Fraktionen sind anschließend mittels „Differential Scanning Calorimetry“ (DSC), „Melt Flow Index“ (MFI) und Rösttest untersucht worden. Auf Grundlage der Ergebnisse der Qualitätsanalysen wurde ein Kataster erstellt. Dieses beinhaltet die Massenverteilung des recyclingfähigen Kunststoffs (PET) im Verhältnis zu den angetroffenen Fremd- und Störstoffen der einzelnen sortierten Fraktionen beider Spezifikationen sowie deren Zugehörigkeit in dem Lebensmittel- bzw. Non-Food-Bereich.

### Ausbau der Wertstoffkette und Verarbeitung

Hemmnisse beim Einsatz von Rezyklaten können durch material- und verfahrenstechnische Faktoren Verfärbungen, Feinschlüsse (Schwarzkpunkte), IV-Abbau (Intrinsische Viskosität) etc. hervorrufen. Aufgrund des starken molekularen Gewichtsverlusts des Post-Consumer-PET (PCPET) wurden diese mit unterschiedlichen Additiven im Extrudierprozess angereichert. Im weiteren Verfahren wurden die erstellten rPET-Blend-Com- »



Ballen der Spezifikation Misch-PET 70/30: Bei der Werkstoff-Analyse wurde das Sammelgut in die Fraktionen formstabile PET-Verpackungen, Schalen mit und ohne Peelingfolie und Blister unterteilt

© MultiPet GmbH/Veolia



rPET-Blend und verspritzte Vielzweckprüfstäbe

© MultiPet GmbH/Veolia



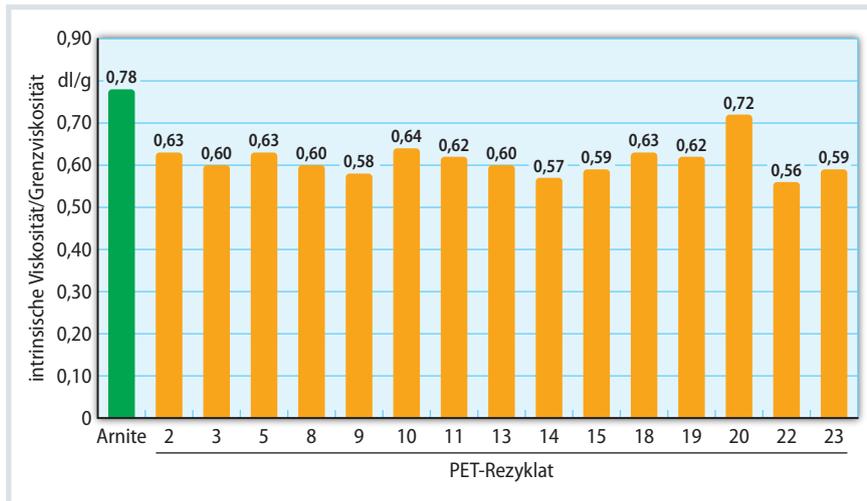
Seeing beyond

## Erweitert die Grenzen von CT-Lösungen im Mikro- und Nanometerbereich

**Nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte CT-Prüftechnik in Essingen**

Defektanalyse, P201/202, Montagekontrolle, Soll-Ist-Vergleiche, Erstbemusterung, Reverse Engineering, Röntgenmikroskopie u.v.m

[ctdl.metrology@zeiss.com](mailto:ctdl.metrology@zeiss.com) // Tel. +49 7365 9645-60



Gegenüberstellung der Grenzviskositäten von PET-Blends und PET Arniten

Quelle: MultiPet GmbH/Veolia; Grafik © Hanser

pounds zu Vielzahlprüfstäben verspritzt und auf ihre Materialeigenschaften geprüft. Geringere Mengen der Compounds wurden mittels DSC und MFI untersucht.

Anhand der Ergebnisse wurden die geeigneten Additive sowie deren benötigte Menge bestimmt. Bei den typischen Verarbeitungstemperaturen reagieren

die Kettenbruchstücke zu linearen und zyklischen Oligomeren und carboxylgruppenhaltige Bruchstücke katalysieren ihrerseits wieder den Zersetzungsprozess. Diese Reaktionen wirken sich negativ auf die Grenzviskosität aus und führen zu einer Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften.

Aufgrund der unterschiedlichen Additive der zum Teil bereits degradierten Post-Consumer-PET konnte von keinem fixen Zeitwert zur Vortrocknung ausgegangen werden. Ferner wurde der Restfeuchtegehalt der Proben kontinuierlich geprüft, bis der erwünschte Zielwert erreicht wurde. Dieses Vorgehen diente zur Sicherstellung, dass Oberflächenfehler sowie weiterer hydrolytischer Abbau und das Aufkommen von Schlieren auf den Produkten vermieden werden. Die Herstellung der Vielzahlprüfstäbe richtete sich nach den Kriterien der jeweiligen DIN-Vorschriften, um die Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen.

Nach der Fertigstellung der Probekör-

per wurden diese auf Kratzer, Verdrehungen, Auslassungen, Einfallstellen und Grate kontrolliert. Über Haarlineale und ebene Platten wurden diese zusätzlich überprüft. Proben mit Abweichungen wurden von der Prüfung ausgeschlossen und durch neue ersetzt. Bis zur Beprobung wurden die Vielzahlprüfstäbe in luftdichten Behältern geschützt, um Ergebnisverfälschungen durch Umwelteinflüsse zu verhindern. Gemäß ISO 291 wurden alle Probekörper vor der Prüfung für mindestens 16 Stunden bei 23 °C und 50 % relativer Luftfeuchtigkeit konditioniert.

### Nach dem Spritzen der Prüfstäbe folgt die Analyse und Optimierung

Zur Charakterisierung der Eigenschaften der Post-Consumer-PET-Compounds wurden diese hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften (Zug-, Biege- und Schlagprüfung) sowie in Bezug zu ihrer Schmelz-Volumenfließrate (MFR), ihrer Grenzviskosität (IV), der physikalischen und chemischen Umwandlungsprozesse (DSC) untersucht.

Um dem Abbauprozess während der Verarbeitung entgegenzuwirken, wurden hochreaktive Chain-Extender-Additive eingesetzt. Phasenvermittler dienen zur feindispersen Verteilung und Phasenvermittlung der Fremdstoffe innerhalb der Matrix. Über die Zugabe von Polycarbonat sollten die Schlagzähigkeit, Flexibilität und das gewünschte Kristallisationsverhalten gesteuert werden.

Anhand der Ergebnisse der rPET-Blends war festzustellen, dass:

- der Zugmodul des rPET-Blends mit einem Mengenanteil von 20 % Polycarbonat etwa dem eines Hochleistungskunststoffs entspricht,
- die Zugfestigkeit und Bruchdehnung durch die Zugabe von 1 % SEBS, das

## Die Autoren

**Anke Schadewald** leitet seit 2006 das Institut für Kunststofftechnologie und -recycling (IKTR) e. V. in Weißandt-Görlitz; anke.schadewald@iktr-online.de

**Prof. Dr.-Ing. Gilian Gerke** ist seit 2012 Professorin im Fachbereich WUBS an der Hochschule Magdeburg-Stendal für die Gebiete Ressourcenwirtschaft, Ökobilanzierung und Int. Abfallwirtschaft. Als Teamleiterin der Arbeitsgruppe „Rohstoffwerkstatt“ arbeitet sie vertieft im Bereich Kunststoff-Recycling;

**Thomas Plumbohm** ist Projektmitarbeiter in der Arbeitsgruppe „Rohstoffwerkstatt“ an der Hochschule Magdeburg-Stendal;

**Dr.-Ing. Herbert Snell** ist Geschäftsführer der MultiPet GmbH (Veolia), die seit 20 Jahren PET-Materialien aus Pfandsystemen und Haushaltssammlungen recycelt.

## Service

### Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)



Zukunftsorientiert: Anwendungsbeispiel für multi-strukturierte Spritzgussbauteile aus Misch-PET

© IKTR

mit Maleinsäureanhydrid funktionalisiert ist, stark erhöht werden,

- der Biegemodul und die Biegefestigkeit durch das Beimengen von 1 % Ethylen-Octen-Copolymer Maleinsäureanhydrid stark zunehmen,
- die Schlagzähigkeit der Blends durch die Anreicherung mit ca. 1 % Oligomerem Chain Extender stark vergrößert wird und
- die Grenzviskositäten aller gemessenen Blends unter dem geforderten Wert von mindestens 0,7 dl/g liegen.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse wurden folgende Optimierungen vorgenommen:

- Zugabe unterschiedlicher Epoxybasierter Chain Extender,
- Nutzung einer Kombination aus Polycarbonat und Chain-Extender-Varianten in unterschiedlichen Konzentrationen,
- Beimengen einer Kombination aus Polycarbonat und mehreren unterschiedlichen Chain Extendern in unterschiedlichen Konzentrationen.

### Im Praxistest schneidet das rPET-Blend mit Polycarbonat am besten ab

Von den getesteten Blends erreichte der rPET-Blend mit einem signifikanten Anteil Polycarbonat konsistent gute Ergebnisse bei allen durchgeführten mechanischen Tests. Alle anderen Blends wiesen vor allem im Zugmodul Defizite auf und erreichten nicht die Steifigkeit des Referenzkunststoffs. Die Grenzviskosität des rPET-Blends mit Polycarbonat lag mit 0,63 dl/g unter dem anvisierten Eigenschaftsprofil mit einer geforderten intrinsischen Viskosität von herkömmlichen PET-Spritzgießtypen von 0,7–0,8 dl/g.

Der rPET-Blend mit Polycarbonat und einem speziellen multifunktional-reaktiven Polymer verzeichnete einen Anstieg auf 0,72 dl/g, der die Verarbeitung wesentlich erleichterte. Das Blend eignete sich sehr gut für das Spritzgießen und wies gleichbleibend hohe Produktqualitäten auf, welche in etwa dem angestrebten Eigenschaftsprofil handelsüblicher PET-Neuware entsprechen. Das eingesetzte recycelte Material (rPET) eignet

sich selbst für die Produktion von feinstrukturierten Komponenten. Es können weder optische noch haptische Unterschiede zwischen den Produkten aus Neuware und Recyclingware wahrgenommen werden. Darüber hinaus liegen die mechanischen Kennwerte beider Produkte auf demselben Niveau.

Im weiteren Verfahren wurden die bereits rezyklierten, klaren PET-Fraktionsproben (Flaschen, Schalen und Blister) auf ihre Eigenschaften untersucht. Die Fraktionen der Schalen und Blister verzeichneten im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften eine vergleichsweise geringe Leistungsfähigkeit. Dem angestrebten Eigenschaftsprofil mit einer intrinsischen Viskosität von 0,7–0,8 dl/g entsprach keine der getesteten Fraktionen. Vor allem die Fraktion der Schalen aus dem Lebensmittelbereich, welche mit Peeling-Folien überzogen waren, erzielten mit 0,52 und 0,53 dl/g die geringsten Grenzviskositäten. Die Ergebnisse lieferten Anhaltspunkte darüber, welche Fraktionen im Recycling potenziell leistungsmindernd wirken. ■

**NGR**  
PLASTIC RECYCLING TECHNOLOGIES

Wir arbeiten für eine bessere Zukunft

[www.ngr-world.com](http://www.ngr-world.com)

MEMBER OF NEXT GENERATION GROUP

Maßgeschneiderte Kunststoff-Recycling-Technologie, die Sie nicht nur zufriedenstellen, sondern rundum begeistern wird.

NXT:GRAN SHREDDER-FEEDER-EXTRUDER KOMBINATION