

# Kryogenes Recycling Faserverbundstoffen

Beim Herstellen und Verarbeiten von Kunststoff-Faserverbundstoffen in Form von Planen, Folien, Kunstleder, Transportbändern und ähnlichen Produkten fallen große Mengen von Verschnittabfällen und Randstreifen an (Abb. 1).

Nach dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz müssen Produktionsabfälle in Deutschland verwertet werden. Dabei genießt das werkstoffliche Recycling höchste Priorität.

Dieser Beitrag zeigt, dass mit Hilfe des Cryogen®-Recyclings von Messer Griesheim das werkstoffliche Recycling eine wirtschaftlich interessante Möglichkeit zur Kostensenkung ist. Dadurch lassen sich nicht nur teure Rohstoffe sondern auch Entsorgungskosten einsparen.

## Kunststoffabfälle

Der Kunststoffverbrauch in Deutschland erreichte 1999 mit mehr als 12 Millionen Tonnen (8 % der Weltproduktion) einen neuen Höchststand (Abb. 2). Die Einsatzgebiete für Kunststoff-Erzeugnisse und polymere Grundstoffe sind dabei sehr vielfältig (Abb. 3). Vor allem bei der Fertigung von hochbeanspruchten Produkten kommen zur Verbesserung der geforderten Eigenschaften Kunststoff- und Elastomer-Verbundstoffe sowie faserverstärkte Kunststoffe zum Einsatz.

**Abb. 1:**  
Kunststoff-  
Faserverbundstoffe  
als Verschnitt-  
abfälle  
(95.30.83.a)



# von Kunststoff-

Kunststoffabfälle finden sich in größeren Mengen in Industrie-, Siedlungs- und Gewerbeabfällen. Der Zustand dieser Abfälle ist aufgrund ihrer unterschiedlichen Herkunft sehr heterogen. Produktions- und Verarbeitungsabfälle sind dagegen kaum verschmutzt und liegen meist sortenrein bzw. als Verbundstoffe vor. Letztere fallen bei der Herstellung und Verarbeitung von Kunststoff-Faserverbundmaterialien in Form von Planen, Folien, Kunstleder, Transportbändern und ähnlichen Produkten in großen Mengen als flächige Verschnittabfälle und Randstreifen sortenrein an (Abb. 1). Der Verbund besteht dabei aus einem Kunststoff und einer textilen Unterlage (z.B. Polyesterfasern).

## Recyclingmöglichkeiten

Für Kunststoffabfälle gibt es drei verschiedene Verwertungsmöglichkeiten:

- **Werkstoffliches Recycling**
- **Rohstoffliches Recycling**
- **Thermische Verwertung**

Beim werkstofflichen Recycling bleibt die Molekülstruktur der Kunststoffe weitestgehend erhalten, um auf diese Weise eine Wertstoffrückgewinnung zu erreichen und wertvolle Rohmaterialien zu schonen. Der so gewonnene Sekundärkunststoff kann wieder in den Verarbeitungsprozess eingebracht und somit beim Recycling eine maximale Wertschöpfung erzielt werden.

Im Unterschied dazu greift das rohstoffliche Recycling in den molekularen Aufbau der Kunststoffe ein. Die Zerlegung der Abfälle in niedermolekulare Grundbausteine wie Gase, Öle und Wachse erfolgt durch nasschemische oder thermische Verfahren. Diese Produkte werden anschließend als Einsatzstoffe in den Rohstoffstrom von Raffinerien, Petrochemie und Chemie zurückgeführt.

Die thermische Verwertung ergibt sich aus der Notwendigkeit, nicht verwertbare stark verschmutzte Kunststoffabfälle entsprechend den Zielsetzungen der TA Siedlungsabfall zu entsorgen. Dazu sind spezielle Anlagen erforderlich, die in der Regel mit einer aufwendigen Abgasreinigung ausgestattet sind.

## Werkstoffliches Recycling

Kunststoff-Faserverbunde können als mehrkomponentige Abfälle erst nach Aufbereitung und Trennung in den Produktionsprozess zurückgeführt werden. Diese Abfälle fallen nicht nur beim Hersteller sondern auch bei der Weiterverarbeitung an und lassen sich ohne größeren Aufwand sauber halten. Beim anschließenden Recycling unterscheidet man zwei Verfahrensweisen:

### Infokasten:

#### Kunststoffabfälle

Kunststoffabfälle unterliegen dem Gesetz über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (AbfG) von 1986, das in § 1 die Prioritäten mit Vermeiden - Verwerten - Beseitigen festlegt. Auf gleicher Grundlage setzt in § 4 Abs. 5 die TA Siedlungsabfall, gültig seit 1993, Vermeidung vor Verwertung vor sonstiger umweltverträglicher Entsorgung. Mit dem Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) ist das Verursacherprinzip im Abfallbereich umgesetzt worden. Die Harmonisierung mit entsprechenden EU-Verordnungen verpflichtet Produzenten, Produkte so zu gestalten, dass sowohl bei der Herstellung als auch beim Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird.

Wer Güter produziert, vermarktet und konsumiert, ist für die Vermeidung, Verwertung und umweltverträgliche Beseitigung der dabei anfallenden Abfälle grundsätzlich selbst verantwortlich (BMU, 1994a).

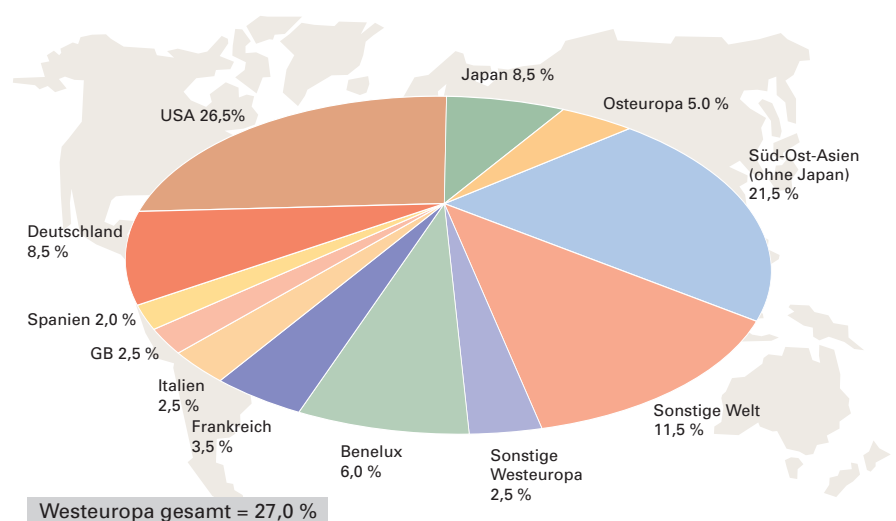


Abb. 2: Weltproduktion von Kunststoffen, Quelle: K-Zeitung 8/2000 (GP.201.4)

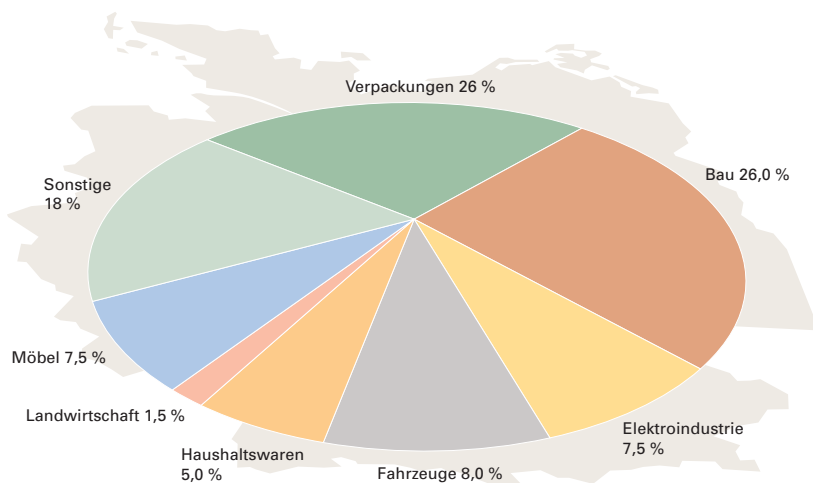


Abb. 3: Einsatzgebiet von Kunststoffen, Quelle: K-Zeitung 8/2000 (GP.201.5)

#### Recycling ohne Verbundtrennung

Für die thermoplastische Verarbeitung ohne Verbundtrennung genügt bei geringen Faseranteilen das Zerkleinern des Verbundstoffs ohne Abtrennen des Faseranteils. Bei höheren Faseranteilen ist jedoch nach dem Zerkleinern ein Agglomerieren des Mahlguts erforderlich. Diese Aufbereitungsschritte finden nur wenig Anwendung, da sie ein Recyclat für Produkte mit geringen Qualitätsanforderungen erzeugen.

#### Recycling mit Verbundtrennung

Kunststoff-Faserverbunde lassen sich durch kryogene Mahltrennung und anschließendes Separieren in Kunststoff- und Faseranteil zerlegen. Die einzelnen Fraktionen fallen in hohen Reinheiten an; das Recyclat ist problemlos wieder in die Produktion rückführbar.

### Cryogen®-Recycling

Nach dem Shreddern und Vorzerkleinern des Materials sowie dem Abtrennen der bereits freigelegten Faseranteile nutzt das Cryogen®-Recycling von Messer Griesheim die gespeicherte Kälte von Flüssigstickstoff zum Verspröden der Verbundwerkstoffe vor einer weiteren Mahlung. Das in einem Wirbelschneckenkühler gekühlte Granulat (Flüssigstickstoff-Verbrauch nur 0,65 bis 1,0 kg/kg Granulat) wird mittels einer Stopfschnecke einer Ultra-Rotor-Mühle zugeführt. Durch die Wechselbeanspruchung in der Mühle löst sich der Verbund auf und das Produkt verlässt die Mühle als Faser-Gewölle mit freigelegtem Pulveranteil.



Abb. 4: Recyclinganlage für Dachbahnen in Troisdorf (95.30.64-f)

Nach dieser kryogenen Mahltrennung muss das Gewölle unmittelbar, ohne lange Transportwege, der Trennanlage zugeführt werden. Trennen, Reinigen und Absieben der Fasern und Kunststoff-Pulverpartikel erfolgt über Vibro- und Taumelsieb sowie Lufttrenn-/Siebanlagen in die einzelnen Fraktionen. Das Ergebnis ist ein Kunststoff-Recyclat mit Korngrößen unter 400 bzw. 500 µm sowie die Faserfraktion.

### Praxisbeispiel: Dachbahnen-Recycling

Für die Aufbereitung von PVC-Dachbahnen mit einem Fasergehalt von 10 bis 20 % liegen bereits seit 1994 Erfahrungen vor. Die Arbeitsgemeinschaft für PVC-Dachbahnen-Recycling (AfDR) in Troisdorf betreibt beispielsweise eine Anlage zur kryogenen Mahltrennung mit einer Durchsatzleistung von ca. 0,8 bis 1,0 t/h



Abb. 5: Recyclat aus Dachbahnenabfällen (95.30.83.b)

(Abb. 4, siehe auch gas aktuell 48, S. 13ff).

Weitere Projekte mit unterschiedlichen Aufgabenstellungen sind bereits in Europa bei verschiedenen Anwendern umgesetzt worden. So erfolgte z.B. 1998 zusammen mit Messer Belgien die Umrüstung einer vorhandenen Kaltmahlanlage (Typ PKM 600) zur Aufbereitung von Planen- und Dachbahnenabfällen auf den Betrieb mit flüssigem Stickstoff. Die Anlage hat bei einer Zufuhr von etwa 500 bis 650 kg Abfall pro Stunde einen Flüssigstickstoffverbrauch von weniger als 0,75 kg/kg Produkt. Das so gewonnene Material besteht zu 50 bis 60 % aus PVC-Pulver mit Korngrößen kleiner als 400 bzw. 500 µm (Abb. 5).

## Projektstudie

Die gesetzlichen Vorgaben sowie ökologische und ökonomische Gesichtspunkte für die Verwertung von Kunststoff-Faserverbundwerkstoffen veranlassten eine weitere Arbeitsgemeinschaft (AG) unter Beteiligung von Produzenten, Anlagenherstellern, Engineering-Firmen und Messer Griesheim, in einer Projektstudie die Aufbereitung von Produktionsabfällen zu Kunststoff-Recyclat und verwertbare Faserrestfraktion zu untersuchen.

Im Auftrag der AG erfolgte die Betrachtung des werkstofflichen Recyclings für definierte Kunststoff-Faserverbundmaterialien. Es sollten 3.000 t/a Produktions- bzw. Verschnittabfälle und Randstreifen aufbereitet werden. Die Anforderungen waren dabei:

- **Ermittlung der Herstellkosten für das Kunststoff-Recyclat (Korngrößen kleiner als 400 bzw. 500 µm) und die Faserfraktion**
- **Eignung der Anlagenkonfiguration für getrennte oder gemischte Produktionsabfälle**
- **Aufbereitung der verschiedenen Abfallsorten ohne Umbaumaßnahmen, nur durch Veränderung der Parameter**

Verschiedene Anlagen-Hersteller testeten daraufhin die einzelnen Verfahrensschritte, die Messer Griesheim dann im Krefelder Feinmahl- und Recycling-Technikum zu einer Pilotanlage zusammenstellte. Dabei wurden – je nach Anlieferung – sowohl getrennte als auch gemischte Produktionsabfälle aufbereitet.

Das Ergebnis der Bearbeitungsschritte Shreddern, Vorzerkleinern, kryogene Mahltrennung, Trennen und Sieben (Abb. 6) ist ein Gemisch, das, abhängig vom Aufgabematerial, 55 bis 65 % Recyclat-Anteile aufweist (Abb. 7).

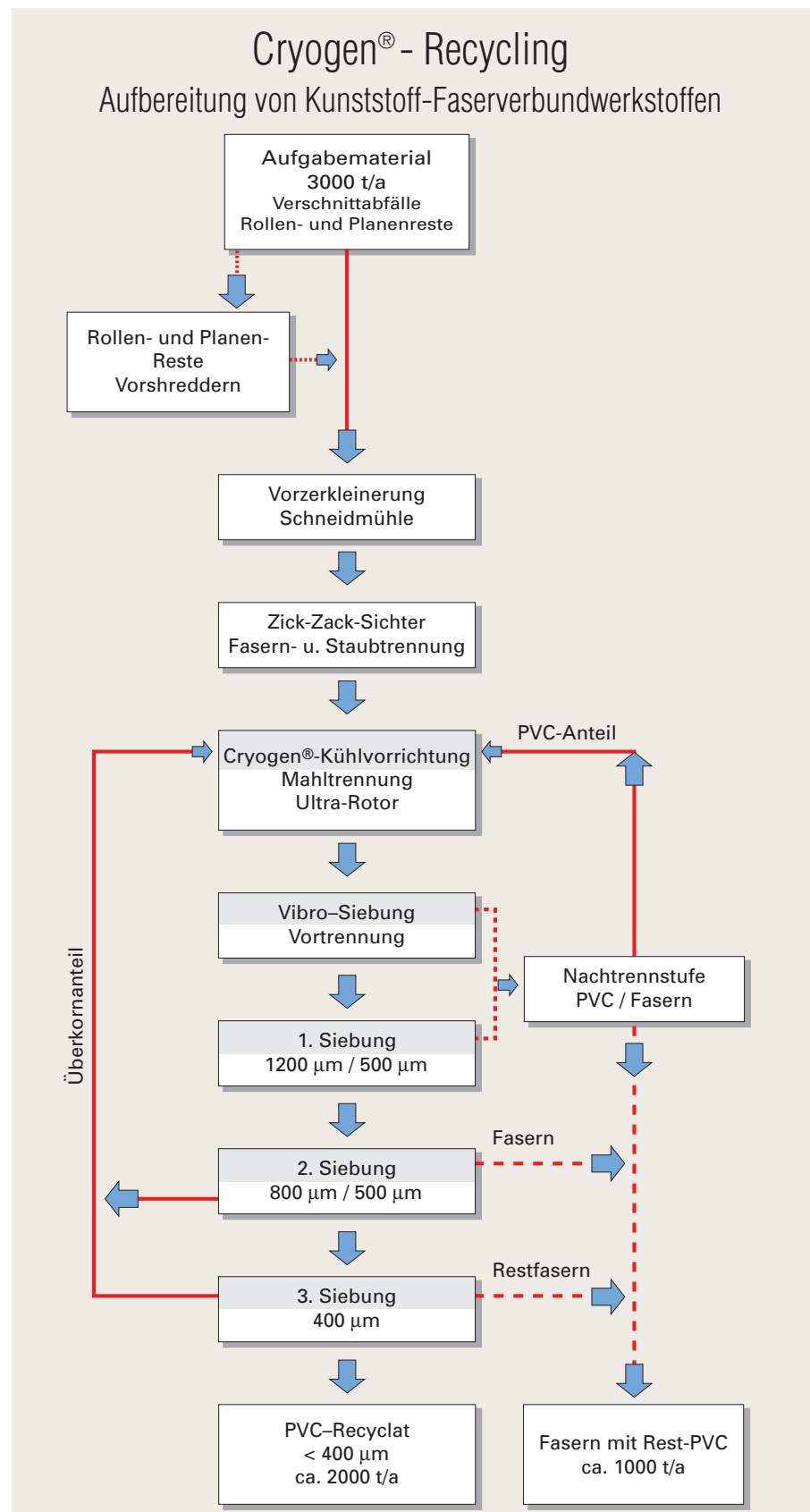


Abb. 6: Schematische Darstellung der Aufbereitung von Faserverbundstoffen (GP.201.6)

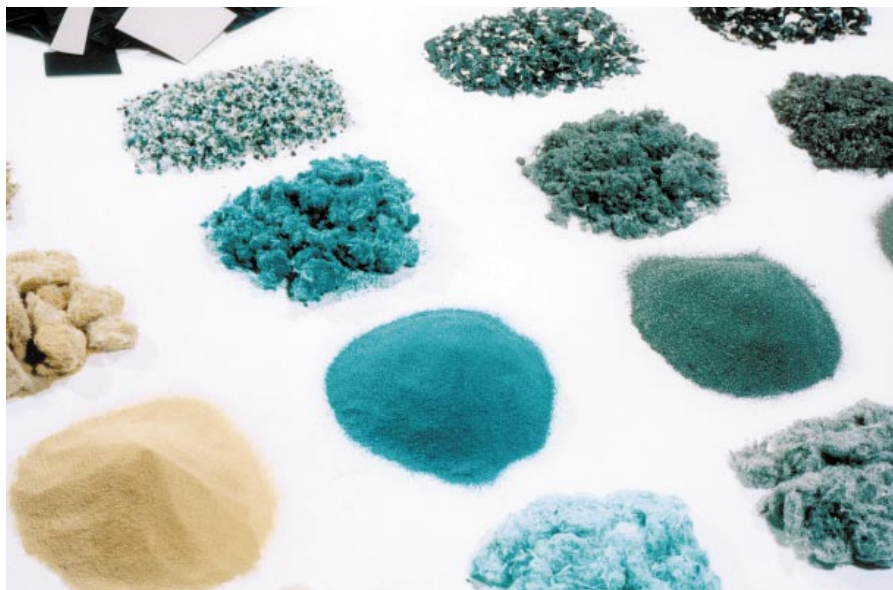


Abb. 7: Das Ergebnis der einzelnen Verfahrensschritte der kryogenen Mahltrennung ist ein Kunststoff-Pulver mit Korngrößen kleiner als 400 bzw. 500 µm und eine Faserfraktion (95.30.83.c)

## Ergebnisse

### Recyclat-Reinheiten

Für das Kunststoff-Pulver werden Recyclat-Reinheiten von mehr als 95 % garantiert.

### Faserfraktion

Für die Faserfraktion ist der angestrebte Reinheitsgrad von 4 bis 6 % Rest-Verbundanteil nicht erreichbar. Eine Verwertung in anderen Anwendungen durch Aufarbeitung zu einem Agglomerat in einem Plastkompaktor wird zur Zeit untersucht.

### Entsorgung

Durch die Reduzierung der zu entsorgenden Abfallmenge auf die Fasermenge bzw. die nichtverwertbaren Restbestandteile werden die Vorgaben des Kreislaufwirtschafts-/Abfallgesetzes erfüllt.

### Kostenübersicht

Die nachfolgend genannten spezifischen Kosten (Tab. 1) beziehen sich auf die Gesamtaufbereitungsmenge und enthalten einen Kunststoff-Recyclat-Anteil von 60 % Kunststoffpulver mit Korngrößen kleiner als 400 bzw. 500 µm sowie den getrennten Faseranteil.

## Fazit

Die vom Gesetzgeber geforderten Maßnahmen zur Abfallvermeidung sowie die angestrebte Kostenerhöhung für die Entsorgung von Reststoffen ermöglichen zukünftig auch die wirtschaftliche Verwertung von Kunststoff-Faserverbundstoffen, die wegen ihres Faser- bzw. Nicht-Thermoplast-Anteils von 20 bis 40 % höhere Kosten bei der Aufbereitung zu Recyclat verursachen. Aufgrund der steigenden Rohstoffpreise wird die Aufar-

### Vorteile der kryogenen Mahltrennung auf einen Blick:

- Wiederverwertung der größten Fraktion hochwertiger modifizierter Kunststoffe
- Einsparung hochwertiger Rohstoffe durch Recyclate für den Produktionsprozess und weitere Anwendungsbereiche
- weniger zu entsorgende Reststoffe (Einhaltung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, Kosteneinsparung)
- wirtschaftliches Aufbereitungsverfahren

beitung von Produktionsabfällen durch die kryogene Mahltrennung zu einer interessanten Alternative, um die Kosten bei der Herstellung von Kunststoff-Faserverbundstoffen zu senken.

*Wilfried Duesberg*

	Anlagenleistung	Herstellkosten
<b>1. Vorzerkleinerung</b>	0,75 bis 1,5 t/h	100 bis 120 DM/t
<b>2. Kryogene Mahltrennung</b>	0,75 bis 1,0 t/h	400 bis 450 DM/t (Flüssigstickstoffanteil: 30 bis 40 %)
<b>3. Materialtrennung</b>	0,75 bis 1,0 t/h	200 bis 225 DM/t
<b>Gesamtkosten</b>		700 bis 800 DM/t

Tab. 1  
Kostenübersicht