

## Flottweg AG

Dr.-Ing. Andreas Karolis  
Industriestraße 6-8, 84137 Vilsbiburg  
Tel.: 08741 301-0, Fax: 08741 301-403  
E-Mail: ka@flottweg.com  
www.flottweg.com

### Branche:

Entwicklung, Herstellung, Vertrieb und Wartung von Maschinen, Apparaten und Systemen der Verfahrenstechnik, insbesondere Zentrifugen und ähnliche Erzeugnisse

### Projektschwerpunkt:

Abtrennung störfstoffhaltiger Kunststoffe mittels technischer Sortierzentrifugen

## GOAB GmbH

Georg Wallek  
Recycling-Zentrum  
Mühlheimer Straße 185, 63075 Offenbach  
Tel.: 069 867890-0, Fax: 069 867890-20  
E-Mail: wallek@goab.de  
www.goab.de

### Branche:

Soziales Unternehmen, das Arbeit suchenden Menschen qualifizierende Beschäftigung vermittelt sowie Aus- und Weiterbildung in verschiedenen Berufszweigen anbietet

### Projektschwerpunkt:

Bereitstellung repräsentativer Kunststoffabfälle aus der EAG-Demontage

## Recycle IT GmbH

Maximilian Scheppach  
Steinrinnenweg 1+6, 87745 Eppishausen  
Tel.: 08266 1046, Fax: 08266 1049  
E-Mail: maximilian.scheppach@recycle-it.de  
www.recycle-it.de

### Branche:

Recycling von Informationstechnologien

### Projektschwerpunkt:

Bereitstellung repräsentativer Kunststoffabfälle aus der EAG-Demontage

## ZME Elektronik Recycling GmbH

Bernhard Jehle  
Ludwig-Rinn-Straße 14-16, 35452 Heuchelheim  
Tel.: 0641 984448-0, Fax: 0641 984448 19  
E-Mail: Jehle@zme-heuchelheim.de  
www.zme-heuchelheim.de

### Branche:

Entsorgungsbetrieb

### Projektschwerpunkt:

Bereitstellung repräsentativer Kunststoffabfälle aus der EAG-Demontage

## Werkstatt Frankfurt e. V. / Recyclingzentrum

Ralf Link  
Mainzer Landstraße 405, 60326 Frankfurt  
Tel.: 069 941005511, Fax: 069 68097-0  
E-Mail: ralf.link@werkstatt-frankfurt.de  
www.werkstatt-frankfurt.de

### Branche:

Soziales Unternehmen, das Arbeit suchenden Menschen qualifizierende Beschäftigung und Ausbildung in verschiedenen Berufszweigen anbietet

### Projektschwerpunkt:

Bereitstellung repräsentativer Kunststoffabfälle aus der EAG-Demontage

## RTT GmbH

Bert Handschick  
Hirschfelder Ring 9, 02763 Zittau  
Tel.: 03583 54084-0, Fax: 03583 54084-44  
E-Mail: handschick@rtt-zittau.de  
www.unisort.com

### Branche:

Maschinenbau

### Projektschwerpunkt:

Entwicklung spektroskopischer Sortierung

## Erlos GmbH

Harry Pempel  
Reichenbacher Straße 67, 08056 Zwickau  
Tel.: 0375 303-1966, Fax: 0375 303-1967  
E-Mail: pempel@erlos.de  
www.erlos.de

### Branche:

Errichtung und Betrieb von Recyclinganlagen

### Projektschwerpunkt:

Spektroskopische Sortierung im Technischen Maßstab

## reifra Kunststofftechnik GmbH

Norman Franz  
Bärensteiner Straße 6, 09456 Annaberg-Buchholz  
Tel.: 03733 1848-0, Fax: 03733 1848-50  
E-Mail: norman.franz@reifra.de  
www.reifra.de

### Branche:

Herstellung technischer Kunststoffteile aus thermoplastischen Kunststoffen im Spritzgießverfahren, Fertigbearbeitung der Kunststoffteile, Montage von Baugruppen und Vertrieb

### Projektschwerpunkt:

Compoundierung

Gefördert durch das



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

Projekträger

VDI | VDE | IT

Steinplatz 1, 10623 Berlin  
www.vdivde-it.de/innonet

Kontakt

Tel.: 030 310078-136  
Fax: 030 310078-189  
InnoNet@vdivde-it.de

## Verkehrsfähige Polymer-Recyclate durch spektroskopische Sortierung und dichte-basierte Störfstoffabtrennung (SpectroDense)

### Das Projekt

Übergeordnetes Projektziel ist die Entwicklung eines mehrstufigen Prozesses zur werkstofflichen Gewinnung technischer Kunststoffe aus Elektronikaltgeräten (EAG) sowie deren Verarbeitung. Nach gängiger Praxis werden kunststoffhaltige EAG-Abfälle trotz Novelle der TA Siedlungsabfall auch heute noch deponiert, da die alternative kostenintensive thermische Entsorgung in Deutschland zurzeit überlastet ist. In Konkurrenz dazu steht der Export nach Asien. Dort werden unter öko- und humantoxikologisch fragwürdigen Bedingungen minderwertige kontaminierte Kunststoffrecyclate gewonnen. Der Ansatz des SpectroDense-Netzwerkes stellt daher der gängigen Praxis einer thermischen Entsorgung bzw. eines Exports ein zukunftsweisendes „waste-to-value“-Konzept entgegen.

Mit steigendem Ölpreis wird das werkstoffliche Kunststoffrecycling auch aus post-consumer-Abfällen zunehmend wirtschaftlich attraktiv. Kunststoffhaltige Abfälle aus Elektronikaltgeräten sind dabei aus mehreren Gründen sehr interessant:

- 1) Deutschland allein erzeugt 2 Mio. Jahrestonnen Elektronikaltgeräte mit steigendem Kunststoffanteil (> 20 %).
- 2) Gesetzliche Recyclingquoten der europäischen WEEE-Direktive bzw. des deutschen ElektroG erfordern eine zumindest anteilige Verwertung der Kunststoffe.
- 3) Die drei Polymertypen Polystyrol (PS), PS-Copolymere und Polypropylen (PP) verzeichnen in Kunststoffen aus Elektronikaltgeräten einen Massenanteil von 70 %.

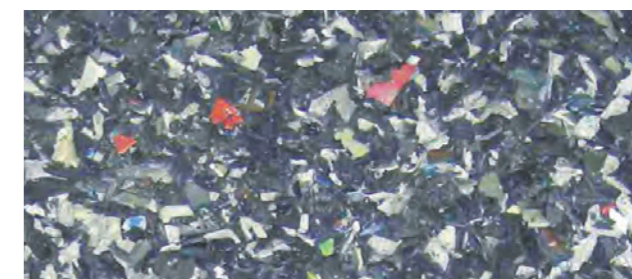
Nach dem Stand der Technik wird das werkstoffliche Kunststoffrecycling bisher allerdings nicht im großtechnischen Maßstab realisiert, da Abfallheterogenität, Störfstoffe und Qualitätsanforderungen an das Recyclat zu hohe technologische Ansprüche an die Verfahrenstechnik stellen:

- 1) Heterogenität: Bei der EAG-Verwertung anfallende kunststoffreiche Fraktionen enthalten viele verschiedene Polymertypen, die als Mischung nicht zu hochwertigen Recyclaten verarbeitet werden können.
- 2) Störfstoffe: Schwermetallpigmente und einige halogenierte Flammschutzmittel verhindern die werkstofflich hochwertige Verwertung aus technischer und rechtlicher Sicht. Dafür sind nationale und europäische

### Die (Zwischen-)Produkte der Prozesskette



Elektroaltgeräte vor der Demontage



Mahlgut vor Trenntechnik und Polymerveredelung

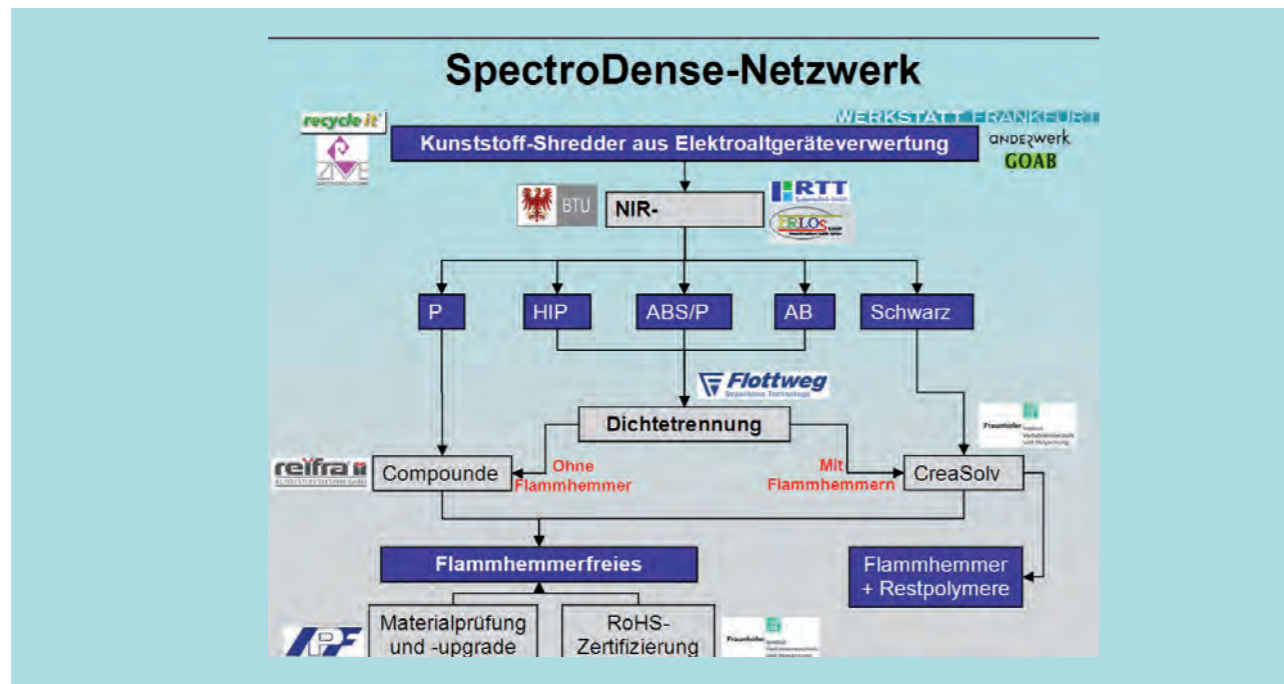


Veredeltes Granulat

Grenzwerte einzuhalten. Eine Kunststoffaufbereitung, die nach dem Stand der Technik ohne Schadstoffabtrennung erfolgt, erzeugt damit nicht verkehrsfähige Produkte.

- 3) Recyclatqualität: Werkstoffliches Recycling lohnt sich für hochpreisige technische Kunststoffe mit hoher Materialreinheit und Neuwere-Eigenschaftsprofil. Diese werden aus post-consumer-Abfällen aufgrund unterschiedlicher Additivierung und nachlassender Stabilisierung durch bisherige Recyclingverfahren nicht erreicht.

In Anbetracht dieser großen Herausforderungen beruht das technologische Konzept des Vorhabens auf der Kombination einer vollautomatischen sensorgestützten optischen Sortierung kunststoffhaltiger Abfälle mit der Störfstoffelimination über ein dichte-basiertes Trennverfahren. Restfraktionen werden einem lösungsmittelbasierten Recyclingverfahren (CreaSolv®-Prozess) zugeführt. Alle



Recyclate werden im Anschluss polymertechnisch veredelt. Als Produkte der innovativen Prozesskette werden hochwertige zertifizierte Polymercompounds mit definierten Eigenschaftsprofilen angestrebt.

Die Einzelprozesse werden im kleintechnischen Maßstab erprobt, auf industriellen Aggregaten extern umgesetzt und ihre Wirtschaftlichkeit bestimmt. Auf Basis des im Projekt erarbeiteten Anlagenkonzepts werden bei nachgewiesener Wirtschaftlichkeit der Gesamtprozesskette im Anschluss an das Vorhaben die Investitionsentscheidungen zur Realisierung getroffen.

### Die Kooperation

Mit dem Freisinger Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV, der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus und dem Leibniz-Institut für Polymerforschung (ipf) aus Dresden sind drei renommierte Entwicklergruppen von innovativen Recyclingtechnologien für post-consumer-Kunststoffe im Verbund beteiligt. Alle drei haben sich in den letzten Jahren intensiv mit Altkunststoffen aus Elektroaltgeräten befasst, allerdings mit verschiedenen Schwerpunkten.

Am Fraunhofer IVV stand die Entfernung von Fremdmaterialien und Störstoffen aus EAG-Kunststoffen im Fokus. Hierbei wurden eine dichte-basierte Technologie sowie der CreaSolv®-Prozess entwickelt, der u. a. eine Störstoffelimination gewährleistet. Die BTU Cottbus befasste sich intensiv mit der spektroskopischen Identifizierung und automatischen Sortierung von gängigen Kunststofftypen aus EAG. Der Schwerpunkt der Arbeiten am ipf lag auf der polymertechnischen Recyclatveredelung.

In Deutschland liegt EAG-Erstverwertung vor allem in der Hand kleiner und mittelständischer Unternehmen. Dabei ergänzen sich reine Gewerbebetriebe und Unternehmen mit sozialem Hintergrund. Das Ausbildungsniveau und die

Beschäftigungsdauer der Mitarbeiter der Sozialbetriebe unterscheiden sich dabei zum Teil deutlich von reinen Gewerbebetrieben. Im Verbund sind daher zwei Gewerbebetriebe (recycle IT GmbH und ZME GmbH) und drei Sozialunternehmen (Anderwerk GmbH, GOAB GmbH, Werkstatt Frankfurt e. V. / Recyclingzentrum) vertreten, die aufgrund unterschiedlicher Strukturen und Zielmärkte die qualitative Bandbreite von Kunststofffraktionen aus Demontagebetrieben sehr gut abbilden.

Der Verbund wird komplettiert durch Industriepartner, die Aggregate für diese Technologien herstellen (Flottweg AG, RTT GmbH) oder über Produktionsanlagen mit solchen Aggregaten verfügen (Erlös GmbH, Reifra Kunststofftechnik GmbH).

Das Netzwerk SpectroDense umfasst damit Akteure entlang der Verwertungskette der Kunststoffe aus EAG sowie Lieferanten entscheidender Anlagenkomponenten. Die industrielle Umsetzung der im Vorhaben zu entwickelnden Verfahrenskette durch Partner aus dem Verbund erscheint daher aus heutiger Sicht sehr aussichtsreich. Auch deshalb wurde bei der Auswahl der EAG-Demontagebetriebe auf regionale Nachbarschaft geachtet (drei Unternehmen aus Hessen, zwei aus Bayern), so dass durch Bündelung der Abfallmengen kleiner Betriebe ausreichend große Kunststoffmengen für eine industrielle Anlage bereit gestellt werden können.

Die Kooperation ist auch von der Seite her interessant, dass Kompetenzen verschiedener Branchen und auch vom Arbeitsumfeld sehr unterschiedliche Technologien gebündelt werden (z. B. manuelle Zerlegung versus sensorgestützte Sortiertechnik). Dadurch stellen Ausgestaltung und Koordination der Technologie-Schnittstellen große Herausforderungen an das Netzwerk. Es sind daher neben der technischen Machbarkeit der Einzelverfahren auch die Darstellbarkeit der Prozesskette zu belegen sowie ein umsetzbares Qualitätssicherungskonzept zu eruiieren.

### Die Perspektiven

Das Verbundvorhaben möchte aufzeigen, dass die Vernetzung der involvierten Trenntechnologien die Möglichkeit bietet, auf wirtschaftliche Weise hochwertige Polymere aus Elektroaltgeräten zu gewinnen. Sobald sich ein Projekterfolg abzeichnet, strebt das Netzwerk daher auch die baldige industrielle Umsetzung der Prozesskette an.

Die Verwertungsmöglichkeiten gestalten sich für die beteiligten Unternehmen unterschiedlich. Die EAG-Demontagebetriebe können die erfolgreichen Aggregate am eigenen Standort betreiben und ein neues Geschäftsfeld (Kunststoffrecycling) etablieren. Alternativ können Teile des Netzwerkes eine Betreibergesellschaft für eine komplexe Aufbereitungsanlage gründen, die die Materialien der beteiligten (und u. U. projektfremden) Demontagebetriebe verwertet. In jedem Fall können die Demontagebetriebe ihren Kunden, den Produzenten von Elektronikgeräten, neue innovative Technologien zur Verwertungssicherheit der Kunststoffe anbieten und so maßgeblich und nachhaltig zur Erfüllung der im ElektroG geforderten Quoten beitragen.

Ähnlich gestaltet sich das Bild für die Betreiber einzelner Aggregate, wie die Erlös GmbH und die Reifra Kunststofftechnik GmbH. Beide könnten die Verfahrenskette komplett oder teilweise im industriellen Maßstab in ihrem Unternehmen abbilden oder mit Partnern eine entsprechende Betreibergesellschaft gründen. Durch eine derartige Verwertung der Projektergebnisse können sie so nachhaltig am wirtschaftlichen Erfolg der Kunststoffaufbereitung teilhaben.

Flottweg und RTT dagegen profitieren in erster Linie vom Verkauf ihrer Aggregate. Da die Abfallmengen in Deutschland sicherlich für mindestens 20 Anlagen ausreichen und der internationale Markt weitere enorme Mengen bereithält, werden national und international weitere industrielle Umsetzungen der entwickelten Prozesskette erwartet. Daher erscheint aus heutiger Sicht auch diese Art der Ergebnisverwertung sehr erfolgversprechend.

Zu guter Letzt erzeugt die Prozesskette als Nebenprodukt sortenreine Polymerfraktionen, die hohe Mengen an bromierten Flammhemmern enthalten. Derartig aufkonzentrierte „Störstoff“-Fraktionen sind lukrative Inputmaterialien für den vom Fraunhofer IVV entwickelten CreaSolv®-Prozess, da alternativ nur die kostspielige thermische Entsorgung dieser „Störstoff“-Fraktion zur Wahl steht. Da für den CreaSolv®-Prozess innerhalb der Projektlaufzeit industrielle Umsetzungen erwartet werden, lassen sich hier sehr positive Synergien erschließen.

### Das Projekt im Überblick

Verkehrsfähige Polymer-Recyclate aus der Elektro(nik)altgeräteverwertung durch spektroskopische Sortierung und dichte-basierte Störstoffabtrennung (SpectroDense)  
**Technologiefeld / Branche:**  
 Elektroaltgeräte-Verwertung, Kunststoff-Recycling, Maschinenbau

### Laufzeit:

01.10.2008 bis 31.03.2010

### Projektkosten:

454.997 Euro

### Förderungssumme:

338.263 Euro

### Projektpartner Forschung

#### Fraunhofer-Institut Verfahrenstechnik und Verpackung IVV

(Kordinator)

Dr. Martin Schlummer

Giggenhauser Straße 35, 85354 Freising

Tel.: 08161 491-750, Fax: 08161 491-777

E-Mail: martin.schlummer@ivv.fraunhofer.de

www.ivv.fraunhofer.de

#### Projektschwerpunkte:

Projektkoordination, Optimierung der Trenntechniken, begleitende chemische Analytik, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

#### Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Lehrstuhl Aufbereitungstechnik

Dipl.-Ing. Jens Markowski

Siemens-Halske-Ring 8, 03046 Cottbus

Tel.: 0355 69-4623, Fax: 0355 69-2929

E-Mail: jens.markowski@tu-cottbus.de

www-1.tu-cottbus.de/BTU/Fak4/Aufbtech/index.html

#### Projektschwerpunkte:

Optimierung der spektroskopischen Sortierung, Entwicklung von Sortier Routinen, Schnittstellenoptimierung zu vor- und nachgelagerten Technologien, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

#### Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.

Hon.-Prof. Dr.-Ing. Udo Wagenknecht

Hohe Straße 6, 01069 Dresden

Tel.: 0351 4658-433, Fax: 0351 4658-290

E-Mail: wagenknt@ipfdd.de

www.ipfdd.de

#### Projektschwerpunkte:

Compoundformulierung und -optimierung, Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

### Projektpartner Industrie

#### Anderwerk GmbH

Jürgen Meyer-Lodding

Lernstatt Recycling

Kreuzstraße 9, 85622 Feldkirchen

Tel.: 089 901090-0, Fax: 089 901090-30

E-Mail: meyerlodding@anderwerk.de

www.anderwerk.de

#### Branche:

Beratung, Betreuung, Beschäftigung und Ausbildung, Bildung und Qualifizierung

#### Projektschwerpunkt:

Bereitstellung repräsentativer Kunststoffabfälle aus der EAG-Demontage