

recovery

Recycling Technology Worldwide

PROGRESS THROUGH DIVERSITY

SPALECK[®] since 1869
conveying and separation technology



May 30 – June 3, 2016 | MESSE MÜNCHEN

Visit us in
Hall C2, Booth 205/304



REFRIDGERATOR

No expensive retrofitting required | Keine teure Nachrüstung notwendig **9**

PLASTICS

Sorting machines for cost-effective plastics recycling | Sortiermaschinen für wirtschaftliches Kunststoffrecycling **23**

COMPOSITE MATERIALS

Innovative recycling with shock wave fragmentation | Innovativer Recyclingansatz mit Schockwellenzerkleinerung **46**

NATURALLY: SWB

After we've sold over one million of differentially hardened SWB hammers worldwide, the fact remains: „The original – not a copy.“ We claim technological leadership when it comes to the complete range of shredder wear parts. With our advisory expertise and our production focus on sustainability, we convince our customers, who agree with us to say: „Naturally: SWB“.



Stahlwerke Bochum GmbH

Castroper Str. 228
44791 Bochum · Germany
Phone +49(0)234-508-2
Fax +49(0)234-508-51037
sales@stahlwerke-bochum.com

www.stahlwerke-bochum.com



30 May - 3 June 2016
Stand C3.135/234





Kunststoffabfälle – Problem oder Rohstoff?

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

einer der Schwerpunktthemen des vorliegenden Heftes ist die Wiederverwertung von Kunststoff mit dem Ziel, einen sekundären Rohstoff zu gewinnen. Eine entscheidende Voraussetzung dafür ist die sortenreine Sortierung, die Beseitigung von Verunreinigungen durch Waschprozesse sowie die Trocknung des Ausgangsmaterials.

Ein besonderer Schwerpunkt wird derzeit auch auf das Recycling von Agrarfolien gelegt. Man schätzt, dass allein im Jahr 2015 4 Mrd. t Agrarfolien weltweit auf dem Markt waren. Bis 2030 rechnet man mit einem stetigen Anstieg des Bedarfs. Daraus ergibt sich auch eine zunehmende Menge an Folienabfällen, die aufbereitet werden müssen. Lesen Sie dazu den Beitrag „Agrarfolien – für Recycler eine Herausforderung“ ab S. 27.

Besonders anspruchsvoll ist das Detektieren schwarzer Kunststoffe, so landen auch schwarze Kunststofffolien in der Restfraktion, wenn sie aufgrund ihrer starken Absorption gerade im infraroten Wellenlängenbereich nicht erkannt werden können. Eine Lösung stellt der Beitrag „Sortiermaschinen für wirtschaftliches Kunststoffrecycling“ vor (S. 23).

Auch Füllstoffe und Additive in Kunststoffen können das Ergebnis der Elektrosortierung durch Aufladung beeinflussen. Im ersten Teil des Beitrages „Einfluss von Additiven und Füllstoffen auf die Elektrosortierung von Kunststoffabfällen“ werden die Versuchsanordnung und die erhaltenen Ergebnisse von Modellmischungen vorgestellt (S. 36). Im Teil zwei werden dann diese Untersuchungen an realen Kunststoffen weitergeführt.

Eine Reihe weiterer Beiträge gehen sowohl auf die verschiedenen Herausforderungen bei der Altkunststoffverwertung als auch auf das Recycling von Metallen, Gefriergeräten und Kompositmaterialien ein.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Plastics waste – a problem or raw material?

Dear Readers

One of the main topics of this issue is the reuse of plastics with the goal to obtain a secondary raw material. Decisive prerequisites for this are the homogeneous sorting, the removal of contaminations by means of washing processes as well as the drying of the parent material.

For the time being, a special focus is on the recycling of agricultural films. It is estimated that 4 billion tons of agricultural films were on the market worldwide alone in 2015. A continuous increase of the demand is expected till 2030. This also results in an increasing amount of film waste, which has to be processed. As regards this topic, please read the article “Agricultural films – a challenge for recyclers” from p. 27.

The detection of black plastics is particularly exacting. Thus, also black plastic films end in the residual fraction because they cannot be detected due to their strong absorption particularly in the infrared wave range. The article “Sorters for economic plastics recycling” presents one solution (p. 23).

Fillers and additives in plastics may also influence the result of electrical sorting by means of charging. In the first part of the article “Influence of additives and fillers on electrical sorting of plastics waste” they present the experimental devices and the results obtained as regards model mixes (p. 36). In the second part they continue these tests with real plastics.

Various other articles deal with the different challenges of both used plastics processing and the recycling of metals, freezing devices and composite materials.

Wishing you interesting reading

Petra Strunk

Dr. Petra Strunk, Editor-in-Chief recovery/Chefredakteurin der recovery



Photo: Starlinger

Recycling of post-consumer agricultural films

The first use of plastic film for agricultural purposes happened in 1948 in an effort to make a cheaper version of a glasshouse. After this introduction to agriculture plastic film began being used at a larger scale around the world by the early 1950's and replaced paper for mulching vegetables. Since then, plastic films have been designed to increase produce yield and produce size and shorten growth time.

Agrarfolien – für Recycler eine Herausforderung

Kunststofffolien wurden in der Landwirtschaft zum ersten Mal 1948 verwendet – beim Versuch, eine kostengünstige Alternative zum Glashaus zu finden. Nach diesem ersten Einsatz im Agrarbereich verbreiteten sich Kunststofffolien ab Beginn der 1950er Jahre überall auf der Welt mehr und mehr und ersetzten bald Papier beim Mulchen von Gemüse. Seit-her werden Folien mit dem Zweck entwickelt, den Ernteertrag und die Fruchtgröße zu steigern und die Wachstumsdauer zu verkürzen.

▶ 27



Photo: Fraunhofer LBF

Recycling of halogen-free flame retardant plastics

Zero plastics to landfill increases the need to mechanical recycling of plas-tics. This also applies to flame retardant plastics which are increasingly for-mulated with halogen-free flame retardants. The use of flame retardants can prevent the fire spreading or slow its development. According to EU regulations, plastic waste recycling is to increase in quality, and recycling rates should continue to rise: the EU target for 2020 is 70%.

Recycling halogenfrei flammgeschützter Kunststoffe

Der Bedarf, Kunststoffe in größerem Umfang wiederzuverwerten, steigt kontinuierlich. Dies gilt auch für flammgeschützte Kunststoffe, die mehr und mehr mit halogenfreien Flammenschutzmitteln ausgerüstet werden. Flammenschutzmittel verhindern das Entzünden für eine bestimmte Zeit oder verzögern die Brandausbreitung signifikant. Nach Vorgaben der EU soll das Recycling von Kunststoffabfällen höherwertiger werden und die Recyclingquoten weiter steigen, Zielvorgabe für 2020 sind 70%.

▶ 33

spotlight

- 21st International Congress for Battery Recycling ICBR 2016
21. Internationaler Kongress zum Recycling von Batterien, ICBR 2016 **4**
- Plastics recycling holds its own despite a low price of oil
Das Kunststoffrecycling behauptet sich trotz eines niedrigen Ölpreises **6**
- FORUS – a future part of the Eggersmann Group
FORUS künftig unter dem Dach der Eggersmann Gruppe **7**

refridgerator recovery

- No expensive retrofitting required
Keine teure Nachrüstung notwendig **9**

metal recovery

- Efficient scrap recycling at Stena in Malmö/Sweden
Effizientes Schrottreycling bei Stena im schwedischen Malmö **12**

waste recovery

- Mobile screening and classification
Mobiles Sieben und Klassieren **14**

plastics recovery

- Use of alternative fuels
Einsatz alternativer Brennstoffe **16**
- Worldwide problem: Trash in the Ocean
Weltweites Problem: Müll-Meer **20**
- Sorting machines for cost-effective plastics recycling
Sortiermaschinen für wirtschaftliches Kunststoffrecycling **23**
- Recycling of post-consumer agricultural films
Agrarfolien – für Recycler eine Herausforderung **27**
- Recycling of halogen-free flame retardant plastics
Recycling halogenfrei flammgeschützter Kunststoffe **33**

The effects of additives and fillers on electrostatic sorting of plastic waste – Part 1: Model mixtures
Einfluss von Additiven und Füllstoffen auf die Elektrosortierung von Kunststoffabfällen – Teil 1: Modellmischungen **36**

composite materials

Innovative recycling with shock wave technology
Innovativer Recyclingansatz mittels Schockwellenzerkleinerungstechnologie **46**

Imprint
Impressum **4**



Cover picture

Photo: SPALECK GmbH & Co. KG

Excellent Service: The SPALECK TestCenter Screening Technology for testing and optimization

You know the problem: No two recycling materials are the same. In order to achieve an optimum screening result even at difficult screening material, SPALECK offers a special service. In the SPALECK TestCenter customers and interested parties can test and solve their applications in advance. You can not beat that!

Toller Service: Das SPALECK TestCenter Siebtechnologie zum Ausprobieren und Optimieren
Wer siebt, kennt das Problem: Kein Recyclingmaterial gleicht dem anderen. Um selbst bei siebschwierigem Aufgabematerial ein optimales Siebergebnis zu erzielen, bietet SPALECK einen besonderen Service. Im SPALECK TestCenter können Kunden und Interessierte ihre Anwendungsfälle vorab testen und lösen. Besser geht es nicht!

www.spaleck.de/f-s

Ungebunden und einsatzbereit.

Schwingsetzmaschinen

sind speziell konzipiert für das Trennen von Leichtgut und Schwergut nach dem Prinzip der Dichtesortierung. Beispiele sind die Abtrennung schädlicher Leichtstoffe aus Kies und Bauschutt, die Reinigung von Bims, die Entfernung alkalireaktiver Bestandteile und die Trennung von Erz und Gangart. Erhältlich von 800 bis 2400 mm

Breite, mit Durchsatzmengen bis max. 200 t/h.



Semimobile Setzmaschinen-Anlage

für den Einsatz im Recycling-Bereich.



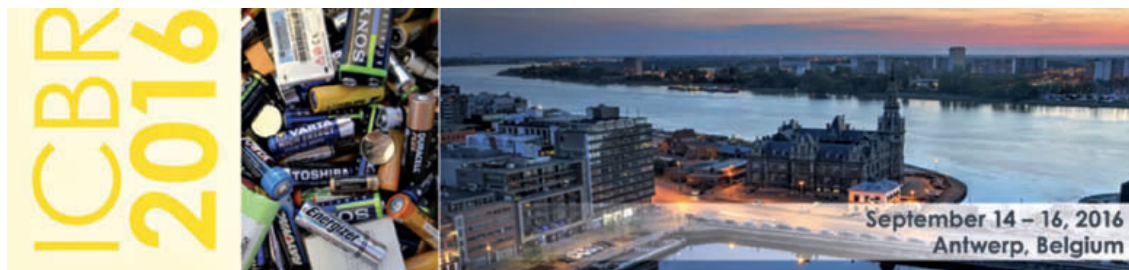
Besuchen Sie uns in München auf der **BAUMA 2016** Stand B2.325!

SIEBTECHNIK

SIEBTECHNIK GmbH
Phone +49 (0) 208 5801-00
sales@siebtechnik.com
www.siebtechnik.com



SEM016-121-4C



21st International Congress for Battery Recycling ICBR 2016

► The next congress in battery recycling ICBR 2016 organized by ICM AG will be held from September 14–16, 2016 in the Hotel Hilton Antwerp Old Town in Antwerp/Belgium.

ICBR is the event, which is worldwide recognized as one of the top conferences in battery recycling technologies and marketing, where scientists, engineers, producers and recyclers meet to share their views and discuss their business.

Over 200 international experts from industry, authorities and academia will discuss and present the following topics:

- Effectiveness and efficiency of the newest Batteries Directive
- Preparation of the revision of the Batteries Directive
- Results of EU Recycling Efficiency Methodology
- End user behavior vs. battery collection
- Economic aspects of take back
- Safety aspects in lithium batteries transport and storage
- Urban mining of batteries: A source of raw materials
- Eco-design: An important issue for batteries removability?
- New concerns under REACH: Substances in articles
- Can electric mobility respond to the EU 2020 Energy Policy?
- Energy storage: Opportunities for a second use of batteries?
- New trends in battery recycling: Primary and rechargeable
- Best available technologies for battery recycling

Imprint | Impressum

recovery
Recycling Technology Worldwide

6th Volume 2015/6. Jahrgang
www.recovery-worldwide.com

Publisher/Herausgeber
Bauverlag BV GmbH

Avenwedder Straße 55
Postfach 120/PO Box 120
33311 Gütersloh
Deutschland/Germany
www.bauverlag.de

Editor-in-Chief/Chefredakteurin

Dr. Petra Strunk Telefon +49 5241 80-89366
E-Mail: petra.strunk@bauverlag.de
(Responsible for the content/Verantwortlich für den Inhalt)

Editorial board/Redaktion

Ulrike Mehl Telefon +49 5241 80-89367
E-Mail: ulrike.mehl@bauverlag.de

Editors Office/Redaktionsbüro

Karina Heinze Telefon +49 5241 80-41582
E-Mail: karina.heinze@bauverlag.de

Advertisement/Head of Sales

Jens Maurus Telefon +49 5241 80-60660
E-Mail: jens.maurus@bauverlag.de

Advertisement Price List No. 5 dated Oct. 1, 2014
is currently valid
Anzeigenpreisliste Nr. 5 vom 01.10.2014
ist aktuell gültig

Managing Director/Geschäftsführer

Karl-Heinz Müller Telefon +49 5241 80-2476

Publishing Director/Verlagsleiter

Markus Gorisch Telefon +49 5241 80-2513

Marketing and Sales

Michael Osterkamp Telefon +49 5241 80-2167
E-Mail: michael.osterkamp@bauverlag.de

Subscription Department/Leserservice + Abonnements

Subscriptions can be ordered directly from the publisher or at any bookshop.
Abonnements können direkt beim Verlag oder bei jeder Buchhandlung bestellt werden.

Bauverlag BV GmbH, Postfach 120/PO Box 120,
33311 Gütersloh, Deutschland/Germany

The Readers' Service is available on Monday to Friday from 9 a.m. to 12 a.m. and 1 p.m. to 5 p.m. (on Friday until 4 p.m.).

Der Leserservice ist von Montag bis Freitag persönlich erreichbar von 9.00 bis 12.00 und 13.00 bis 17.00 Uhr (freitags bis 16.00 Uhr).

Telefon +49 5241 80-90884

free of charge/kostenfrei

E-Mail: leserservice@bauverlag.de

Telefax +49 5241 80-690880

Subscription rates and period/

Bezugspreise und -zeit

AT recovery is published with 6 issues per year.

Annual subscription (including postage):

AT recovery erscheint mit 6 Ausgaben pro Jahr.

Jahresabonnement (inklusive Versandkosten):

Germany/Inland: € 115,00

Students/Studenten: € 68,00

Other countries/Ausland: € 154,00

(with surcharge for delivery by air mail/

die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag)

Single issue/Einzelheft: € 20,00

(incl. postage/inkl. Versandkosten)

A subscription is valid initially for 12 months and after that it can be cancelled by giving notice in writing no later than four weeks before the end of a quarter.

Ein Abonnement gilt zunächst für 12 Monate und ist danach mit einer Frist von 4 Wochen zum Ende eines Quartals schriftlich kündbar.

Publications

Under the provisions of the law the publishers acquire the sole publication and processing rights to articles and illustrations accepted for printing. Revisions and abridgements are at the discretion of the publishers. The publishers and the editors accept no responsibility for unsolicited manuscripts. The author assumes the responsibility for the content of articles identified with the author's name. Honoraria for publications shall only be paid to the holder of the rights. The journal and all articles and illustrations contained in it are subject to copyright. With the exception of the cases permitted by law, exploitation or duplication without the consent of the publishers is liable to punishment. This also applies for recording and transmission in the form of data. General terms and conditions can be found at www.bauverlag.de

Veröffentlichungen

Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichnete Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie vollständig unter www.bauverlag.de

Setting and lithography/Satz und Litho

Mohn Media Mohndruck GmbH, Gütersloh/Germany

Printers/Druck

Merkur Druck, Am Gelskamp 20,
32785 Detmold/Germany

An exhibition area is integrated into the conference facility, where vendors meet their clients. A cocktail reception and networking dinner create an excellent atmosphere to get in touch with business partners, colleagues and competitors.

The participants may register to the following plant tours to:

- ▶ ACCUREC Recycling GmbH (www.accurec.de)/DK Recycling und Roheisen GmbH (www.dk-duisburg.de), Germany
- ▶ BEBAT, Belgium (www.bebat.be)
- ▶ REVATECH, Belgium (www.revatech.be)

Contact:

ICM AG | Ms Mirjam Wagner | Schwaderhof 7 | 5708 Birrwil, Switzerland
Phone: +41 62 785 10 00 | Fax: +41 62 785 10 05 | info@icm.ch | www.icm.ch

21. Internationaler Kongress zum Recycling von Batterien, ICBR 2016

▶ Der nächste Kongress zum Recycling von Batterien, der ICBR 2016, der von der ICM AG veranstaltet wird, wird vom 14.–16. September 2016 im Hotel Hilton in Antwerpen, Belgien, stattfinden.

Die Veranstaltung ICBR ist weltweit anerkannt als eine der führenden Tagungen zu Technologien und zum Marketing des Recyclings von Batterien, bei der sich Wissenschaftler, Ingenieure, Hersteller und Recyclingfirmen treffen, um Gedanken auszutauschen und Diskussionen zu ihrem Geschäftsfeld zu führen.

Mehr als 200 internationale Experten aus der Industrie, von Behörden und aus dem Hochschulbereich werden folgende Themen diskutieren und präsentieren:

- ▶ Effektivität und Wirkungsgrad der neuesten Batterierichtlinie
- ▶ Vorbereitung der Überarbeitung der Batterierichtlinie
- ▶ Ergebnisse der EU Methodik zur Effizienz des Recyclings
- ▶ Verhalten von Endnutzern und Batterieerfassung
- ▶ Ökonomische Aspekte der Rücknahme
- ▶ Sicherheitsaspekte des Transports und der Lagerung von Lithiumbatterien
- ▶ Urban Mining von Batterien: eine Rohstoffquelle
- ▶ Ökodesign: ein wichtiger Punkt bei der Austauschbarkeit von Batterien?
- ▶ Neue Bedenken hinsichtlich REACH: Substanzen in Produkten
- ▶ Kann die Elektromobilität eine Antwort auf die Energiepolitik EU 2020 sein?
- ▶ Energiespeicherung: Möglichkeiten für eine zweite Verwendung von Batterien?
- ▶ Neue Trends im Recycling von Batterien: primär und aufladbar
- ▶ Die besten verfügbaren Technologien zum Recycling von Batterien

Zur Konferenz gehört auch eine Ausstellungsfläche, wo Verkäufer ihre Kunden treffen können. Ein Cocktailempfang und ein Essen bieten eine ausgezeichnete Atmosphäre, um Geschäftskontakte zu knüpfen und mit Geschäftspartnern, Kollegen und Mitbewerbern zusammenzukommen.

Teilnehmer können sich für folgende Werksbesichtigungen anmelden:

- ▶ ACCUREC Recycling GmbH (www.accurec.de)/DK Recycling und Roheisen GmbH (www.dk-duisburg.de), Deutschland
- ▶ BEBAT, Belgien (www.bebat.be)
- ▶ REVATECH, Belgien (www.revatech.be)

Kontakt:

ICM AG | Ms Mirjam Wagner | Schwaderhof 7
5708 Birrwil, Switzerland
Phone: +41 62 785 10 00 | Fax: +41 62 785 10 05
info@icm.ch | www.icm.ch



 <p>€ 85.000</p>	 <p>€ 69.000</p>
<p>Fuchs MHL360 D 2007, 18 m reach, 44 t, exchange engine with 3500 hours</p>	<p>Fuchs MHL350 D 2007, 15 m reach, 33 t, pipe-break valves</p>
 <p>€ 69.000</p>	 <p>€ 79.000</p>
<p>Fuchs MHL340 D 2009, 13.7 m reach, 29 t, generator</p>	<p>Fuchs MHL335 D 2009, 12 m reach, 23 t, generator</p>

Heinz Hille
Tel.: +49 (0) 751 50 04 870
Fax: +49 (0) 751 50 04 46
Email: h.hille@kiesel.net





Many more machines at:
www.kiesel-used.com



Plastics recycling holds its own despite a low price of oil

► Even in view of low prices for recycled material, the trade association of plastics recycling of the bvse does not join in the gloomy predictions of other associations. “Certainly nobody is happy about the low price of oil, but the demand for good plastics qualities is still stable. This is a positive sign”, explained Dr. Dirk Textor, president of the trade association of plastics recycling in the Federal Association of Secondary Raw Materials and Disposal (bvse).

However, the trade association of plastics recycling of the bvse also sees a positive effect of the present situation: “The low price of oil helps all those who aim for high quality standards.” Plastics experts report that there is now a good offer for plastics waste.

While the plastics recycling sector in Germany complained about insufficient input amounts in the last few years, there are now sufficient amounts available for processing. The times of a limited availability of good standard plastics are over for the time being. The previous mechanisms of the command termination of good sorting goods no longer work. Market participants have been sending some plastics waste to the stores hoping that the market will change. This hope appears to be an illusion. The increase in the amounts available for processing in Germany is also due to the fact that the material flow to the Far East is slackening. The prices for plastics waste are dropping due to the large amount of plastics waste offered in Europe.

Many of the offered sorting qualities have further deteriorated in the last three months. So far, the now clearly larger amounts offered can hardly compensate the lack of quality. However, now the plastics recycling companies can more frequently refuse faulty goods and use good quality input. The German processing input still has clear faults compared to goods that can be imported from neighbouring countries.

“Plastics recycling companies are no longer ready to compromise on quality. Now only the best qualities are accepted and will find purchasers”, underlined Dr. Dirk Textor.

Das Kunststoffrecycling behauptet sich trotz eines niedrigen Ölpreises

► Auch angesichts niedriger Recyclatpreise stimmt der bvse-Fachverband Kunststoffrecycling nicht in die Kassandraruhe anderer Verbände ein. „Glücklich ist zwar niemand über den niedrigen Ölpreis, aber die Nachfrage nach guten Kunststoffqualitäten ist nach wie vor stabil. Das ist ein gutes Zeichen“, erklärt Dr. Dirk Textor, Vorsitzender des Fachverbandes Kunststoffrecycling im bvse-Bundesverband Sekundärrohstoffe und Entsorgung.

Und der bvse-Fachverband Kunststoffrecycling erkennt auch einen positiven Effekt an der gegenwärtigen Situation: „Der niedrige Ölpreis hilft all denen, die auf gute Qualitäten setzen.“ Inzwischen besteht nämlich ein gutes Angebot an Kunststoffabfällen berichten die Kunststoffexperten.

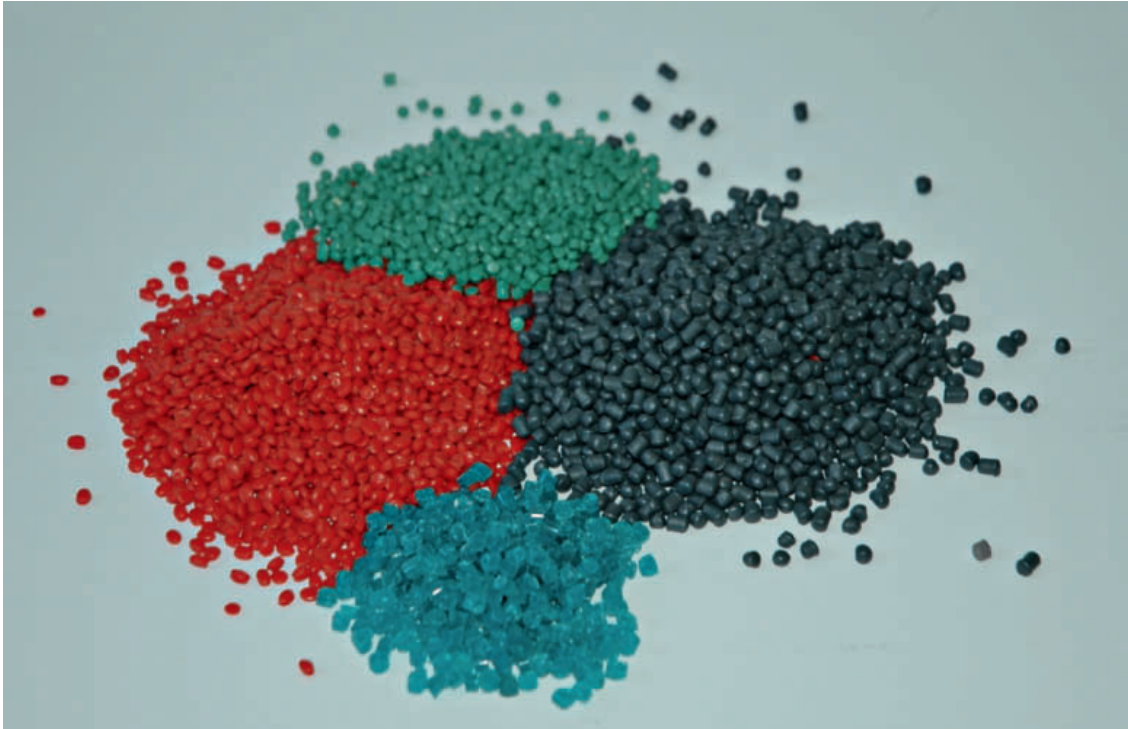
Während in den letzten Jahren das Kunststoffrecycling über mangelnde Inputmengen in Deutschland geklagt hat, gibt es jetzt ausreichende Verarbeitungsmengen. Die Zeiten der eingeschränkten Verfügbarkeit von guten Standardkunststoffen sind vorerst vorbei. Die bisherigen Mechanismen der Abstimmung guter Sortierware funktionieren nicht mehr. Marktteilnehmer haben teilweise Kunststoffabfälle mit der Hoffnung auf Markttänderungen in die Lager gefahren; diese Hoffnung scheint trügerisch zu sein. Die Steigerung an Verarbeitungsmengen in Deutschland ist auch darauf zurückzuführen, dass der Mengenabfluss nach Fernost stockt. Auf Grund des großen Angebots an Kunststoffabfällen in Europa fallen für diese auch die Preise. Viele der angebotenen Sortierqualitäten haben sich in den

Laufend Mengen an Schredderschrott
Sorte 4 abzugeben.

Menge ab Lagerplatz in NRW
oder angeliefert.

Zuschriften unter Chiffre Rec 1/16-1
Bauverlag BV GmbH | Postfach 120 | 33311 Gütersloh

◀ *Recycled plastic as granulate*
Recycelter Kunststoff als Granulat
Photo: bvse



letzten drei Monaten noch weiter verschlechtert. Die jetzt verfügbaren deutlich größeren Angebotsmengen können den Qualitätsmangel bislang kaum kompensieren. Allerdings können Kunststoffrecycler jetzt vermehrt mangelhafte Ware zurückweisen und auf qualitativ guten Input zurückgreifen. Immer noch zeigt der deutsche Verarbeitungsinput deutliche Mängel gegenüber der Ware, die aus benachbarten Ländern eingeführt werden kann.

„Kunststoffrecycler sind nicht mehr bereit, Kompromisse bei der Qualität einzugehen. Jetzt zählen nur noch beste Qualitäten, die dann und nur dann ihre Abnehmer finden“, betont Dr. Dirk Textor.

www.bvse.de

FORUS – a future part of the Eggersmann Group

► FORUS, the special manufacturer of equipment for comminution plants, with headquarters at Waren on the Müritzt, was sold to the Eggersmann Group as of 1 March 2016. The contracts regarding the future cooperation were signed at Marienfeld on 18 February 2016.

FORUS has been manufacturing mobile and stationary plants for the comminution of wood, waste and commercial waste for 25 years. It was newly founded in the middle of 2011. At the end of 2011 the company moved to the new plant site with modern manufacturing facilities geared towards growth from now on. Since that time FORUS has developed new technologies, has set itself up successfully in international markets and is also active as regards the industrial chances and opportunities in the federal state of Mecklenburg-Western Pomerania.

“Now, as more and more successful recycling brands become part of a product compound, it has become reasonable to lead also FORUS into a clearly larger company structure”, explained the previous managing director, Cathrin Wilhelm. “With the integration into the Eggersmann Group, FORUS will benefit from their wide, international sales network in the future, what will tremendously facilitate to open up new markets.” The Eggersmann Group with headquarters in the East Westphalian Marienfeld is one of Germany’s strongly

					Spezial-Reparaturwerkstatt Service: Kostenlose Abholung und Lieferung Garantie: 24 Monate
Rundmagnet	Trommelmagnet	Koprolmagnet	Blockmagnet	Überbandmagnet	
Fritz HIMMELMANN Elektromotoren <small>WWW.HIMMELMANN-MAGNETE.DE</small>					Fritz Himmelmann Elektromotoren Ruhrorter Straße 112, 45478 Mülheim/Ruhr, Postfach 10 08 37 Tel: 02 08 / 42 30 20, Fax: 02 08 / 42 37 80

At the beginning of March 2016: First sales meeting together with the new FORUS-colleagues at Waren a.d. Müritz/Germany

Anfang März 2016: Erstes Eggersmann Vertriebsmeeting mit den neuen FORUS-Kollegen in Waren a.d. Müritz

Photo: Eggersmann Gruppe



expanding plant construction companies with decades of experience and a sales structure across companies. “With the products from FORUS we expand our product range in the field of mobile and stationary key machinery and, consequently, we are getting far closer to our goal, i.e. to become a complete supplier in the field of recycling”, said Karlgünter Eggersmann, the managing director of the Eggersmann Group. “The international market more and more requires solutions one-stop. We take this into account with a well-planned and consistent acquisition strategy. Thus, our sales staff members are meanwhile acting across companies so that the customer will have access to all competences of our group.”

The future management of the FORUS GmbH, consisting of Karlgünter Eggersmann, Thomas Hein and Hans-Jürgen Geier, is looking forward to the cooperation with the FORUS employees and is convinced that it will become as positive as with the companies BACKHUS, Terra Select and BRT HARTNER.

FORUS künftig unter dem Dach der Eggersmann Gruppe

► Der Spezialmaschinenhersteller für Zerkleinerungsanlagen FORUS mit Sitz in Waren a. d. Müritz ist zum 01. März 2016 an die Eggersmann Gruppe verkauft worden. Die Verträge über die zukünftige Zusammenarbeit wurden am 18. Februar 2016 in Marienfeld unterschrieben.

FORUS fertigt seit 25 Jahren mobile und stationäre Anlagen zur Zerkleinerung von Holz, Abfall und Gewerbemüll und wurde Mitte 2011 neu gegründet. Ende 2011 zog das fortan auf Wachstum ausgerichtete Unternehmen in eine neue Betriebsstätte mit modernen Fertigungshallen um. Seither entwickelt FORUS neue Technologien, etabliert sich erfolgreich auf internationalen Märkten und bewirbt so auch die industriellen Chancen und Möglichkeiten im Land Mecklenburg-Vorpommern.

„In einer Zeit, in der sich immer mehr erfolgreiche Recyclingmarken in einen Produktverbund begeben, war es sinnvoll, auch FORUS nun in eine deutlich größere Unternehmensstruktur zu führen“, erklärt die bisherige Geschäftsführerin Cathrin Wilhelm. „Mit der Integration in die Eggersmann Gruppe profitiert FORUS zukünftig von deren breitem, internationalem Vertriebsnetz, was die Erschließung neuer Märkte ungemein erleichtern wird.“

Die Eggersmann Gruppe mit Sitz im ostwestfälischen Marienfeld zählt in Deutschland zu den stark expandierenden Anlagenbauern mit jahrzehntelanger Erfahrung und einer firmenübergreifenden Vertriebsstruktur. „Mit den Produkten von FORUS erweitern wir unser Produktsortiment in der Sparte der mobilen und stationären Key Maschinen und kommen so unserem Ziel des Komplett-Anbieters im Bereich Recycling ein großes Stück näher“, so Karlgünter Eggersmann, Geschäftsführer der Eggersmann Gruppe. „Der internationale Markt fordert immer mehr Lösungen aus einer Hand. Dem tragen wir mit einer überlegten und konsequenten Akquise-Strategie Rechnung. So agieren unsere Vertriebsmitarbeiter mittlerweile firmenübergreifend, sodass der Kunde über einen Ansprechpartner auf alle Kompetenzen unserer Unternehmensgruppe zugreifen kann.“

Die zukünftige Geschäftsführung der FORUS GmbH, bestehend aus Karlgünter Eggersmann, Thomas Hein und Hans-Jürgen Geier, freut sich auf die Zusammenarbeit mit der FORUS-Belegschaft und ist überzeugt, dass sich diese ebenso positiv gestalten wird wie mit den Firmen BACKHUS, Terra Select und BRT HARTNER.

www.f-e.de

In Germany, several million end-of-life refrigerators are disposed of each year. Many of them still contain ozone-depleting substances and thus require particularly careful treatment

In Deutschland werden jährlich mehrere Millionen Altkühlgeräte entsorgt. Viele davon enthalten noch ozonschädliche Stoffe und müssen deshalb besonders vorsichtig behandelt werden

Photo: Dieter Schütz, pixelio.de



No expensive retrofitting required

- ▶ In Germany, several million end-of-life refrigerators are disposed of each year. However, a lot of them are still CFC-foamed and thus, if not properly treated, represent a danger to the environment, as these substances attack the ozone layer.

Keine teure Nachrüstung notwendig

- ▶ In Deutschland werden jährlich mehrere Millionen Altkühlgeräte entsorgt. Viele davon sind jedoch noch FCKW-geschäumt und stellen bei nicht sachgerechter Behandlung eine Gefahr für die Umwelt dar, da die Stoffe die Ozonschicht angreifen.

Therefore, the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) issued the EN 50574:2012 with its extensions 50574:2014 and 50574:2015. It regulates the disposal of end-of-life refrigerators and has already been included in the German DIN standard. The Erdwisch Zerkleinerungssysteme GmbH is designing its refrigerator recycling plants in such a manner that they fulfill the requirements of the European

Deshalb wurde vom Europäischen Komitee für Elektrotechnische Normung CENELEC die EN 50574:2012 mit den Erweiterungen 50574:2014 und 50574:2015 herausgegeben, die die Entsorgung von Altkühlgeräten regelt und in Deutschland bereits als DIN-Norm aufgenommen wurde. Die Erdwisch Zerkleinerungssysteme GmbH konstruiert ihre Kühlgeräte-Recyclinganlagen daher bereits jetzt so, dass diese den Anforderungen der Europeanorm

standard already today. For disposal companies working with such plants, this means they can obtain the CENELEC certification without problems while saving costs and time for lengthy retrofitting processes that would otherwise be required once the norm is incorporated into law.

The professional disposal of refrigerators is still a problem for the environment, since many end-of-life devices contain substances, such as volatile

entsprechen. Entsorgungsunternehmen, die mit derartigen Anlagen arbeiten, können sich dadurch problemlos CENELEC-zertifizieren lassen und sparen sich außerdem Kosten und Zeit für langwierige Nachrüstungen, wenn die Norm verbindlich im Gesetz verankert wird.

Noch immer stellt die fachgerechte Entsorgung von Kühlgeräten ein Problem für die Umwelt dar, denn viele Altgeräte enthalten für die Ozonschicht

gefährliche Substanzen wie flüchtige Kohlenwasserstoffe. Tatsächlich entweichen aufgrund unsachgemäßen Recyclings pro Jahr noch bis zu einer Million Tonnen Treibhausgas in

Erdwich crushing systems for cooling devices fulfill CENELEC standards

hydrocarbons, which are hazardous to the ozone layer. In fact, due to improper recycling, up to one million tons of greenhouse gases still escape into the atmosphere each year. For this reason, the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) established the European Norm 50574 in 2012 which summarizes the “requirements in terms of collection, logistics and treatment of end-of-life household equipment that contains volatile fluorocarbons (VFC) or volatile hydrocarbons (VHC)”.

Thus, in a first and second treatment step, oil, VHCs and VFCs are removed from the cooling system or from the insulating foams which are used there as cooling and foaming agents. Afterwards, in a third treatment step, the substances are converted into harmless compounds. For this reason, the plant operator is required to adapt the recycling process to the current state of the art.

Regulation requires absolute leak-tightness of plants

“The challenge lies in the fact that the recycling process requires the plant to be absolutely leak-

die Atmosphäre. Deshalb hat das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) im Jahr 2012 die Europäische Norm 50574 verfasst, in denen die „Anforderungen an die Sammlung, Logistik und Behandlung von Altgeräten aus dem Haushalt, die flüchtige Fluorkohlenwasserstoffe (VFC) oder flüchtige Kohlenwasserstoffe (VHC) enthalten“, zusammengefasst sind.

Demnach sollen in einer ersten und zweiten Behandlungsstufe zunächst Öl, VHC und VFC aus dem Kühlsystem, beziehungsweise aus dem Isolierschaum entfernt werden, die dort als Kälte- und Treibmittel verwendet werden. Anschließend erfolgt in einer dritten Behandlungsstufe die Umwandlung in unschädliche Verbindungen. Vom Anlagenbetreiber wird dabei gefordert, dass die Wiederaufbereitung immer nach dem aktuellsten Stand der Technik erfolgt.

Verordnung erfordert absolute Anlagendichte

„Die Herausforderung besteht darin, dass beim Recyclingprozess eine absolute Anlagendichtigkeit gefordert wird, sodass weder Pentan noch FCKW nach außen dringen können“, erklärt Harald Erdwich, der den Bereich Vertrieb und Marketing bei Erdwich leitet. „Die Zerkleinerungsanlagen des Unternehmens sind daher so konzipiert, dass Leckagen ausgeschlossen werden können. Darüber hinaus gehen die teils wertvollen Stoffe so nicht verloren. Wir erreichen eine Rückgewinnungsrate von über 90%“, so Erdwich weiter.

Noch ist die Umsetzung aller in der Verordnung festgehaltener Vorschriften in Deutschland freiwillig. Jedoch haben bereits mehrere Länder wie die Niederlande die Europanorm in ihr Gesetz aufgenommen. Ebenso arbeiten Anlagen in Frankreich, Österreich, Schweiz, Luxemburg, Griechenland, Tschechien und Schweden auf Basis der EN 50574. Auch Deutschland wird in absehbarer Zeit sehr wahrscheinlich nachziehen.

„Sobald alle Vorschriften verbindlich sind, darf ein Entsorgungsunternehmen nur noch Kühlgeräte recyceln, wenn der Betrieb nach CENELEC zertifiziert ist. Die Abnahme erfolgt meist durch zertifizierte Sachverständige“, erläutert Erdwich. Da die Shredder-Anlage des Recyclingspezialisten aus

Recycling expert Erdwich designed its systems for refrigerator recycling in a manner that the non-binding CENELEC requirements are already being met

Der Recyclingexperte Erdwich hat seine Anlagen zur Zerkleinerung von Kühlgeräten so konstruiert, dass die noch unverbindlichen CENELEC-Anforderungen bereits jetzt erreicht werden

Photo: Erdwich Zerkleinerungssysteme GmbH



tight so that neither pentane nor CFC can escape to the atmosphere”, explains Harald Erdwich who manages the business areas Sales and Marketing at Erdwich. “Therefore, the company’s crushing plants are designed to ensure the exclusion of leakages. Moreover, the partially valuable substances will not get lost. We achieve a recycling rate of over 90%”, continues Erdwich.

In Germany, the implementation of the provisions laid down in this regulation is still optional. However, several countries, such as the Netherlands, have already incorporated the European Standard into their national laws. Also, plants in France, Austria, Switzerland, Luxemburg, Greece, the Czech Republic and Sweden are operated on the basis of the EN 50574. And Germany is most likely to follow in the foreseeable future.

“As soon as all the regulations are binding, a recycling company will only be allowed to recycle cooling devices, if it is certified according to CENELEC. In most cases, certification is carried out by certified experts”, Erdwich explains. Since the shredding plant of the recycling specialist from Kaufering has already been adapted to this regulation, the operator will profit from cost and time advantages, since expensive and time-consuming retrofitting will not be necessary.

www.erdwich.eu



◀ The CENELEC regulation places highest demands on the collection of ozone-depleting substances, such as CFCs, which achieve a recycling rate of up to 99% with the plants from Erdwich

Höchste Anforderungen stellt die CENELEC-Verordnung an die Sammlung von ozonschädigenden Stoffen wie FCKWs. Diese werden von den Erdwich-Anlagen zu 99% zurückgewonnen

Photo: Erdwich
Zerkleinerungssysteme GmbH

Kaufering bereits auf die Vorschrift ausgerichtet ist, bedeutet dies für die Betreiber einen Kosten- und Zeitvorteil, da eine teure und zeitintensive Nachrüstung somit entfällt.

sorting solutions for the recycling world

Binder+Co is the sorting specialist for glass, plastics, paper, MSW, RDF, WEEE, slag, wood, metals and C&D waste. Highest purity, consistent product quality and high yields with flexible and economic systems.

There is no other sorting system that has changed the world of recycling as sustainably as Binder+Co's leading sensor-based sorting systems.

www.binder-co.com



Visit us at:
> Bauma, April 11-17, 2016, booth B2.213, Munich
> IFAT, May 30 - June 3, 2016, booth C1.214, Munich

binder+co
we process the future



◀ A SENNEBOGEN 835 works at Stena Recycling AB in Malmö and feeds the shredder with 700 t of scrap metal per day

Ein SENNEBOGEN 835 arbeitet bei Stena Recycling AB in Malmö und beschickt den Shredder mit täglich 700 t Metallschrott

Photo: Sennebogen

Efficient scrap recycling at Stena in Malmö/Sweden

- ▶ With more than 100 scrap yards, Stena Recycling AB is one of the largest scrap and waste recyclers in Sweden. At the scrap yard in Malmö, a new SENNEBOGEN 835 has been working since mid 2014 and feeds the longest-working shredder in Sweden.

Effizientes Schrottreycling bei Stena im schwedischen Malmö

- ▶ Mit über 100 Plätzen ist die Stena Recycling AB einer der größten Schrott und Abfallrecycler in Schweden. Am Platz in Malmö arbeitet seit Mitte 2014 ein neuer SENNEBOGEN 835 und beschickt den dienstältesten Shredder Schwedens.

The longest-working shredder in Sweden has been running for over 25 years, with 3400 hp and a huge appetite for scrap. It is fed by a modern SENNEBOGEN 835 material handler that has been in operation at Stena Recycling AB in Malmö since mid 2014. Production manager Magnus Persson reports that the company had already had very good

Seit über 25 Jahren läuft er, der dienstälteste Shredder Schwedens, mit 3400 PS und einem großen Hunger nach Schrott. Beschickt wird er dabei von einem modernen SENNEBOGEN 835 Umschlagbagger, der seit Mitte 2014 bei Stena Recycling AB in Malmö in Betrieb ist. Das Unternehmen hatte bereits in Dänemark beste Erfahrungen mit zahl-



◀ Good cooperation with the local dealer OP System is the fait of production manager Magnus Persson (right) and operator Elvir Husic with Dan Hansen (OP System)

Gute Zusammenarbeit mit dem örtlichen Händler OP System – so das Fazit von Produktionsleiter Magnus Persson (rechts) und Fahrer Elvir Husic mit Dan Hansen (OP System)

Photo: Sennebogen

experience with numerous SENNEBOGEN material handlers in Denmark, “After the first months, we were very satisfied with the performance and reliability. The simple maintenance, easy access to service, and the good support from the local dealer OP System are optimum.”

Painted in the blue company color, the SENNEBOGEN 835 has a 164 kW diesel engine and handling equipment along with a multi-shell grab with a maximum range of 17 m. To prevent damage to the boom, stick protection was specially attached. Especially when material is thrown far up during loading, the wooden planking prevents the grapple from hitting the stick. The 835 of the current E-Series feeds the large shredder with around 700 t of scrap metal per day, seven days per week. The operators especially like the comfortable, elevating Maxcab, which can be moved vertically by 2.7 m and ensures the best possible overview – whether during shredder feeding or truck loading.

www.sennebogen.de

A multi-shell grab with a maximum range of 17 m

reichen SENNEBOGEN Umschlagbagger machen können, weiß Produktionsleiter Magnus Persson zu berichten: „Nach den ersten Monaten sind wir mit der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sehr zufrieden. Die einfache Wartung, ein leichter Zugang zu Service und die gute Betreuung durch den örtlichen Händler OP System sind optimal.“

Lackiert in blauer Firmenfarbe verfügt der SENNEBOGEN 835 über einen 164 kW Dieselmotor und eine Umschlagsausrüstung samt Mehrschalengreifer mit einer maximalen Reichweite von 17 m. Um Beschädigungen am Ausleger vorzubeugen, wurde eigens ein Stiel-Schutz angebracht. Vor allem, wenn

beim Aufschichten Material bis weit nach Oben geworfen wird, verhindert die Holzbeplankung ein Zurückschlagen des Greifers auf den Stiel. Täglich beschickt der 835 der aktuellen E-Serie den großen Shredder mit rund 700 t Metallschrott, sieben Tagen in der Woche. Bei den Fahrern ist besonders die hochfahrbare Maxcab Komfortkabine beliebt, die vertikal um 2,7 m verfahrbar ist und besten Überblick gewährleistet – ob bei der Shredderbeschickung oder in der LKW-Beladung.

Individuelle Förderanlagen



Gurtbandförderer

Plattenbänder

Aufgabe- u. Dosierbunker

Kettengurtförderer

KÜHNE[®]
FÖRDERANLAGEN

Lommatzsch · Dresden

Tel.: (03 52 41) 82 09-0

Fax: (03 52 41) 82 09-11

www.kuehne.com

Bauma
11. 4. - 17. 4.

IFAT
30. 5. - 3. 6.

Halle B2 | Stand 100

Halle C2 | Stand 217

Mobile screening and classification

- ▶ The D:MAX is a mobile screening and classification system used to process a variety of materials like grit, sludge and fibrous rag within the waste water treatment process. It is proven to offer waste water companies and their contractors the most efficient processing system for a range of waste materials while maximising the potential for material recovery.

Mobiles Sieben und Klassieren

- ▶ Die D:MAX ist eine mobile Sieb- und Klassieranlage, die zur Aufbereitung einer Vielzahl von Materialien wie Feinkies, Schlamm und Faserschlamm innerhalb des Abwasseraufbereitungsverfahrens verwendet wird. Sie bietet Abwasserunternehmen und ihren Lohnaufbereitern ein effizientes Aufbereitungssystem für eine Reihe von Abfallmaterialien und maximiert zudem ihr Materialrückgewinnungspotenzial.

OMROS Gesellschaft für Umwelttechnik mbH provide a range of services to municipal waste water companies with regards to tank and digester cleaning, and sludge dewatering. They are an efficient regional waste disposal company for contaminated rubble in southern Thuringia/Germany.

These cleaning processes tend to use a centrifuge for final dewatering and can run into problems with blockages if large particles (like grit and rag) are present in the material being processed. These blockages slow down production and can keep the processing team onsite for much longer than is necessary. Instead OMROS, using the CDEnviro D:MAX was able to remove both rag and grit with an inline process which cut their operating time from four weeks to under two weeks.

Die OMROS Gesellschaft für Umwelttechnik mbH bietet eine Reihe von Dienstleistungen für kommunale Abwasserunternehmen im Bereich Tank- und Faulbehälterreinigung sowie in der Schlamm entwässerung an. Sie richtete 2013 eine Deponie für nicht gefährliche Abfälle (DK I) ein und ist ein effizientes, regionales Abfallentsorgungsunternehmen im Süden Thüringens.

Bei Reinigungsprozessen dieser Art werden üblicherweise Zentrifugen für die abschließende Entwässerung verwendet, woraus sich Probleme durch Verstopfung aufgrund zu großer Partikel (wie Feinkies und Faserschlamm) im aufzubereitenden Material ergeben können. Diese Verstopfungen verlangsamten die Produktion und halten das Aufbereitungsteam vor Ort unnötig auf. Mit der Aufbereitungsanlage D:MAX von CDEnviro hingegen konnte OMROS sowohl Faserschlamm als auch Feinkies mit einem Inline-Verfahren entfernen, was ihre Durchlaufzeit von vier Wochen auf unter zwei Wochen verringerte. So wurden in diesem Beispiel Faserschlamm und Feinkies gewaschen, entwässert und in getrennten Behältern für die Wiederverwendung gelagert. Insgesamt wurden während der Reinigungsarbeiten rund 40 Absetzcontainer mit Material vom Gelände entfernt. Dieses Material wäre üblicherweise durch die Zentrifuge geleitet worden und hätte zu unnötigen Verstopfungen, übermäßigem Verschleiß und weiterem Flockungsmittelverbrauch geführt. Der wiedergewonnene Feinkies enthält weniger als 3% organisches Material und kann daher in vielen europäischen Ländern für einfache Bauzwecke wie der Schüttung für Pfade, in der Landschaftsgestaltung, als Tragschicht oder als allgemeine Unterbettungsschicht verwendet werden. Der Aufbau und Abbau der effizienten Aufbereitungsanlage ging dabei denk-

The D:MAX
demonstration system

Das D:MAX
Demonstrationssystem

Photo: CDEnviro



In this case rag and grit were washed, dewatered and stored in separate bins ready for reuse. In total, throughout the clean out job, around 40 skips of material were removed from site. This is material that would have travelled to the centrifuge causing unnecessary blockages, excessive wear and additional flocculent usage. The grit that is recovered is under the critical threshold for organic content of 3%, and is being reused around many European countries for

bar schnell vonstatten: Die D:MAX war innerhalb weniger Stunden nach ihrer Ankunft vor Ort aufgestellt und in Betrieb genommen. Genauso schnell wurde sie nach rund zwei Wochen im Einsatz wieder gereinigt, abgebaut und zum nächsten Standort gebracht.

Schließlich wirbt CDEnviro derzeit mit dieser mobilen und kostenlosen Vorführanlage um potenzielle Kunden in Deutschland, Österreich und der

D:MAX was used to process a range of industrial effluents, including oil separator waste

low grade construction purposes – path fill, landscaping, sub bases and general sub fill. The D:MAX was setup and working within a few hours of arriving onsite, and was just as quickly washed down and decommissioned before travelling to the next site.

The mobile system is being promoted by CDEnviro as a free demonstration unit for potential clients around Germany, Austria and Switzerland, to test on a range of materials including municipal waste water, road sweepings, industrial waste water, effluents with grit residue, food waste, anaerobic digestion and biogas. The system has enjoyed considerable success in the UK at some of the major utility companies, including Severn Trent Water, United Utilities and with leading contractors to the industry.

The D:MAX demonstration system recently completed another trial with the Bavarian company Umtec Umweltschutz GmbH. Umtec specialise in environmental protection and restoration ranging from tank cleaning to container servicing. In this instance, the D:MAX was used to process a range of industrial effluents, including oil separator waste. Currently, Umtec have no existing system to process this type of waste. This type of material is normally dumped in a container and left to dewater naturally before adding lime and dust to dry the waste which results in a better material to discard. By introducing the mobile system Umtec were able to turn around the waste in a much shorter time frame, discharge the material from tankers quicker and save money on lime and dust, approximately 90 €/t.

Speaking about the D:MAX demonstrations in Germany Tom Speth, Business Development Executive for CDEnviro in Germany said “The D:Max presents a fantastic opportunity for contractors around Germany processing either waste water or recycling solid waste. In addition to reclassifying waste products into reusable output materials, the D:MAX is protecting downstream equipment like centrifuges, and all on a completely mobile basis.”

For requests in trialling the D:MAX for own waste materials Tom Speth, Business Development Executive – Germany can be contacted on +49 151 26905879 or via email at tspeth@cdenviro.com.

Schweiz. Sie sollen sich selbst überzeugen, indem sie die D:MAX einfach mit den jeweils zu aufbereitenden Materialien testen. Hierbei reicht die Spannbreite von kommunalen Abwässern, Straßenkehrschicht, gewerblichen Schmutzwasser, Abwässer mit Feinkiesresten, Nahrungsmittelabfälle, bis hin zu Abfällen mit anaerober Gärung und Biogas. Das System wird in Großbritannien bereits bei einigen der führenden Versorgungsunternehmen, wie z.B. Severn Trent Water oder United Utilities sowie bei führenden Vertragsunternehmen der Branche erfolgreich eingesetzt.

Das D:MAX Demonstrationssystem kam vor Kurzem bei einem weiteren Probebetrieb im bayrischen Unternehmen Umtec Umweltschutz GmbH zum Einsatz. Umtec ist auf Umweltschutz und Sanierung spezialisiert und bietet Dienste von der Tankreinigung bis zur Behälterwartung an. In diesem Fall wurde die D:MAX eingesetzt, um eine Reihe von Industrieabwässern aufzubereiten, einschließlich Ölabscheiderabfälle. Derzeit hat Umtec kein System zur Verarbeitung dieser Arten von Abfällen. Diese Materialien werden normalerweise in einem Behälter gesammelt, wo sie durch Verdunstung entwässert werden. Danach wird Kalkstaub zur Trocknung hinzugefügt, was zu einer besser zu entsorgenden Konsistenz führt. Durch die Einführung des mobilen Systems konnte Umtec die Abfälle schneller aufbereiten, das Material aus Tankfahrzeugen schneller entleeren und 90 €/t für Kalkstaub einsparen.

Tom Speth, Business Development Executive für CDEnviro in Deutschland, sieht im Erprobungsangebot der D:MAX in Deutschland großes Potential: „Die D:MAX ist für Lohnaufbereiter in Deutschland eine hervorragende Möglichkeit, um Schmutzwasser oder Feststoffabfall aufzubereiten. Neben der Klassierung von Abfallgut in wiederverwertbares Ausgangsgut schützt die D:MAX auch die nachgelagerte Ausrüstung wie Zentrifugen, und das als mobile Anlage.“

Anfragen zur Erprobung der D:MAX mit spezifischen Abfallmaterial können direkt an Tom Speth, Business Development Executive – Deutschland unter der Nummer +49 151 26905879 oder per E-Mail an tspeth@cdenviro.com gerichtet werden.

Use of alternative fuels

- ▶ The manufacturing of cement is particularly energy intensive. To reduce the consumption of expensive primary fuels such as coal and oil, cement plant operators are increasingly opting for so-called alternative fuels and raw materials (AFR). Generally, the focus is placed on alternative fuels. To ensure that their use has no negative impact on the manufacturing process, the cement end product and the emissions, the non-reusable high calorific waste, for example scrap plastics and packaging residues, paper, composite materials and textiles, must previously be prepared such that they are suitable for use in the kiln. To ensure that customers are able to efficiently convey, store and dose the prepared fuel, the Beumer Group has established the new business area AFR systems.

Einsatz alternativer Brennstoffe

- ▶ Die Herstellung von Zement ist besonders energieintensiv. Um den Einsatz teurer primärer Brennstoffe wie Kohle und Öl zu reduzieren, setzen Betreiber von Zementwerken verstärkt auf die sogenannten alternativen Brenn- und Rohstoffe (AFR – Alternative Fuels and Raw Materials). Die Nutzung konzentriert sich dabei allgemein auf die Brennstoffe. Weil weder der Herstellungsprozess, noch das Endprodukt Zement oder die Emissionen beeinträchtigt werden dürfen, müssen die nicht weiter verwertbaren, hochkalorischen Abfälle beispielsweise aus Kunststoff- und Verpackungsresten, Papier, Verbundmaterialien oder auch Textilien zuvor ofenfertig aufbereitet werden. Damit Kunden die daraus aufbereiteten Brennstoffe effizient fördern, lagern und dosieren können, hat die Beumer Group das neue Geschäftsfeld AFR-Systems aufgestellt.

The use of alternative fuels makes the manufacturing process even more economical. In addition, primary raw material and fuel resources are conserved and landfill volumes are reduced

Durch den Einsatz alternativer Brennstoffe wird der Produktionsprozess noch wirtschaftlicher. Zudem werden primäre Rohstoff- und Brennstoffvorkommen geschont und Deponievolumen reduziert

Photo: Beumer Group GmbH & Co. KG





◀ The alternative fuels are conveyed to the main burner with no formation of dust and very little noise

Die alternativen Brennstoffe werden staubdicht und geräuscharm vom Lager zum Hauptbrenner gefördert

Photo: Beumer Group GmbH & Co. KG

In addition to mineral wastes that can be employed as alternative raw materials, the market focuses on alternative fuels. In addition to liquid alternative fuels, such as waste oil or solvents, solid fuel is largely derived from whole or shredded used tyres, waste wood or mixtures of plastics, paper, composite materials and textiles. Once these have been prepared and monitored for consistently high quality, they possess a similar calorific value to lignite. The calorific value of waste tyres is even comparable to that of mineral coal. However, in the cement manufacturing process it also has to be ensured that the ash residues of the AFR are compatible with the quality requirements imposed on the end product. This is because all the material components of the used alternative fuels are fully integrated into the clinker and mineralized. The usage of AFR ensures the cost-effectiveness of the production process. In addition, primary raw material and fuel resources are conserved and landfill volumes are reduced.

In most cases, the already prepared alternative fuels are delivered ready for the kiln by external suppliers. To ensure reliable conveyance and storage of the solid materials at the cement and lime plants, the Beumer Group now offers three tailor-made AFR systems from a single source. On the basis of the company's wide-ranging experience and consideration of customer requirements, these systems incorporate the entire chain from the goods receipt and unloading of the delivery vehicle right through to storage, sampling, conveying and dosing of the solid alternative fuels.

Tailored to each application

The range of equipment provided by the Beumer Group includes the starting system for use at the main burner. In the cement and lime industry, the primary fuels are normally ground to a particle size of smaller than 100 µm and injected into the kiln via the burner. This produces the temperature of 2000 °C at the end of the rotary kiln that is required in order for the limestone, sand, clay and ore to react and produce clinker as the intermediate product. To enable the use of solid alternative fuels in the clinkering zone burner, they must at least possess a similar calorific value to lignite (about 22 ± 2 MJ/kg), have particle sizes smaller than 30 mm, and burn out while still entrained in the flow of gases.

Neben den mineralischen Abfällen, die als alternative Rohstoffe eingesetzt werden können, fokussiert sich der Markt auf die Brennstoffalternativen. Neben flüssigen alternativen Brennstoffen, wie Altöl oder Lösemittel, besteht das Gros der festen Brennstoffe aus Ganz- oder geschredderten Altreifen, Althölzern oder Mischungen aus Kunststoffen, Papier, Verbundmaterialien oder Textilien. Nachdem diese aufbereitet und qualitativ überwacht wurden, weisen sie ähnliche Heizwerte wie Braunkohle auf. Der Heizwert von Altreifen ist sogar mit dem von Steinkohle vergleichbar. Bei der Zementherstellung muss aber auch darauf geachtet werden, dass die Ascherückstände der AFR qualitativ zum Endprodukt passen. Denn bei ihrer Verwertung werden alle stofflichen Komponenten vollständig in den Klinker eingebunden und mineralisiert. Durch ihren Einsatz erfolgt der Produktionsprozess wirtschaftlich. Zudem werden primäre Rohstoff- und Brennstoffvorkommen geschont und Deponievolumen reduziert.

Die bereits aufbereiteten Ersatzbrennstoffe werden in den meisten Fällen von externen Lieferanten ofenfertig angeliefert. Damit die Zement- und Kalkwerke die festen Materialien sicher fördern und lagern können, bietet die Beumer Group nun drei maßgeschneiderte AFR-Systeme aus einer Hand an. Diese umfassen aufgrund der vielfältigen Erfahrungen und der Berücksichtigung der Kundenwünsche die gesamte Kette von der Annahme und Entladen des Lieferfahrzeugs bis zum Lagern, Beproben, Fördern und Dosieren der festen alternativen Brennstoffe.

Auf jede Anwendung zugeschnitten

Im Programm hat die Beumer Group das Startsystem für den Einsatz am Hauptbrenner. In der Zement- und Kalkindustrie werden die Primärbrennstoffe normalerweise auf Korngrößen von weniger als 100 µm gemahlen und über den Brenner aufgegeben. Dieser erzeugt am Ende des Drehrohrofens die 2000 °C, bei der Kalkstein, Sand, Ton und Erz zum Zwischenprodukt Klinker reagieren. Um auf dem Sinterzonenbrenner feste Sekundärbrennstoffe einsetzen zu können, sollten diese mindestens einen

The kiln-ready material is usually delivered in moving-floor trailers. Beumer therefore supplies a docking station, which also serves as a local storage facility. When the trailer is empty, it is exchanged for a full one or refilled in a large tent by wheel loaders. The material is usually dosed volumetrically and then conveyed to the clinkering zone burner. This solution is deliberately designed as a pilot plant to allow operators to test their suppliers and the qualities of the fuels, as well as the behaviour of the kiln system.

Solution for use at the calciner

The second system enables the calciner to be fed with coarser alternative fuels, such as shredded tyres, or with larger particles of the aforementioned alternative fuels. These are usually subjected to less intensive preparation, and also contain three-dimensional particles. In order to burn out, they therefore require longer residence times than the more intensively prepared and exclusively two-dimensional alternative fuels for the main burner. These are usually subjected to less preparation, and also contain three-dimensional particles. In order to burn out, they therefore require longer residence times than the more intensively prepared and exclusively two-dimensional alternative fuels for the main burner.

The coarse calciner fuel is delivered in moving-floor or tipper trucks. At the reception point these alternative fuels are unloaded quickly and dust-proof, and then buffer-stored. A further store serves as a flow buffer, providing a total storage capacity of almost 900 m³. From there, the material is transported by a pipe conveyor to the corresponding height in the preheater. The alternative fuel is weighed there and then dosed in. When feeding to the firing point in the calciner there is often a risk that the material or the conveyor system might be ignited by thermal radiation or pulsations. For this reason, a valveless special feed device has been developed, through which the material can be conveyed into the calciner safely.

ähnlichen Heizwert liefern wie Braunkohle (etwa 22 ± 2 MJ/kg), Korngrößen kleiner 30 mm aufweisen und im Flug ausbrennen. Die Anlieferung des ofenfertigen Materials erfolgt in der Regel in Schubbodenaufliegern. Daher bietet Beumer eine Andockstation, die vor Ort auch als Lager dient. Wenn der Auflieger entleert ist, wird er vollständig getauscht oder im Großzelt per Radlader erneut befüllt. Das Material wird meist volumetrisch dosiert und zum Sinterzonenbrenner gefördert. Diese Lösung ist bewusst als Versuchsanlage konzipiert. Damit können Betreiber ihre Lieferanten sowie die Qualitäten der Brennstoffe und das Ofenverhalten testen.

Lösung für den Kalzinator

Mit dem zweiten System kann der Kalzinator mit größeren Ersatzbrennstoffen, wie zerkleinerte Altreifen oder die oben genannten Ersatzbrennstoffe in größerer Form beschickt werden. Diese sind meist weniger aufbereitet, enthalten auch dreidimensionale Partikel und benötigen daher zum Ausbrennen längere Verweilzeiten als zum Beispiel die intensiver aufbereiteten, ausschließlich zweidimensionalen Sekundärbrennstoffe für den Hauptbrenner.

Der grobe Kalzinatorbrennstoff wird im Schubboden- oder Kipp-Lkw angeliefert. An der Annahmestelle werden diese Ersatzbrennstoffe staubsicher und schnell entladen und zwischengelagert. Ein weiteres Lager dient als Durchfluspuffer, wodurch insgesamt eine Vorlagekapazität von knapp 900 m³ vorgehalten werden kann. Von dort gelangt das Material über den Rohrgurtförderer auf die entsprechende Höhe im Vorwärmer. Der Ersatzbrennstoff wird dort gewogen und dosiert. Bei der Zuführung zur Feuerstelle im Kalzinator besteht oft die Gefahr, dass sich durch die thermische Strahlung oder Pulsationen das Material oder die Förderanlage entzünden können. Deswegen wurde eine klappenlose Spezialzuführung entwickelt, über die das Material dem Kalzinator sicher zugeführt werden kann.

Um nach den erfolgreichen Tests eine dauerhafte, sichere und automatische Versorgung sicherstellen zu können, bietet die Beumer Group Anlagen für den permanenten Großbetrieb mit hohen thermischen Substitutionsraten an. Diese bestehen aus Annahmehbereich und Lagersystem, in welches das Kransystem Materialien unterschiedlicher Qualitäten in verschiedene Lagerzonen und Boxen einlagern kann. Die bisherigen Erfahrungen bestätigen, dass im Brennstoff immer mit Störstoffen oder Qualitätsdefiziten zu rechnen ist. Deswegen lässt sich die gesamte Lager- und Fördertechnik der Halle mit Vorkehrungen ausstatten, die z.B. den Brennstoff für den Hauptbrenner von metallischen, nassen und dreidimensionalen Störstoffen befreien oder das störende Überkorn aus dem Kalzinatorbrennstoff aushalten.

Ausgestattet mit entsprechender Sensorik läuft der Betrieb vollautomatisch. Dabei kann der Kran selbstständig zur Vergleichmäßigung genutzt werden, um Qualitätsschwankungen zu minimieren oder die Linien zum Hauptbrenner und dem Kalzinator beschicken.

Filling level sensors and other instrumentation for monitoring the automated sequences

Füllstandsensoren und andere Messtechnik überwachen die automatischen Abläufe

Photo: Beumer Group GmbH & Co. KG



In order to ensure permanent, reliable and automatic supply after the successful tests, the Beumer Group offers equipment for permanent industrial-scale operation with high thermal substitution rates. These consist of acceptance area and storage system, in which the crane system can store materials of different qualities in different storage areas and boxes. Experience up to now confirms that extraneous materials or quality deficits are always to be expected in the fuel. It is therefore possible to equip the entire storage and materials handling equipment in the hall with systems to, for example, remove metallic, wet and three-dimensional extraneous materials from the main burner fuel or to keep disruptive oversize material out of the calciner fuel.

Equipped with appropriate sensors, the equipment operates fully automatically. The crane can be used independently to homogenise the fuel in order to minimise quality variations or to feed the conveyor routes to the main burner and the calciner.

Pipe conveyor proven in practice

The Schwenk Zement KG plant in Bernburg, with its large production capacity and broad product variety, is one of the biggest and most efficient cement plants in Germany. In order to reduce energy costs, the cement plant is increasingly relying on the use of alternative fuels, which are processed in external treatment plants into high-quality fuels with defined product parameters.

Until recently, the manufacturer had used a chain conveyor. However, after almost ten years of operation and frequent modification, its maintenance intervals had shortened appreciably. Moreover, it was also no longer possible for the existing equipment to convey the alternative fuels, with their density of 0.2 t/m^3 , in sufficient quantities to the main burner. Therefore, the company now needed a reliable solution with minimum environmental impact and low maintenance requirement. In addition, the design of the new conveyor had to permit optimal adaptation to the winding route at the factory.

In order to feed their main burner with alternative fuels, Schwenk Zement KG therefore decided to install the Beumer AFR system with its pipe conveyor. Another decision criterion was the fact that the system operates almost completely automatically from the intake to the feed system of the rotary kiln. In the storage hall, cranes take the prepared alternative fuels and fill them into the discharge hopper. The hopper discharge equipment feeds the fuel onto a chain belt conveyor, which transports it continuously to the pipe conveyor, which in turn supplies it to the weigh feeders of the main burner.

The heart of the system – the pipe conveyor – can be adapted to match the winding route, requires little maintenance and protects against emissions and the notorious drifts of alternative fuel, thanks to its enclosed design and smooth mode of operation. It bridges long distances without interruptions and copes with the tight curves that are dictated by the individual plant situation.



◀ If the suppliers have problems with the quality of their fuel preparation, the Beumer AFR systems can be retrofitted. They are suitable for high thermal substitution rates

Wenn die Lieferanten Probleme mit der Qualität ihrer Aufbereitung haben, sind die Beumer AFR-Systeme nachrüstbar und für hohe thermische Substitutionsraten geeignet

Photo: Beumer Group GmbH & Co. KG

Pipe Conveyor bewährt sich in der Praxis

Das Werk der Schwenk Zement KG in Bernburg ist mit seiner Produktionskapazität und der Produktvielfalt eines der größten und leistungsfähigsten Zementwerke Deutschlands. Um die Energiekosten zu senken, setzt das Zementwerk verstärkt auf den Einsatz von Ersatzbrennstoffen, die in externen Aufbereitungsanlagen zu hochwertigen Brennstoffen mit definierten Produktparametern aufbereitet werden.

Bisher setzte der Hersteller auf einen Trogkettenförderer. Jedoch verkürzten sich nach fast zehnjährigem Einsatz und häufigem Umbau die Wartungsintervalle zusehends. Die Brennstoffe mit ihrer Dichte von $0,2 \text{ t/m}^3$ konnten mit der bestehenden Technik auch

Solid alternative fuels must at least possess a similar calorific value to lignite (about $22 \pm 2 \text{ MJ/kg}$)

nicht mehr in ausreichender Menge zum Hauptbrenner gefördert werden. Daher suchte man nun nach einer zuverlässigen Lösung, die sowohl ökologisch wie auch wartungsarm ist. Zudem sollte der neue Förderer sich mit seiner Konstruktion optimal an die kurvige Streckenführung im Werk anpassen.

Die Schwenk Zement KG entschied sich daher für das Beumer AFR-System mit seinem Pipe Conveyor, um ihren Hauptbrenner mit alternativen Brennstoffen zu versorgen. Das System arbeitet dabei weitestgehend automatisch von der Annahme bis zum Beschickungssystem des Drehrohrofens. In der Lagerhalle nehmen Kräne die aufbereiteten Ersatzbrennstoffe auf und füllen sie in die Austragsbunker mit ihren Austragsorganen. Von dort schafft ein Kettengurtförderer den Brennstoff kontinuierlich zum Pipe Conveyor, der es wiederum zu den Dosierwaagen vor dem Hauptbrenner fördert.

Der Pipe Conveyor, als kurvengängiges Herzstück, benötigt nur geringe Wartung und schützt mit seiner geschlossenen Bauform und leisen Fahrweise vor Emissionen und den bekannten Verwehungen des Brennstoffs. Er überbrückt ohne Unterbrechung lange Distanzen und bewältigt enge Kurvenradien, die sich an die individuelle Werkssituation anpassen.

www.beumergroup.com

Worldwide problem: Trash in the Ocean

- ▶ Ellen MacArthur Foundation illustrated in Davos a worldwide problem, for the solution of which the Werner & Mertz Recyclate Initiative developed specific approaches.

Weltweites Problem: Müll-Meer

- ▶ Die Ellen MacArthur-Stiftung verdeutlichte in Davos ein weltweites Problem, für dessen Lösung die Werner & Mertz Recyclat-Initiative konkrete Ansätze entwickelt.

The Mainz-based manufacturer of cleaning and care products, Werner & Mertz, once again is calling on German politicians responsible for economic and environmental policies to incorporate incentives in new recycling legislation for genuine plastic recycling from the Yellow Bag. Now that the technical feasibility of high quality recycling has been proven by numerous awards such as Germany's Federal Ecodesign Award, attention turns to surmounting the last economic barriers. The Recyclate Initiative is a cooperative project involving cross-industry partners. It proposes potential solutions to the increasing pollution of the world's oceans with plastic.

Werner & Mertz CEO Reinhard Schneider is using the current study on plastic in the world's oceans by the Ellen MacArthur Foundation – published during this week's World Economic Forum in Davos – as an occasion to call attention to the problem-solving approach of his Recyclate Initiative. The Initiative is a cooperative effort involving partners from industry, food retailing, technology firms and the non-profit nature conservation organization NABU Deutschland. "We are pursuing a genuine recycling principle with the goal of doing without crude oil in the production of plastic packaging," explained Schneider, who originated the Initiative in 2012. "Instead of using oil, we are processing reusable materials from a previously untapped source to yield packaging of such high quality that it can even be used with foodstuffs."

Approximately 80% of the plastic in the oceans now comes from unsecured landfills around the world. Strong winds and rainfalls push the plastic into the seas. Plastic packaging is generally incinerated in Germany and other European countries. Not

Der Mainzer Hersteller für Reinigungs- und Pflegemittel, Werner & Mertz, fordert die deutsche Wirtschafts- und Umweltpolitik weiter dazu auf, mit dem neuen Wertstoffgesetz Anreize für ein echtes Kunststoff-Recycling aus dem Gelben Sack zu schaffen. Nachdem die technische Machbarkeit auf hohem Qualitätsniveau u.a. mit zahlreichen Auszeichnungen, wie dem Bundespreis Ecodesign, belegt wurde, geht es nun um die Überwindung der letzten Wirtschaftlichkeitsbarrieren.

Der geschäftsführende Gesellschafter Reinhard Schneider nimmt die aktuelle Studie der Ellen MacArthur-Stiftung zu „Plastik in Weltmeeren“ – veröffentlicht auf dem

Wirtschaftsforum in Davos – zum Anlass, auf den Lösungsansatz seiner Recyclat-Initiative hinzuweisen. Die Initiative ist eine Kooperation aus Partnern von Industrie-, Lebensmitteleinzelhandel-, und Technologieunternehmen sowie der Non-Profit-Organisation NABU Deutschland. „Wir verfolgen ein echtes Kreislaufprinzip mit dem Ziel, ohne Rohöl für die Produktion von Plastikverpackungen auszukommen und stattdessen einen Wertstoff aus einer bisher ungenutzten Quelle so hochwertig aufzubereiten, dass er als Basis für sogar lebensmitteltaugliche Verpackungen dient“, sagt Reinhard Schneider, der die Initiative 2012 ins Leben rief.

Rund 80% des Plastiks in den Meeren stammt derzeit weltweit von ungesicherten Depo-nien. Starke Winde und Regenfälle treiben die Kunststoffe dann in die Weltmeere. Die in Deutschland und einigen anderen europäischen Ländern vorrangige Verbrennung von



Plastic as reusable material vs. trash in the ocean: Cooperation partners DSD and FROSCH inform retail consumers of the Recyclate Initiative

Plastik als Wertstoff vs. Müll im Meer: Die Verbraucher werden von den Kooperationspartnern DSD und FROSCH über die Recyclat-Initiative im Handel informiert
Photo: Werner & Mertz



◀ The Recyclate Initiative is a cooperative project involving cross-industry partners. It proposes potential solutions to the increasing pollution of the world's oceans with plastic

Die Recyclat-Initiative ist eine Kooperation aus branchenübergreifenden Partnern. Sie zeigt Lösungsansätze gegen die zunehmende Verschmutzung der Weltmeere mit Plastik auf

Photo: Werner & Mertz

only does this process generate three grams of CO₂ from every gram of PET, but it also wastes a material that can be recycled again and again.

A new sorting technology facilitates the “extraction” of ultra-pure PET from heavily soiled trash collections. The result is a transparent recyclate that satisfies

Plastikverpackungen erzeugt aus jedem Gramm PET drei Gramm CO₂ und stellt überdies eine Verschwendung dieses beliebig oft recycelbaren Wertstoffs dar.

Eine neuartige Sortiertechnologie ermöglicht nun eine hochreine „Extrahierung“ von PET auch aus stärker verschmutzten Müllsammlungen. Das

Approximately 80% of the plastic in the oceans now comes from unsecured landfills around the world

the strictest “food grade” requirements of the U.S. Food and Drug Administration (FDA) and remains in a closed cycle which generates no further waste.

The quantity of recyclates demanded will determine whether this type of recycling can be offered at economically attractive conditions. The complete needs of Werner & Mertz (Frosch brand) are already satisfied with this quality and a few well-known co-packers have recognized the opportunity to become pioneers at a turning point in waste prevention. Unfortunately, the current record-low oil prices are encouraging many manufacturers of plastic packaging to adhere to the linear practice of “take-make-waste” instead of adopting cycles that follow the Cradle to Cradle® principle. In this phase, financial incentives for recyclate use – as proposed in the draft of new recycling legislation – are needed to put a reasonable, ground-breaking technology into practice. Incentives that increase the economic attractiveness of PET recycling could bring about in the medium term what long ago happened with aluminum. Today there is hardly a landfill with an aluminum problem because word got out that recycling of aluminum cans, for example, pays off and people began looking after this reusable material.

The global problem of the dramatic polluting of the world's oceans with plastic can be battled

Ergebnis ist ein transparentes Recyclat, das sogar die strengsten „Food grade“ Anforderungen der U.S. Food and Drug Administration (FDA) erfüllt und in einem geschlossenen Kreislauf ohne weitere Abfallentstehung gehalten werden kann.

Die Nachfragemenge nach diesem Material entscheidet, ob dieses Recycling zu wirtschaftlich ausreichend attraktiven Bedingungen angeboten werden kann. Derzeit ist bereits der Gesamtbedarf der Firma Werner & Mertz (Marke Frosch) auf diese Qualität umgestellt,

Prozesswasser- und Abwasseraufbereitung

Leiblein

Überzeugen Sie sich von unseren innovativen Komponenten und Lösungen für die Aufbereitung von Prozesswasser und Abwasser.

LEIBLEIN GmbH • 74736 Hardheim
Tel.: 06283/2220-0 • Fax: 2220-50
E-Mail: leiblein@leiblein.de
Internet: <http://www.leiblein.de>

Reinhard Schneider, ▶
Managing partner
of Werner & Mertz,
has originated the
Recyclate Initiative

Reinhard Schneider,
Geschäftsführender
Gesellschafter von
Werner & Mertz, hat die
Recyclat-Initiative ins
Leben gerufen

Photo: Werner & Mertz



und einige namhafte Lohnabfüller haben ebenfalls die Chance erkannt, zu den Pionieren einer Trendwende in der Müllvermeidung zu gehören. Leider führen derzeit rekordniedrige Erdölpreise dazu, dass viele Hersteller von Plastikverpackungen im bisherigen linearen „take-make-waste“ Gedanken verharren, statt Kreisläufe im Sinne des Cradle to Cradle® Prinzips zu schließen. Gerade in dieser Phase wären finanzielle Anreize für Recyclat-Verwendung – so wie es der Entwurf des neuen Wertstoffgesetzes bereits vorgesehen hatte – notwendig, um eine sinnvolle Zukunftstechnologie zum Laufen zu bringen. Denn im Falle einer Incentivierung könnte die wirtschaftliche Attraktivität des PET-Recyclings dazu führen, dass mittelfristig das passiert, was beim Wertstoff Aluminium schon erfolgreich vor Jahren gelungen ist: Auf kaum einer Deponie existiert noch ein Aluminium-Problem, da sich weltweit herumgesprochen hat, dass sich Recycling von zum Beispiel Aludosen auch finanziell lohnt und sich die Menschen um diesen Wertstoff kümmern. Das globale Problem der dramatischen Verschmutzung der Weltmeere durch Plastik lässt sich nur dann innerhalb eines angemessenen Zeitraums bekämpfen, wenn alle Beteiligten auch ein wirtschaftliches Eigeninteresse entwickeln, ihre Gewohn-

heiten zu ändern und so endlich das ökologisch Richtige zu tun.

within a reasonable amount of time only if all participants develop an economic self-interest in changing their practices and finally do what is ecologically right.

heiten zu ändern und so endlich das ökologisch Richtige zu tun.

www.werner-mertz.com

Initiative Frosch

To date more than three million PET bottles made of recyclates with a share of 20% rPET from the Yellow Bag have been filled with FROSCH cleaners and brought to market. Packaging made of HDPE material, which Werner & Mertz utilizes for its professionally used cleaning products, also has been converted to recyclates via an innovative process. In New York in November 2015, the company received the international Cradle-to-Cradle® Innovator Award for its pioneering role in keeping its products in closed cycles according to the Cradle to Cradle® principle. The prize also went to the Ellen MacArthur Foundation. At the World Economic Forum in Davos the Foundation's latest study caused a sensation with its predictions. The study says that the amount of plastic waste in the world's oceans is expected to quadruple by the year 2050 – at which time more plastic than fish will be swimming in the sea.

More about the Recyclate Initiative at
www.initiative-frosch.de

Initiative Frosch

Über 3 Millionen PET-Flaschen aus Recyclat für FROSCH-Reiniger mit einem Anteil von 20% rPET aus dem Gelben Sack wurden inzwischen auf den Markt gebracht. Mittlere weile werden auch Verpackungen aus HDPE-Material, die Werner & Mertz für professionell genutzte Reinigungsmittel verwendet, ebenfalls in einem innovativen Verfahren auf Recyclat umgestellt. Für seine Vorreiterrolle, seine Produkte nach dem Cradle to Cradle® Prinzip in geschlossenen Kreisläufen zu gestalten, erhielt das Unternehmen im November 2015 den internationalen Cradle-to-Cradle® Innovator Award. Dieser Preis ging in New York ebenfalls an die Ellen MacArthur-Stiftung. Beim Weltwirtschaftsforum in Davos erregte die neueste Studie der Stiftung Aufsehen: Die Menge von Plastikmüll in den Weltmeeren soll sich bis zum Jahre 2050 vervierfachen – mehr Plastik als Fische würden dann in den Meeren schwimmen.

Mehr zur Recyclat-Initiative unter
www.initiative-frosch.de



Plastic films Kunststofffolien Photo: Steinert ▲

Sorting machines for cost-effective plastics recycling

- ▶ Steinert, a specialist for magnet and sensor technology, has launched two new sorting machines on the market. UniSort Film and UniSort Black offer operators of processing and sorting plants new approaches to solutions: Plastic films can be detected and reliably sorted out at high belt speeds thanks to Active Object Control (AOC). The application of HSI technology means that valuable black plastics can now be detected.

Sortiermaschinen für wirtschaftliches Kunststoffrecycling

- ▶ Steinert, Spezialist für Magnet- und Sensortechnologie, hat zwei neue Sortiermaschinen auf den Markt gebracht. UniSort Film und UniSort Black bieten Betreibern von Aufbereitungs- und Sortieranlagen neue Lösungsansätze: Folien lassen sich zukünftig Dank Active Object Control (AOC) bei hohen Bandgeschwindigkeiten detektieren und zuverlässig aussortieren. Wertvolle schwarze Kunststoffe werden durch den Einsatz der HSI-Technologie detektierbar.

The task of sorting PVC films, biologically based films, agricultural films and biologically degradable films is a problem for many sorting operations. Why? Because due to their lightness and form, they lift off from the acceleration belt and spin around uncontrolled, overlapping one another and ensuring that they cannot be reliably sorted out of the material flow. Operators frequently reduce the belt speed to combat this problem, with the consequence that the throughput of the corresponding sorting lines is reduced. Steinert has taken up this challenge and developed UniSort Film for just this job.

Active Object Control stabilizes material on the conveyor belt

Active Object Control (AOC) is an important component of the UniSort Film: It's a stabilizing system that uses airflow to influence the material being sorted on the belt, enabling a degree of control over the

Die Sortierung von PVC-Folien, biobasierten Folien, Agrarfolien und biologisch abbaubaren Folien ist vielen Sortierbetrieben ein Dorn im Auge. Warum? Weil sie wegen ihrer Leichtigkeit und Form vom Beschleunigungsband abheben, unkontrolliert trudeln, sich gegenseitig überdecken und sich deshalb nicht zuverlässig aussortieren lassen. Anlagenbetreiber reduzieren aus diesem Grund häufig die Bandgeschwindigkeit, sodass sich der Durchsatz in den entsprechenden Sortierlinien reduziert. Steinert hat die Herausforderung angenommen und für diese Anwendung die UniSort Film entwickelt.

Active Object Control stabilisiert Material auf Förderband

Eine wichtige Komponente der UniSort Film ist die sogenannte Active Object Control (AOC): Dabei handelt es sich um ein Stabilisierungssystem, das mit Luftströmungen das Sortiergut auf dem Band beeinflusst und im Bereich der Auffanghaube am Ende des Bandes Einfluss auf die Flugparabel des Materials ermöglicht. „Der besondere Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass Betriebe nunmehr höhere Durchsätze und zugleich eine gesteigerte Sortierperformance erreichen können“, erklärt Astrid Schröder, Anwendungsspezialistin bei STEINERT. „Entsprechend schnell amortisiert sich die Investition in die UniSort Film.“

It is possible to recognize objects without a spectrum and soot-blackened objects

material's flight parabola in the area of the catcher hood. "The great advantage of this solution is that the operation now runs with the higher throughput and that increased sorting performance can also be achieved," explains Astrid Schröder, an applications specialist at STEINERT. "The investment for the UniSort Film pays off quickly."

A high-speed camera analyses and classifies objects

The conveyor belt carries the plastic films to the heart of the sorting system: to the UniSort Film. The machine's controller and air conditioner are located in the two side parts, which also serve as supports for the detection unit (HSI) — so there is no need for an additional switchgear cabinet.

The sensor is a near infrared camera that works using Hyperspectral Imaging Technology (HSI). Different plastic parts are analysed and classified on the basis

High-Speed-Kamera analysiert und klassifiziert Objekte

Die Plastikfolien gelangen auf dem Förderband zum Herzstück des Sortiersystems: zur UniSort Film. Die Steuerung und Klimatisierung der Maschine sind in den beiden Seitenteilen untergebracht, die gleichzeitig als Träger der Detektionseinheit (HSI) dienen – ein zusätzlicher Schaltschrank wird daher überflüssig. Bei dem Sensor handelt es sich um eine Nahinfrarot-Kamera, die mit Hyper Spectral Imaging Technologie (HSI) arbeitet. Unterschiedliche Kunststoffteile werden anhand der spezifischen und reflektierten Lichtspektren analysiert und klassifiziert. Die spezifischen Spektren für PET-Flaschen und -Schalen, PE, PP und andere Kunststoffarten sind in einer Datenbank

UniSort Film ▶

UNISORT Film

Photo: Steinert



of their specific and reflected light spectra. The specific spectra for PET bottles and shells, PE, PP and other types of plastic are stored in a database. The system is operated via an intuitively understandable touchscreen display in one of the side parts. Here the operator can set which plastic parts are to be sorted out of the material flow.

Line-scan camera with 320 pixels

Unlike many of its competitors, STEINERT uses a line-scan camera. "Rather than scanning the belt point by point, this camera measures 320 pixels across the entire belt width simultaneously," explains Schröder. This distinguishes the system from classic systems, which use a point-by-point scanning technology that relies on optomechanical components such as rotating mirrors.

Thanks to the high resolution of the HSI technology, it is even possible to recognize the smallest nuances of the NIR spectrum. This capability is necessary for tasks including sorting PET bottles and trays and also for sorting black plastics. The result is a better sorting performance for operators of processing and sorting systems.

Targeted blasts of compressed air sort out plastic parts

So how is a part sorted out once it has been detected? The answer is provided by a compressed air system with a nozzle bar equipped with high-speed-valves.



hinterlegt. Die Bedienung erfolgt über ein intuitiv verständliches Touchscreen-Display in einem der Seitenteile. Hier kann der Betreiber einstellen, welche Kunststoffteile er aus dem Stoffstrom aussortieren möchte.

▲ UniSort Film in operation

UNISORT Film bei der Arbeit

Photo: Steinert

Zeilenkamera arbeitet mit 320 Bildpunkten

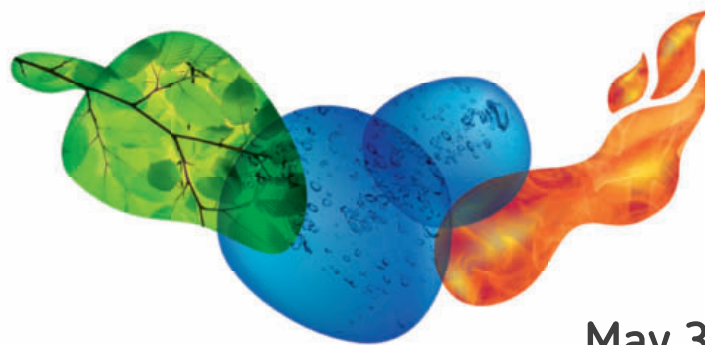
STEINERT setzt anders als viele Wettbewerber auf eine Zeilenkamera. „Diese tastet das Band nicht Punkt für Punkt ab, sondern misst an 320 Bildpunkten über die gesamte Bandbreite gleichzeitig“, erklärt Schröder. Damit unterscheidet sich das System von klassischen Systemen, der Punkt-für-Punkt-Scan-Technologie, bei der optomechanische Bauteile wie rotierende Spiegel zum Einsatz kommen.



Messe München



Innovative. Global. Future-oriented. Experience environmental technologies.



May 30–June 3, 2016

World's Leading Trade Fair for Water, Sewage, Waste and Raw Materials Management

Discover the potential of future-oriented strategies, products and services. Come along to the world's leading trade fair for environmental technologies and experience exciting live demonstrations for yourself—of complex processes and applications, machinery, systems and vehicles. Future-proof technology, up-close and practical.

Welcome to IFAT 2016!

Register now online!
www.ifat.de/tickets/en

IFAT worldwide—Visit the IFAT fairs around the globe:

IEexpo May 5–7, 2016
中国环博会
presented by BSI (China) EPFEE (CNS)
www.ie-expo.com

IFAT September 28–30, 2016
India
www.ifat-india.com

IFAT Spring 2017
Eurasia
www.ifat-eurasia.com

IFAT Autumn 2017
Environmental Technology Forum Africa
www.ifatforum-africa.com

Follow us on:     

MESSE MÜNCHEN | www.ifat.de
info@ifat.de | Tel. +49 89 949-11358



A special challenge: ►
detection of black
plastics

Eine besondere
Herausforderung:
Erkennen von schwarzen
Kunststoffteilen

Photo: Steinert



The software passes the system the exact position data of the plastic parts to be sorted out, and the system opens the corresponding valve within a fraction of a second. A directed blast of air sorts the target material out. A range of different nozzle bar spacings are available: Nozzle spacings of between 12 and 31 mm are normally used, depending on the material size.

UniSort Black even recognizes black plastic parts

Sorting operations are familiar with the problem: classic systems using near-infrared technology cannot recognize black plastic parts. This is because the reflected spectrum in the infrared wavelength region is not adequate for recognition. The parts are not sorted out, remain in the residue fraction, and cannot be separated by the processor.

Steinert has changed the game with the UniSort Black. The sorting machine basically functions in exactly the same way as the standard UniSort. But there's one essential difference: Thanks to the use of HSI technology and a more complex evaluation of the spectrum, it is now possible to recognize objects without a spectrum and soot-blackened objects of down to 200 mm in size. This offers a huge advantage for sorting plant operators. "For the first time, it's now possible to recognize and sort out black plastics as well as the normal types of plastic and so create additional value added," explains applications specialist Schröder. At the same time, the system reduces disposal costs, as the black plastic parts no longer land in the residual fraction.

Durch die hohe Auflösung der HSI-Technologie ist es beispielsweise möglich, selbst kleinste Nuancen im NIR-Spektrum zu erkennen, wie es beispielsweise für die Sortierung von PET-Flaschen, Schalen und auch schwarzen Kunststoffen erforderlich ist. Für Betreiber von Aufbereitungs- und Sortieranlagen bedeutet das eine höhere Sortierperformance.

Gezielte Druckluftstöße sortieren Plastikteile aus

Doch wie funktioniert nach der Detektion die Aus-sortierung? Hier kommt ein Druckluftsystem mit einer Düsenleiste mit High-Speed-Ventilen zum Einsatz. Es erhält von der Software die genauen Positionsdaten der auszusortierenden Plastikteile und öffnet in einem Sekundenbruchteil das entsprechende Ventil. Ein gezielter Druckluftstoß sortiert das Zielmaterial aus. Zur Auswahl stehen unterschiedliche Düsenleistenraster: Üblicherweise werden abhängig von der Materialgröße Rastermaße von 12 und 31 Millimetern eingesetzt.

UniSort Black erkennt schwarze Kunststoffteile

Sortierbetriebe kennen das Problem: Klassische Anlagen mit Nahinfrarot-Technologie können schwarze Kunststoffteile nicht erkennen. Das liegt daran, dass das reflektierte Spektrum im infraroten Wellenlängenbereich für die Erkennung nicht ausreicht. Die Teile werden nicht aussortiert, verbleiben in der Restefraktion und können von den Aufbereitern nicht separiert werden.

Steinert mischt mit der UniSort Black die Karten neu. Die Sortiermaschine funktioniert prinzipiell genau wie die Standard UniSort. Der wesentliche Unterschied: Aufgrund des Einsatzes der HSI-Technologie und einer komplexeren Auswertung des Spektrums ist es nunmehr möglich, auch spektrenlose und rußgefärbte Objekte mit einer Größe von bis zu 200 mm zu erkennen. Für die Betreiber der Sortieranlagen bietet das einen gewaltigen Vorteil: „Sie können erstmals neben den sonst üblichen Kunststoffarten zusätzlich auch die schwarzen Kunststoffe erfassen und aussortieren und dadurch eine zusätzliche Wertschöpfung erzielen“, erklärt Anwendungsspezialistin Schröder. Gleichzeitig reduziere das System die Entsorgungskosten, da die schwarzen Kunststoffteile nicht wie gewohnt in der Restefraktion landen.

www.steinert.de

UniSort Black ►

UniSort Black

Photo: Steinert



Recycling of post-consumer agricultural films

- ▶ The first use of plastic film for agricultural purposes happened in 1948 in an effort to make a cheaper version of a glasshouse. After this introduction to agriculture plastic film began being used at a larger scale around the world by the early 1950's and replaced paper for mulching vegetables. Since then, plastic films have been designed to increase produce yield and produce size and shorten growth time.

Agrarfolien – für Recycler eine Herausforderung

- ▶ Kunststofffolien wurden in der Landwirtschaft zum ersten Mal 1948 verwendet – beim Versuch, eine kostengünstige Alternative zum Glashaus zu finden. Nach diesem ersten Einsatz im Agrarbereich verbreiteten sich Kunststofffolien ab Beginn der 1950er Jahre überall auf der Welt mehr und mehr und ersetzten bald Papier beim Mulchen von Gemüse. Seither werden Folien mit dem Zweck entwickelt, den Ernteertrag und die Fruchtgröße zu steigern und die Wachstumsdauer zu verkürzen.

Developments in plastic film include durability, optical properties (ultraviolet, visible, near infrared, and middle infrared), and anti-drip or anti-fog effects. UV-blocking, NIR-blocking, fluorescent, and ultrathermic films have recently been developed to further improve the usage of agricultural films.

Protecting our crops

Weather, animals, microbes, etc. – all can harm the carefully planted and grown crops during the growth season. Agricultural films are primarily used to protect the plants against all kinds of hazards, but also against sun and drying of the soil. This way, water usage can be reduced significantly. Further use of plastic films includes storage and transport of the harvested crops. In 2013, 510 000 t of films for agricultural use were sold in Europe, the majority of them in Spain (95 000 t), Italy (80 000 t) and France (55 000 t). Other major users are Germany, the UK and Poland.¹ Films account for the biggest share of plastics used in agricultural applications – around 70% – and are mostly made of LDPE. They are used for

- ▶ Stretch
- ▶ Greenhouse and tunnels (fastest growing)
- ▶ Silage, wrapping for bale
- ▶ Mulching
- ▶ Low tunnels

Entwicklungen in der Folienherstellung betreffen unter anderem die Lebensdauer der Folien, ihre optischen Eigenschaften (ultraviolett, sichtbar, nahes und mittleres Infrarot) sowie tropf- und beschlagshemmende Effekte. In jüngster Zeit tragen neue Folien mit UV- und NIR-Sperrfilter sowie fluoreszierende und ultrathermische Folien zur Verbesserung und Erweiterung des Einsatzbereiches von Agrarfolien bei.

Wirksamer Schutz für Feldfrüchte

Während der Wachstumszeit setzen Witterungseinflüsse, Tiere, Mikroorganismen usw. den sorgfältig gepflanzten und gezogenen Pflanzen zu. Agrarfolien dienen vorwiegend zum Schutz der Pflanzen vor verschiedenen Gefahren, aber auch vor Sonnenschäden und Austrocknen des Bodens. Durch Kunststofffolien kann zum Beispiel der Wassereinsatz wesentlich reduziert werden. Weiterhin kommen Folien bei der Lagerung und dem Transport der Ernte zum Einsatz.

2013 wurden 510 000 t Agrarfolien in Europa verkauft, größtenteils in Spanien (95 000 t), Italien (80 000 t) und Frankreich (55 000 t). Weitere Großabnehmer sind Deutschland, das Vereinigte Königreich und Polen.¹

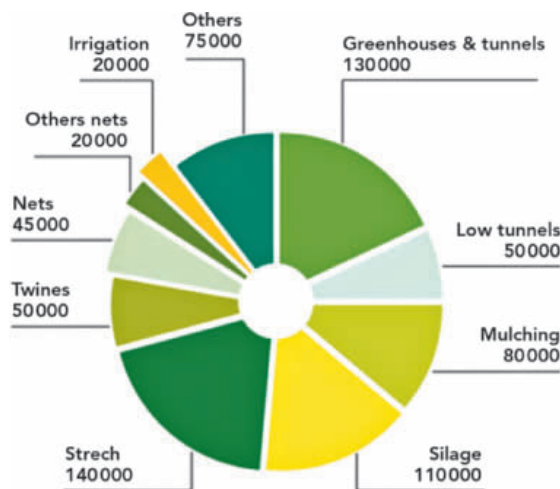
Folien, vorwiegend aus LDPE, stellen den größten Einsatzbereich von Kunststoffen in landwirtschafts-

¹ APE Europe Agriculture Plastic & Environment; 2013. European non packaging agriplastics market survey 2013. In Agriculture & Plastics. Retrieved Nov. 26, 2015 from <http://www.apecurope.eu/statistiques.php>

Usage of films in Agriculture

Einsatz von Folien in der Landwirtschaft

Source/Quelle: APE Europe



The market for agricultural film has been experiencing steady growth over the past decade. Generally, growing food demand paired with a decrease in arable land, soil protection to prevent water shortage, and increasing cost efficiency are the major drivers in the use of agricultural films. The rising standards of global farming as well as the global export of products, which requires protective packaging during transport, further add to the growth.

Studies valued the global market for agricultural films at 4 million t in 2015 and expect a growth at a CAGR of 5.6% from 2015 to 2030. China emerged as the leading consumer of agricultural film worldwide and accounted for more than 61% of the total demand in 2012. Asia and Australasia are the regions with the fastest growing demand on agricultural films, followed by Europe, CIS and Russia, and the Americas.²

Market drivers for recycling

The growing quantities of film used for agricultural purposes accounts for increasing amounts of film waste. As many countries have implemented restrictions for landfilling, the need to recycle the film waste arises. The fact that collection schemes for agricultural films already exist or are being installed in many countries – e.g. in Germany since 2014 and in Spain and the UK by 2015 – makes collection easy and helps to increase the amount of post-consumer agricultural film that enters the closed-loop economy.

Challenges in recycling of post-consumer agricultural films

The recycling of post-consumer agricultural film poses some challenges for recyclers. When the collected materials arrive for recycling, they are mostly a variety of polymers mixed together. Also, contamination is a big issue. As the waste film very often is pressed into bales for transportation, it is hard to determine the type and degree of contamination. Often, there is a lot of organic matter on the film which might already

bezogenen Anwendungen dar; ihr Anteil beträgt rund 70%. Anwendungsgebiete sind vor allem

- ▶ Stretchfolien
- ▶ Gewächshäuser und Tunnel (wachstumsstärkster Sektor)
- ▶ Silage, Ballenverpackung
- ▶ Mulchen
- ▶ Pflanzentunnel

Der Markt für Agrarfolien hat im vergangenen Jahrzehnt stetiges Wachstum gezeigt. Gestiegener Nahrungsmittelbedarf gekoppelt mit dem Rückgang der Anbauflächen, Bodenschutz zur Vermeidung von Wasserknappheit sowie erhöhte Kosteneffizienz sorgen für einen stetig wachsenden Bedarf an landwirtschaftlichen Folien. Weltweit höhere Standards in der Landwirtschaft und der globale Export landwirtschaftlicher Produkte, der Schutzverpackungen für den Transport erforderlich macht, tragen zusätzlich zum Marktwachstum bei.

Studien schätzten den Weltmarkt für Agrarfolien im Jahr 2015 auf 4 Mio. t ein und erwarten für den Zeitraum 2015 bis 2030 eine durchschnittliche Wachstumsrate (CAGR) von 5,6%. China hat sich bei Agrarfolien zum weltweit führenden Verbrauchsland entwickelt; 2012 betrug sein Anteil am Gesamtbedarf mehr als 61%. Asien und Australasien sind die Regionen mit dem schnellsten Bedarfswachstum, gefolgt von Europa, der GUS mit Russland, sowie Amerika.²

Markttreiber für Recycling

Steigende Mengen an Folien für landwirtschaftliche Anwendungen bringen auch immer größer werdende Mengen an Folienabfall mit sich. Da viele Länder die Deponierung einschränken, müssen Folienabfälle vermehrt recycelt werden. Sammelsysteme, die in vielen Ländern bereits existieren oder sich in Aufbau befinden – z.B. seit 2014 in Deutschland und seit 2015 in Spanien und in Großbritannien – erleichtern die Sammlung und tragen dazu bei, größere Mengen an Post-Consumer-Agrarfolien der Kreislaufwirtschaft zuzuführen.

Recycling von Post-Consumer-Agrarfolien: Die Herausforderungen

Die Aufbereitung gebrauchter Agrarfolien aus diesen Sammlungen stellt einige Herausforderungen an Recycler. Das Material, das zum Recyceln angeliefert wird, ist meistens eine bunte Mischung aus verschiedenen Polymeren. Auch Verunreinigungen spielen eine große Rolle: Da Folienabfall häufig für den Transport in Ballen gepresst wird, ist es kaum möglich, Art und Grad der Verschmutzung festzustellen. Nicht selten befinden sich auf den Folien organische Stoffe, die zum Teil bereits verrotten sind, und eventuell vorhandene feste bzw. abrasive Fremdstoffe müssen vor dem Granulierprozess durch eine spezielle Schmelzfiltrierung eliminiert werden.

² Vittova, Karla. Plastic films at the root of efficient and sustainable agriculture. Presentation, Agricultural Film 2015 Conference, Barcelona, Spain, September 30, 2015

have started to decompose, and possible solid and/or abrasive contaminants must be removed by means of special melt filtration before pelletizing.

Humidity from outside storage and/or washing requires special pre-drying to allow trouble-free further processing. Depending on the moisture content, different drying methods such as venting or air flushing must be employed. Thermic drying is very energy intensive in this case due to the very thin material and the large surface. Also, a significant share of material is lost as fluff in the drying process in the cyclone. If the moisture content in the input material is less than 2%, it can be processed without venting. A moisture content of up to 4% requires venting, and if it reaches up to 6%, air flushing is required. Materials with a very high moisture content – up to 8% – can be processed on recycling lines equipped with air flushing combined with a reinforced agglomerator drive. A cascade agglomerator allows the processing of materials with an even higher moisture content – up to 15% is possible.³

Flexibility is another important matter. Due to seasonally fluctuating availability of input material the recycling equipment must also allow the processing of other materials such as geotextiles, irrigation pipes, containers, and others in the meantime. In addition, the equipment should be wear resistant and have a high uptime.

Technical solutions for recycling washed post-consumer films

Depending on the quality of the regranulate, recycled agricultural film can be reused in film production or other applications such as extrusion and injection moulding (tubes and pipes, containers, etc.). Starlinger recycling technology, a business unit of the Austrian mechanical engineering company Starlinger & Co. GmbH, supplies plastics recycling equipment and has already installed a number of recycling lines for applications such as agricultural films. Starlinger's recoSTAR dynamic recycling lines – the successor of the recoSTAR basic series and on the market since spring 2015 – are especially designed for the processing of highly contaminated and washed post-consumer film. Depending on the requirements of the application the lines can be equipped with various types of degassing units, for example the integrated but independent C-VAC module, discontinuous and continuous melt filters, and four different types of pelletizers.

Maximum degassing capacity and best possible melt filtration

In order to obtain the high quality granulate required for applications such as injection mould-



Feuchtigkeit – von der Aufbewahrung im Freien oder vom Waschprozess auf der Folie – erfordert eine spezielle Vortrocknung, um die problemlose Weiterverarbeitung zu gewährleisten. Je nach Feuchtigkeitsgehalt kommen hier unterschiedliche Trocknungsverfahren wie Entlüftung oder Luftspülung zum Einsatz. Die thermische Trocknung ist

▲ Agricultural film
Agrarfolie
Photo: Starlinger

Recycling of post-consumer agricultural film poses some challenges for recyclers

wegen des sehr dünnen Materials und der großen Oberfläche sehr energieintensiv. Zudem geht ein beträchtlicher Teil des Materials während des Trockenprozesses im Zyklon als Flusen verloren. Beträgt der Feuchtigkeitsanteil am Ausgangsmaterial weniger als 2%, kann dieses ohne Entlüftung verarbeitet werden. Ein Feuchtigkeitsanteil bis 4% erfordert eine Entlüftung, und wenn er bis zu 6% beträgt, ist eine Luftspülung erforderlich. Materialien mit sehr hohem Feuchtigkeitsgehalt – bis zu 8% – können auf Recyclinganlagen verarbeitet werden, die mit Luftspülung in Kombination mit einem verstärkten Agglomeratorantrieb ausgestattet sind. Mit einem

³ The moisture contents indicated in this paragraph depend on material and machine size

ing and film extrusion, the melt needs a high degree of purification. Depending on the type and amount of contaminants the melt contains, gas is formed that could cause foaming in the melt and consequently entrapped air in the granulate. Air bubbles in the regranulate generate problems in

Kaskadenagglomerator können Materialien mit noch höherem Feuchtigkeitsanteil verarbeitet werden – möglich sind bis zu 15%.³

Ein weiteres wichtiges Thema ist die Flexibilität. Da die Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen ist, soll-

Difficult-to-recycle scrap can be turned into high-quality regranulate that is apt for use in a wide range of applications

the subsequent production process, e.g. specks and holes in the produced film, etc. The high-capacity degassing module C-VAC can be combined with any Starlinger recycling extruder. It increases the degassing surface of the melt and thus enhances degassing efficiency, removing effectively all the gases which have formed during the extrusion process due to the composition of the input material. With the C-VAC module, difficult-to-recycle scrap can be turned into high-quality regranulate that is apt for use in a wide range of applications and sells at higher prices. The line concept also allows up-cycling by adding additives – another option that widens the possible usage of the produced regranulate.

The following four case studies demonstrate, which plant configurations are suitable for the specific incoming material and for which application the produced regranulates are used.

Case Study 1: Mixed post-consumer waste

Input material:

- ▶ Washed LDPE film (sometimes up to 40% of the surface printed); washed PP big bags (sometimes up to 40% of the surface printed); washed agricultural film
- ▶ Contamination/humidity: moisture (films: up to 6%, big bags up to 10% humidity)

Target:

- ▶ Compounding of additives: up-cycling through adding calcium carbonate (CaCO₃) powder

Equipment:

- ▶ recoSTAR basic 165 VAC

Special features:

- ▶ Agglomerator airflush and active air heating
- ▶ Two masterbatch dosing units
- ▶ Continuous rotation filter
- ▶ Wear-resistant design of barrel & screw

Regranulate used for:

Five different types of regranulate are produced which are then used for manufacturing various products such as pipes, industrial containers, waste bins, crates, polyethylene films, waste disposal bags, etc.

te die Recyclinganlage die Möglichkeit bieten, zu anderen Zeiten andere Materialien wie Geotextilien, Bewässerungsrohre, Behälter usw. zu verarbeiten. Außerdem sollte die Anlage verschleißfest und für lange Standzeiten ausgelegt sein.

Technische Lösungen für das Recycling gewaschener Post-Consumer-Folien

Je nach Qualität des Regranulats finden recycelte Agrarfolien in der Herstellung neuer Folien oder in anderen Anwendungen wie Extrusion und Spritzguss (Rohre, Behälter usw.) Verwendung.

Starlinger recycling technology, eine Geschäftssparte des österreichischen Maschinenbauunternehmens Starlinger & Co. GmbH, stellt Recyclingmaschinen für Kunststoffe her und hat bereits mehrere Recyclinganlagen für Agrarfolien und ähnliche Anwendungen installiert. Starlingers Anlagen der Serie recoSTAR dynamic – Nachfolger der recoSTAR basic-Serie und seit dem Frühjahr 2015 auf dem Markt – wurden speziell für die Verarbeitung stark verunreinigter und gewaschener Post-Consumer-Folien konzipiert. Je nach Bedarf sind die Anlagen mit unterschiedlichen Entgasungseinheiten, z.B. dem integrierten aber selbständigen C-VAC Modul, mit diskontinuierlich oder kontinuierlich arbeitenden Schmelzefiltern sowie vier zur Auswahl stehenden Granuliereinheiten ausgestattet.

Höchste Entgasungsleistung und bestmögliche Schmelzefiltrierung

Um die hohe Granulatqualität zu erzielen, die Anwendungen wie Spritzguss und Folienextrusion erfordern, muss die Schmelze gut gereinigt werden. Je nach Art und Ausmaß der enthaltenen Verunreinigungen bilden sich Gase, die beim Aufschmelzen zur Schaumbildung und in der Folge zu Luft einschließen im Granulat führen können. Luftblasen im Regranulat verursachen Probleme im nachfolgenden Produktionsprozess, z.B. Flecken und Löcher in der produzierten Folie usw. Das Hochleistungs-Entgasungsmodul C-VAC kann mit jedem Starlinger-Recyclingextruder kombiniert werden. Es erhöht die Entgasungsfläche der

³ Der hier genannte Feuchtigkeitsgehalt ist abhängig von Material und Maschinengröße



Case Study 2: LDPE/LLDPE agricultural film flakes

Input material:

- ▶ Washed LDPE and LLDPE film flakes from 100% agricultural film
- ▶ Contamination/humidity: organic contaminants, up to 8% surface moisture

Target:

- ▶ Handling high humidity without reducing quality and output rate

Equipment:

- ▶ recoSTAR basic 125 VAC

Special features:

- ▶ Flushing of agglomerator with hot air from the extruder
- ▶ Single-piston backflush filter with power back-flushing

Regranulate used for:

The regranulate is used again to produce agricultural films and waste disposal bags.

Case Study 3: PE film from greenhouse

Input material:

- ▶ Washed flakes of PE post-consumer greenhouse film waste; LDPE and PP film production waste, highly printed (80-90% of the surface)
- ▶ Contamination/humidity: minimal

Target:

- ▶ Handling of high moisture, filtration (because of reuse)

Equipment:

- ▶ recoSTAR basic 125 C-VAC

Schmelze und damit auch die Entgasungswirkung und sondert effektiv alle Gase ab, die sich auf Grund der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials während des Extrusionsprozesses gebildet haben. Mit dem C-VAC Modul kann schwer zu recycelnder Kunststoffabfall zu hochwertigem Regranulat aufbereitet werden, das sich für eine Vielzahl von Anwendungen eignet und höhere Verkaufspreise erzielt. Das Anlagenkonzept ermöglicht auch das Upcyceln durch die Beimischung von Additiven – eine Option, die die mögliche Anwendungspalette des produzierten Regranulats zusätzlich erweitert.

In den folgenden 4 Fallstudien wird gezeigt, welche Anlagenkonfiguration sich für die jeweiligen Eingangsmaterialien bewährt haben und in welchen Anwendungen das produzierte Regranulat eingesetzt wird.

Fallstudie 1: Gemischter Post-Consumer-Abfall

Ausgangsmaterial:

- ▶ Gewaschene LDPE-Folie (teilweise bis zu 40% der Oberfläche bedruckt); gewaschene Big Bags aus PP (teilweise bis zu 40% der Oberfläche bedruckt); gewaschene Agrarfolie
- ▶ Verunreinigung/Feuchtigkeit: feucht (Folien bis zu 6%, Big Bags bis zu 10% Feuchtigkeitsgehalt)

Ziel:

- ▶ Compoundieren von Additiven: Upcycling durch Beimischung von pulverförmigem Kalziumkarbonat (CaCO_3)

Anlage:

- ▶ recoSTAR basic 165 VAC

Besonderheiten:

- ▶ Agglomerator-Luftspülung und aktive Luftbeheizung
- ▶ Zwei Masterbatch-Dosiereinheiten
- ▶ Kontinuierlicher Rotationsfilter
- ▶ Verschleißfeste Ausführung des Zylinders und der Schnecke

Verwendung des Regranulats:

Fünf verschiedene Arten Regranulat werden erzeugt, die dann zur Herstellung von Produkten wie Rohre, Industriebehälter, Abfallbehälter, Kisten, PE-Folien, Müllsäcke usw. verwendet werden.

Fallstudie 2: Flakes aus LDPE/LLDPE-Agrarfolien

Ausgangsmaterial:

- ▶ Gewaschene LDPE- und LLDPE-Folienflakes aus 100% Agrarfolie
- ▶ Verunreinigung/Feuchtigkeit: organische Fremdstoffe, bis zu 8% Oberflächenfeuchtigkeit

Ziel:

- ▶ Verarbeitung von Material mit hoher Feuchte, ohne Qualität und Ausstoß zu reduzieren

Anlage:

- ▶ recoSTAR basic 125 VAC

◀ Case study 1: Compounding of CaCO_3 with the recoBATCH module

Fallstudie 1: Compounding von CaCO_3 mit dem recoBATCH-Modul

Photo: Starlinger

Specials:

- ▶ Masterbatch dosing units (colour)
- ▶ C-VAC degassing module
- ▶ Online throughput and online power measurement for visualisation of kWh/kg

Regranulate used for:

The regranulate is used for producing watering pipes for agriculture.

Case Study 4: LDPE agricultural film

Input material:

- ▶ Washed post-consumer LDPE agriculture film; PE with PET, PE with aluminium (from laminated cardboard drink containers)
- ▶ Contamination/humidity: low level (organic contaminations like wood), high humidity – up to 10%

Target:

- ▶ Removal of humidity and contamination, processing of different materials

Equipment:

- ▶ recoSTAR basic 165 C-VAC

Specials:

- ▶ Two masterbatch dosing units
- ▶ Wear-resistant barrel and screw
- ▶ Continuous rotation filter
- ▶ C-VAC degassing
- ▶ Inline throughput measurement

Regranulate used for:

The regranulate is used for injection moulding parts for outdoor furniture.



Case studies 3 and 4: ▶ recoSTAR C-VAC module

Fallstudien 3 und 4: recoSTAR C-VAC Modul

Photo: Starlinger

Besonderheiten:

- ▶ Agglomeratorspülung mit Heißluft vom Extruder
- ▶ Einkolben-Rückspülfilter mit Power-Backflushing

Verwendung des Regranulats:

Das Regranulat wird zur Herstellung neuer Agrarfolien und Müllsäcke verwendet.

Fallstudie 3: PE-Folie aus Gewächshäusern

Ausgangsmaterial:

- ▶ Gewaschene Flakes aus PE Post-Consumer-Gewächshausfolie; Produktionsabfall von LDPE- und PP-Folien, stark bedruckt (80-90% der Oberfläche)
- ▶ Verunreinigung/Feuchtigkeit: Oberflächenfeuchte

Ziel:

- ▶ Verarbeitung von Material mit hoher Feuchte, Filtrierung (wegen der Wiederverwendung)

Anlage:

- ▶ recoSTAR basic 125 C-VAC

Besonderheiten:

- ▶ Masterbatch-Dosiereinheiten (Farbe)
- ▶ C-VAC-Entgasungsmodul
- ▶ Online-Durchsatz- und Energieverbrauchsmessung zur Visualisierung des Verhältnisses kWh/kg

Verwendung des Regranulats:

Das Regranulat wird zur Herstellung von Bewässerungsrohren für die Landwirtschaft verwendet.

Fallstudie 4: LDPE-Agrarfolie

Ausgangsmaterial:

- ▶ Gewaschene Post-Consumer LDPE-Agrarfolien; PE mit PET, PE mit Aluminium (von Getränkeverpackungen aus laminierte Pappe)
- ▶ Verunreinigung/Feuchtigkeit: niedrig (organische Fremdstoffe wie Holz), hohe Feuchte – bis zu 10%

Ziel:

- ▶ Verarbeitung von Material mit Verunreinigungen und hohem Feuchtegrad, Verarbeitung unterschiedlicher Materialien

Anlage:

- ▶ recoSTAR basic 165 C-VAC

Besonderheiten:

- ▶ Zwei Masterbatch-Dosiereinheiten
- ▶ Zylinder und Schnecke in verschleißfester Ausführung
- ▶ Kontinuierlicher Rotationsfilter
- ▶ C-VAC Entgasung
- ▶ Online-Durchsatzmessung

Verwendung des Regranulats:

Das Regranulat wird für die Spritzguss Herstellung von Gartenmöbelelementen verwendet.

www.starlinger.com

Recycling of halogen-free flame retardant plastics

- ▶ Zero plastics to landfill increases the need to mechanical recycling of plastics. This also applies to flame retardant plastics which are increasingly formulated with halogen-free flame retardants. The use of flame retardants can prevent the fire spreading or slow its development. According to EU regulations, plastic waste recycling is to increase in quality, and recycling rates should continue to rise: the EU target for 2020 is 70%.

Recycling halogenfrei flammgeschützter Kunststoffe

- ▶ Der Bedarf, Kunststoffe in größerem Umfang wiederzuverwerten, steigt kontinuierlich. Dies gilt auch für flammgeschützte Kunststoffe, die mehr und mehr mit halogenfreien Flammenschutzmitteln ausgerüstet werden. Flammenschutzmittel verhindern das Entzünden für eine bestimmte Zeit oder verzögern die Brandausbreitung signifikant. Nach Vorgaben der EU soll das Recycling von Kunststoffabfällen höherwertiger werden und die Recyclingquoten weiter steigen, Zielvorgabe für 2020 sind 70%.

So it is all the more important for economically viable recycling to conduct the necessary basic studies in good time. The Fraunhofer Institute for Structural Durability and System Reliability LBF has therefore launched a new research project on the recycling of halogen-free flame retardant plastics. For

Umso wichtiger ist es, für ein wirtschaftliches Recycling rechtzeitig die notwendigen grundlegenden Untersuchungen durchzuführen. Daher hat das Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF für sein Leistungsfeld Polymertechnik ein neues Forschungsvorhaben zum Recycling von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen gestartet. Das Projekt wird erstmalig Antworten auf die Recyclingfähigkeit von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen geben. Vor allem klein-

The project will provide answers to the recyclability of halogen-free flame retardant plastics

und mittelständische Unternehmen sollen Kosten einsparen und qualitativ verbesserte Produkte mit hohem Sicherheitsstandard produzieren können. In Europa werden heute mengenmäßig bereits rund 70% sogenannte halogenfreie PIN-Flammenschutzmittel verwendet, die auf Basis von Phosphor (P), anorganischen Substanzen (I) und Stickstoff (N) hergestellt werden und nicht auf Halogenen (z.B. Brom oder Chlor) aufgebaut sind. Ihr Anteil wird wachsen, da sie dem Wunsch vieler Anwender nach guter Umweltverträglichkeit, Kosteneffizienz und verlässlichem Flammenschutz in der Endanwendung entgegen kommen. Zum werkstofflichen Recycling dieser Kunststoffe ist bisher nur sehr wenig

the first time, the project will provide answers to the recyclability of halogen-free flame retardant plastics. Small and medium-sized companies in particular should be able to reduce costs in this highly market-relevant area and produce enhanced quality products with high safety standards. In Europe, around 70% halogen-free PIN flame retardants based on phosphorus (P), inorganic substances (I) and nitrogen (N) are already in use. Their share will grow as they meet the requirement of many users for good environmental compatibility, cost efficiency and reliable flame proofing in the final application. So far very little is known about the mechanical recycling of these plastics although,

with an estimated value of 3 billion €, they are very important economically in the European market. This concerns mainly the electrical and electronics industry, construction and transportation. The results of the project are significant for polymer, flame retardant and additive manufacturers, compounders, masterbatch producers, producers of plastic parts, recycling companies and consulting firms.

Ensuring recyclability

For the first time, the new multi-year research project of the Fraunhofer LBF will provide answers to the recyclability of halogen-free flame retardant plastics and suggest ways to ensure recyclability. At the same time it will make an important contribution to the socio-political issues of resource efficiency and security. The research will be carried out as part of the project funding Industrial Community Research of the AiF (German Federation of Industrial Research Associations, here Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V., www.fgkunststoffe.de) and with the participation of member companies of PINFA.

bekannt, obwohl sie mit einem geschätzten Wert von 3 Mrd. € eine sehr hohe wirtschaftliche Bedeutung auf dem europäischen Markt haben. Dies betrifft vor allem die Elektro- und Elektronik-Industrie, den Bau und das Transportwesen. Die Ergebnisse des LBF-Forschungsprojektes haben eine Bedeutung für Polymer-, Flammenschutzmittel- und Additivhersteller, Compoundeure, Masterbatch-Hersteller, Produzenten von Kunststoff-Teilen und Recyclingfirmen bis hin zu Beratungsfirmen.

Recyclingfähigkeit sicherstellen

Das neue mehrjährige Forschungsprojekt des Fraunhofer LBF wird erstmalig Antworten auf die Recyclingfähigkeit von halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen geben und Wege aufzeigen, die Recyclingfähigkeit sicher zu stellen. Gleichzeitig wird ein wichtiger Beitrag zu den gesellschaftspolitischen Themen Ressourceneffizienz und Sicherheit geliefert. Die Forschung findet im Rahmen der Projektförderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen, hier Forschungsgesell-



Fraunhofer LBF investigates recycling of halogen-free flame retardant plastics in a new research project

Mit einem neuen Forschungsprojekt will das Fraunhofer LBF das Recycling halogenfrei flammgeschützte Kunststoffe verbessern

Photo: Fraunhofer LBF

PINFA (Phosphorus, Inorganic & Nitrogen Flame Retardants Association, www.pinfa.org) represents manufacturers and users of halogen-free flame retardants and is part of the European Chemical Industry Council (Cefic).

The companies concerned will benefit from the new research project in many ways. They will be better able to use their own product waste in the case of flame-retardant formulations and to save costs. The findings will lead to enhanced quality products with high safety standards, potential hazards of degradation products will be identified and can be eliminated. Competitive advantages will continue to exist for using recycled plastics as a marketing tool and for constructing new products based on them.

Companies will be able to implement results immediately

As the institute draws on application-relevant and current commercial formulations, interested companies will be able to implement the findings immediately and directly. The ability to reuse production waste using the knowledge gained will generate a definite competitive edge. When using recyclates, it will be possible to minimize risks such as product liability based on the data compiled.

Due to the targeted mechanical recovery of recycled halogen-free plastics, the research project will reduce

It will be possible to minimize risks such as product liability based on the data compiled

the use of raw materials and contribute to conserving and using resources more efficiently. Thanks to the improved properties of recycled plastics, such as the mechanical characteristics, it will be possible to open up new applications for these recyclates and build up new business areas. With a market volume in Europe of 3 billion € for halogen-free flame-retardant plastics, the Fraunhofer LBF estimates the potential cost saving due to using production waste at 150 million € per year. The potential value for used plastics is significantly higher.

Recycling additives play an important part in quality improvement in the mechanical recycling of plastics. With the addition of customized stabilizers, compatibilizers and reactive additives, recycled materials achieve qualities that can compete with those of new material. The number of recyclate additives has increased considerably in recent years. The difficulty arising from this for producers is how to develop the best solution technically and economically for the desired property profile. This is where the Fraunhofer LBF with its plastics division is available as a neutral partner that is continuously extending its knowledge of recyclates.

www.lbf.fraunhofer.de

schaft Kunststoffe e.V., www.fgkunststoffe.de) und unter Beteiligung von Mitgliedsfirmen der PINFA statt. Die PINFA (Phosphorus, Inorganic & Nitrogen Flame Retardants Association, www.pinfa.org) repräsentiert Hersteller und Anwender von halogenfreien Flammenschutzmitteln und ist Teil des European Chemical Industry Council (Cefic).

Unternehmen werden in vielfältiger Weise vom neuen Forschungsprojekt profitieren: Sie können eigene Produktionsabfälle bei flammgeschützten Formulierungen besser nutzen und Kosten einsparen. Die Erkenntnisse führen zu qualitativ verbesserten Produkten mit hohem Sicherheitsstandard, mögliche Gefahrenquellen von Abbauprodukten werden erkannt und können kompensiert werden. Wettbewerbsvorteile bestehen weiterhin darin, Recycling-Kunststoffe als Marketing-Instrument zu nutzen und neue Produkte auf dieser Basis aufzubauen.

Firmen können Ergebnisse unmittelbar umsetzen

Da das Institut anwendungsrelevante und heutige kommerzielle Formulierungen verwendet, können die interessierten Firmen die Erkenntnisse sofort und unmittelbar umsetzen. Mit den gewonnenen Erkenntnissen entsteht durch die Wiederverwendung von Produktionsabfällen auch ein klarer Wettbewerbsvorteil. Risiken wie beispielsweise Produkthaftung bei der Verwendung von Rezyklaten können durch die erarbeitete Datenbasis minimiert werden.

Das Forschungsvorhaben wird durch die angestrebte werkstoffliche Verwertung von rezyklierten halogenfrei flammgeschützten Kunststoffen den Einsatz von Rohstoffen verringern und dazu beitragen, Ressourcen effizienter zu nutzen und zu schonen. Dank

verbesserter Eigenschaften von rezyklierten Kunststoffen, wie etwa der mechanischen Kennwerte, wird es möglich, neue Anwendungen für diese Rezyklate zu erschließen und neue Geschäftsfelder aufzubauen. Bei einem Marktvolumen in Europa von 3 Mrd. € für halogenfrei flammgeschützte Kunststoffe schätzt das Fraunhofer LBF das Kosteneinsparungspotential durch die Verwendung von Produktionsabfällen auf 150 Mio. € jährlich. Der mögliche Wert für Altkunststoffe liegt noch deutlich darüber.

Für die Qualitätsverbesserung beim werkstofflichen Recycling von Kunststoffen spielen Recycling-Additive eine wichtige Rolle. Mit der Zugabe von maßgeschneiderten Stabilisatoren, Kompatibilisatoren und reaktiven Zusätzen erreichen Rezyklate Qualitäten, die mit denen von Neuware konkurrieren können. Die Zahl der Rezyklat-Additive hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Für Produzenten erwächst daraus die Schwierigkeit, die für das gewünschte Eigenschaftsprofil technisch und kostenmäßig beste Lösung zu entwickeln. Hierbei steht das Fraunhofer LBF mit seinem Bereich Kunststoffe als neutraler Entwicklungspartner bereit und erweitert das Wissen zu Rezyklaten kontinuierlich.

The effects of additives and fillers on electrostatic sorting of plastic waste – Part 1: Model mixtures

- ▶ Electrostatic separation based on the material-specific chargeability of plastics is a practicable method for sorting plastics into pure fractions for materials-route recycling. Additives and fillers contained in the plastics may influence charging, and thus separation performance. This work therefore investigates the effects of the various constituents on the charging behaviour of plastics and arrives at solutions which balance out these effects.

Einfluss von Additiven und Füllstoffen auf die Elektrosortierung von Kunststoffabfällen – Teil 1: Modellmischungen

- ▶ Die auf der stoffspezifischen Aufladbarkeit von Kunststoffen basierende Elektrosortierung ist eine praktikable Methode, um Kunststoffe für eine stoffliche Wiederverwertung sortenrein zu trennen. Additive und Füllstoffe in den Kunststoffen können allerdings die Aufladung und damit das Trennergebnis beeinflussen. Deshalb wurden in dieser Arbeit die Einflüsse der verschiedenen Inhaltsstoffe auf das Aufladeverhalten von Kunststoffen untersucht und Lösungen gefunden, die diese Einflüsse kompensieren.

Authors/Autoren

Dr. Victoria Albrecht¹, Dr. Frank Simon¹, Dr. Edith Reinsch², Ralf Schünemann², Dr. Uwe Gohs¹, Bernd Kretschmar¹, Prof. Dr. Urs A. Peuker²

¹ Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.

² Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Mechanische Verfahrens- und Aufbereitungstechnik

Both the materials- and the energy-route recycling of plastic waste presuppose sorting of the mixed fractions arriving into their individual components or materials classes. Electrostatic separation appears to be a suitable and efficient method of sorting large quantities of plastic mixtures. The process is based on the fact that plastics are mutually electrostatically charged when mechanical contact occurs. Previous

Sowohl die wertstoffliche als auch die energetische Wiederverwertung von Kunststoffabfällen setzt eine Sortierung der anfallenden Mischfraktionen in ihre Einzelkomponenten oder Stoffklassen voraus. Die Elektrosortierung erscheint als geeignete effiziente Möglichkeit, große Mengen von Kunststoffgemischen zu sortieren. Sie basiert darauf, dass sich Kunststoffe bei mechanischer Kontaktierung gegenseitig elektrostatisch aufladen. Über die dabei ablaufenden Mechanismen wurde in vorangegangenen Arbeiten berichtet [1, 2]. Wesentlich für die Trennung binärer Gemische in einem elektrostatischen Feld ist das Ausbilden von Nettoladungen auf den Kunststoffoberflächen, wobei das Vorzeichen

der Ladung von der chemischen Konstitution des Kunststoffs bestimmt wird. Allerdings beeinflussen eine Vielzahl von Einflussfaktoren, wie bspw. Luftfeuchte, Oberflächenkontaminationen, Additive und Füllstoffe, die intrinsische Aufladung der Kunststoffe

Plastics are mutually electrostatically charged when mechanical contact occurs

works have reported on the mechanisms which take place in this process [1, 2].

The generation of net charges on the surfaces of the plastics is of essential importance for the separation of binary mixtures in an electrostatic field, the



sign (+/-) of the charge being determined by the chemical constitution of the particular plastic. A large range of factors, such as air humidity, surface contamination, additives and fillers, for example, influence the intrinsic charging of the plastics and the stability of the charges generated. Defined quantities of various fillers/additives were incorporated into low-density polyethylene (LDPE) and polypropylene (PP) in order to investigate the influence of various additives and fillers on the charging properties of plastics. Charging effects observed on filled/additive-containing LDPE and PP pellets should be attributable solely to the fillers/additives incorporated, since unmodified polyolefins, as a result of their similar

und die Stabilität der applizierten Ladungen. Um den Einfluss verschiedener Additive und Füllstoffe auf die Aufladeeigenschaften von Kunststoffen zu untersuchen, wurden definierte Mengen unterschiedlicher Füllstoffe bzw. Additive in Low-density-Polyethylen (LDPE) und Polypropylen (PP) eingebracht. Da sich unmodifizierte Polyolefine infolge einer ähnlichen chemischen Struktur nicht signifikant gegeneinander aufladen [2], sollten an gefüllten bzw. additvierten LDPE- und PP-Granulaten beobachtete Ladungseffekte allein auf die inkorporierten Füllstoffe bzw. Additive zurückzuführen sein. Die Kenntnis der Wirkung von Zusatzstoffen auf das Aufladeverhalten erscheint notwendig, da bei

▲ 1
Electrostatic gravity separator, laboratory equipment, TU BA Freiberg
Elektrostatisher Freifallscheider, Laboranlage TU BAF Freiberg

chemical structure, do not become significantly mutually charged [2].

Knowledge of the effects of additives on charging behaviour appears necessary because, in plastic mixtures, the polymeric components of which significantly mutually charge each other, the electrical fields of the additives can overcompensate for the electrostatic charging of the polymer matrix and thus result in the inversion of the sign of the net charge of the particles. Material-specific sorting is then no longer possible. If it is then further assumed that, prior to sorting of plastic-waste mixtures, it is not known what components of the mixtures are filled and/or contain additives and how, quality-

Kunststoffgemischen, deren polymere Komponenten sich gegeneinander signifikant aufladen, die elektrischen Felder der Zusatzstoffe die elektrostatische Aufladung der Polymermatrizes überkompensieren und so zu einer Umkehr der Vorzeichen der Partikelnettoladung führen können. Ein stoffspezifisches Sortieren ist damit nicht mehr möglich. Geht man weiter davon aus, dass vor einer Sortierung von Kunststoffabfallgemischen nicht bekannt ist, welche Komponenten der Gemische wie gefüllt bzw. additiviert sind, erfordert ein qualitätsgerechtes Trennen real anfallender Kunststoffgemische vorbereitende Behandlungen, die mögliche Wirkungen elektrischer Felder von Zusatzstoffen so kompensieren, dass allein polymerspezifische Ladungserscheinungen zur Separation im elektrischen Feld führen.

In vorangegangenen Arbeiten wurde gezeigt, dass durch eine Vorbehandlung mittels Elektronenstrahlen in Atmosphäre und unter milden

Bedingungen eine Aufladung von LDPE/PP-Gemischen stoffspezifisch und unabhängig von Verunreinigungen erfolgt [2]. Zeitabhängige Untersuchungen mittels Elektronenspinresonanzspektroskopie (ESR) belegten, dass durch die Bestrahlung Elektronen in die Polymermatrizes implantiert wurden und dass diese dort stoffspezifisch unterschiedliche Verweilzeiten besaßen. So verblieben die implementierten Elektronen über eine Woche in der PP-Matrix, während der generierte Ladungseffekt im LDPE nach wenigen Stunden vollkommen abgeklungen war. Das stoffspezifische Abklingverhalten implantierter Ladungen konnte genutzt werden, Ladungseffekte gefüllter und additiverter Kunststoffe so zu beeinflussen, dass allein polymer-spezifische Charakteristika das Aufladeverhalten und so die Trennung von Kunststoffgemischen im elektrostatischen Feld eines Elektroscheiders beeinflussten (**Bild 1**).

Irradiation causes the implantation of electrons in the polymer matrix

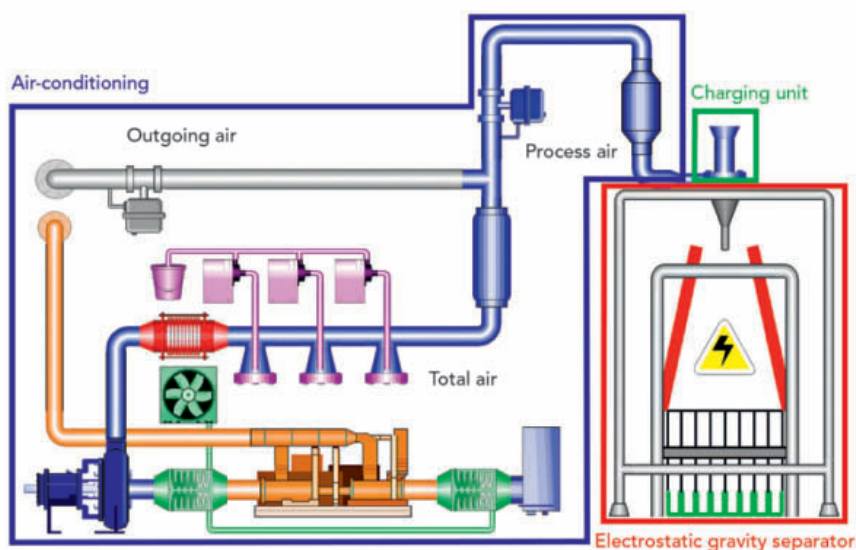
conformant separation of actually occurring plastic mixtures will then necessitate preparatory treatments which will balance out potential effects of the electrical fields of additives in such a way that separation in the electrical field is achieved only as the result of polymer-specific charge phenomena.

Previous works have demonstrated that pre-treatment by means of electron beams in atmosphere and under mild conditions causes material-specific charging of LDPE/PP mixtures irrespective of any contamination present [2]. Time-based investigations using electron-spin resonance spectroscopy (ESR) confirmed that irradiation causes the implantation of electrons in the polymer matrix and that these had differing material-specific residence times there. The implanted electrons remained in the PP matrix for more than a week, for example, while the charge effects generated in the LDPE had dissipated after only a few hours.

It was possible to utilise the material-specific dissipation behaviour of implanted charges to influence charge effects in filled and additive-containing plastics in such a way that only polymer-specific charac-

² Schematic structure of the laboratory gravity separator, showing air-conditioning, charging unit and electrostatic gravity separator. The eight collecting containers were designed as Faraday cups

Schematischer Aufbau des Laborfreifallscheiders mit Luftkonditionierung, Aufladeeinheit und elektrostatischem Freifallscheider. Die acht Auffangbehälter wurden als Faraday-Becher ausgelegt



1 Versuchsmaterialien

1.1 Kunststoffe

- Low-density-Polyethylen (LDPE): Polyethylen LDPE 150 L, Dow Olefinverbund GmbH, Schkopau/Deutschland
- Polypropylen (PP): Polypropylene HD 120 MO, Borealis AS, Stathelle/Norwegen

1.2 Eingearbeitete Additive und Füllstoffe

Die Proben wurden in einem Extruder ZSK 30 von Werner und Pfleiderer nach Vormischung im Haupttrichter bei einem Durchsatz von 10 kg/h als Stranggranulat hergestellt. Die Verarbeitungstemperaturen lagen beim LDPE zwischen 150 und 180 °C, beim PP zwischen 200 und 220 °C. Die Gehalte an eingearbeiteten Zusatzstoffen wurden mittels Röntgenfluoreszenzanalysen (RFA) überprüft.

2 Versuchsanlagen

2.1 Laborfreifallscheider

Der in **Bild 2** schematisch dargestellte Laborfreifallscheider besteht aus einer Luftkonditionieranlage

teristics influenced charging behaviour, and thus the sorting of plastic mixtures in the electrostatic field of an electrostatic separator (Fig. 1).

1 Test materials

1.1 Plastics

- ▶ Low-density polyethylene (LDPE): Polyethylene LDPE 150 L, Dow Olefinverbund GmbH, Schkopau/Germany
- ▶ Polypropylene (PP): Polypropylene HD 120 MO, Borealis AS, Stathelle/Norway

1.2 Incorporated additives and fillers

After pre-mixing in the main hopper, the specimens were prepared in the form of extruded pellets in a ZSK 30 extruder (Werner and Pfeiderer) at a throughput rate of 10 kg/h. Processing temperatures were between 150 and 180 °C in the case of the LDPE and between 200 and 220 °C in the case of the PP. Incorporated additive contents were determined by means of X-ray fluorescence analysis (XFA).

2 Test apparatus

2.1 Laboratory gravity separator

The laboratory gravity separator shown in schematic form in Fig. 2 consists of an air-conditioning system (for repeatable adjustment of relative air humidity $\varphi = 25\%$ and temperature $T = 25\text{ °C}$), a charging unit and an electrostatic gravity separator with eight collecting containers. The charging unit, a cylindrical eddy chamber, is located directly above the electrostatic gravity separator. Within it, prepared process air firstly flows through the plastic mixtures (conditioning), which are then triboelectrically charged for 4 min. in the fluidised bed thus forming at a flow velocity of 5 m/s.

The electrostatic gravity separator consists of two inclined electrodes on which a DC voltage generated by two high-voltage rectifiers was applied. Field strength varied between 2 and 4 kV/cm. The triboelectrically charged pellets, while passing through

(reproduzierbares Einstellen der relativen Luftfeuchte $\varphi = 25\%$ und Temperatur $T = 25\text{ °C}$), einer Aufladungseinheit und einem elektrostatischen Freifallscheider mit acht Auffangbehältern. Die Aufladungseinheit,

Field strength varied between 2 and 4 kV/cm

eine zylindrische Wirbelkammer, ist direkt über dem elektrostatischen Freifallscheider angeordnet. In ihr wurden die Kunststoffgemische von der aufbereiteten Prozessluft zunächst durchströmt (Konditionierung) und anschließend bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 5 m/s in der sich ausbildenden Wirbelschicht über 4 min triboelektrisch aufgeladen.

Der elektrostatische Freifallscheider besteht aus zwei schräg angeordneten Elektroden, an denen eine von zwei Hochspannungsgleichrichtern erzeugte Gleichspannung angelegt wurde. Die Feldstärke variierte dabei zwischen 2 und 4 kV/cm. Beim Passieren des elektrostatischen Feldes werden die triboelektrisch aufgeladenen Granulate entsprechend ihrer Nettoladung zu den entgegengesetzt geladenen Elektroden ausgelenkt und fallen in die Auffangbehälter, die als Faraday-Becher ausgelegt wurden. Die Nettoladung der in den einzelnen Auffangbehältern gesammelten Granulate wurde mit dem Elektrometer 6517A, Keithley Instruments Inc. (Cleveland, Ohio/USA) bestimmt.

2.2 Elektronenstrahlvorbehandlung

Die Elektronenstrahlvorbehandlung der Granulate erfolgte bei sehr polymerschonenden Bedingungen mit einem Elektronenbeschleuniger ELV-2 (INP Novosibirsk/Russland). Die entsprechenden Parameter wurden in vorangegangenen Arbeiten ermittelt: Elektronenenergie $ES = 0,6\text{ MeV}$ bei einem Strom von $I = 4,0\text{ mA}$ und Dosis $D = 7,5\text{ kGy}$ [2].

Additive Zusatzstoff	In LDPE	In PP
Pigments Pigmente	5.0 mass% masterbatch orange 0.2 mass% masterbatch brown/braun 5.0 mass% masterbatch brown/braun 5.0 mass% masterbatch carbon black/Farbruß	0.5 mass% pigment white/weiß 0.5 mass% pigment yellow/gelb 0.2 mass% masterbatch blue/blau 0.2 mass% masterbatch green/grün
Antistatic agent Antistatikum	15 mass% Irgastat P18	15 mass% Irgastat P18
Flame retardants Flammschutz	20 mass% Magnifin H5 40 mass% Magnifin H5 65 mass% Magnifin H5 40 mass% Hydral Coat 65 mass% Hydral Coat	20 mass% Magnifin H5 40 mass% Magnifin H5 65 mass% Magnifin H5
Fillers Füllstoffe	05 mass% talc/Talkum 20 mass% talc/Talkum 40 mass% talc/Talkum 05 mass% chalk/Kreide (Omyacarb 2 SV) 20 mass% chalk/Kreide (Omyacarb 2 SV) 40 mass% chalk/Kreide (Omyacarb 2 SV)	05 mass% talc/Talkum 20 mass% talc/Talkum 40 mass% talc/Talkum 05 mass% chalk/Kreide (Omyacarb 2 SV) 20 mass% chalk/Kreide (Omyacarb 2 SV) 40 mass% chalk/Kreide (Omyacarb 2 SV)

◀ Table 1/Tabelle 1
Additives incorporated into PP and LDPE
Zusatzstoffe, die in PP und LDPE eingearbeitet wurden

3 **▶**
 Collecting containers containing plastic mixtures which have passed through the electrostatic gravity separator after electron irradiation (ES=0.6 MeV at I=4.0 mA, D=7.5 kGy):
 a) LDPE containing masterbatch orange and PP, b) LDPE and PP containing pigment yellow



Auffangbehälter mit Kunststoffgemischen, die nach einer Elektronenbestrahlung (ES=0.6 MeV bei I=4,0 mA, D=7,5 kGy) den elektrostatischen Freifallscheider passiert haben: a) LDPE mit Masterbatch orange und PP, b) LDPE und PP mit Pigment gelb

the electrostatic field, are deflected to the oppositely charged electrodes in accordance with their net charge and drop into the collecting containers, which take the form of Faraday cups. The net charge of the pellets collected in the individual collecting containers was determined using the Keithley Instruments Inc. (Cleveland, Ohio/USA) 6517A electrometer.

2.2 Electron irradiation system

Electron-beam pre-treatment of the pellets was performed under extremely slight conditions using an ELV-2 electron accelerator (INP Novosibirsk/Russia). The corresponding parameters had been determined in previous works: electron energy ES=0.6 MeV at a current of I=4.0 mA and dose D=7.5 kGy [2]. Following electron irradiation and storage for 48 h, the LDPE/PP mixtures were triboelectrically charged in the laboratory gravity separator's charging unit and sorted in the electrostatic gravity separator.

3 Separation results for the LDPE/PP mixtures with various additives or fillers

3.1 Pigments

For our tests, LDPE and PP polymer pellets were filled by means of extrusion with the additives listed in **Table 1** and then re-pelletised. In initial tests, the pellets were coloured using various pigments. The coloured LDPE and PP polymer pellets were not chargeable against one another, irrespective of the

Nach der Elektronenbestrahlung und einer Lagerung von 48 Stunden wurden die LDPE/PP-Gemische in der Aufladeinheit des Laborfreifallscheiders triboelektrisch aufgeladen und im elektrostatischen Freifallscheider getrennt.

3 Trennergebnisse der LDPE-PP-Gemische mit verschiedenen Additiven oder Füllstoffen

3.1 Pigmente

Für unsere Untersuchungen wurden LDPE- und PP-Polymergranulate mit den in **Tabelle 1** aufgeführten Zusatzstoffen mittels Extrusion gefüllt und dann regranuliert. In ersten Versuchen wurden die Granulate mit verschiedenen Pigmenten eingefärbt. Die gefärbten LDPE- und PP-Polymergranulate waren unabhängig von der Konzentration und der Art der eingebrachten Pigmente nicht gegeneinander aufladbar. Eine Separation im elektrostatischen Feld war somit nicht möglich. Wie die unmodifizierten LDPE/PP-Gemische waren die gefärbten Spezies erst nach der Elektronenbestrahlung durch die zeitlich unterschiedliche Dissipation der implementierten Elektronen trennbar (**Bild 3a und b**). Die Pigmente hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Elektrosortierung.

3.2 Antistatika

Antistatika sind meist hydrophile Substanzen und werden Kunststoffen zugesetzt, um deren elektrostatische Aufladung zu unterbinden. Wasserdampfadsorptionsmessungen zeigten, dass Antistatika Wasser aus der umgebenden Luft binden. Die an der Kunststoffoberfläche entstehenden Hydratschichten ermöglichen einen Transport von Oberflächenladungen. Das Wasseraufnahmevermögen hängt neben der Art des Antistatikums auch von der Kunststoffmatrix ab. Das Wasseraufnahmevermögen wurde bei LDPE nach dem Einarbeiten von 15% Irgastat P18 wesentlich deutlicher erhöht als beim PP (**Bild 4**).

Erwartungsgemäß waren PP/LDPE-Gemische mit Antistatikazusatz ohne Vorbehandlung im elektrischen Feld des Freifallscheiders nicht trennbar. Eine Erhöhung der relativen Luftfeuchte von 25% auf 50% während der Konditionierung im Freifallscheider führte trotz der erhöhten Wasseraufnahmefähigkeit von LDPE mit 15% Irgastat P18 zu keiner

Antistatic agents are added to plastics to suppress their electrostatic charging

concentration and the type of the pigments incorporated. Sorting in an electrostatic field was thus not possible. Like the unmodified LDPE/PP mixtures, the coloured species became separable only after electron irradiation, as a result of the chronologically differing dissipation of the implanted electrons (**Fig. 3a and b**). The pigments had no significant effect on electrostatic sorting.

3.2 Antistatic agents

Antistatic agents usually take the form of hydrophilic substances and are added to plastics to suppress

their electrostatic charging. Measurements of water-vapour adsorption showed that antistatic agents fix water from the surrounding air. The hydrate layers formed on the surface of the plastic permit transportation of surface charges. Water-absorption capacity depends not only on the type of antistatic agent, but also on the plastic matrix. The water-absorption capacity of LDPE was increased much more significantly than that of PP after the incorporation of 15% Irgastat P18 (Fig. 4).

As expected, PP/LDPE mixtures containing additional antistatic agents could not be separated in the electrical field of the gravity separator without pre-treatment. Despite the greater water-absorption capacity of LDPE containing 15% Irgastat P18, increasing relative air humidity from 25% to 50% during conditioning in the gravity separator did not result in any significant change in chargeability. After electron-beam pre-treatment, it was possible to sort PP/LDPE mixtures, the LDPE fraction of which contained Irgastat P18, into pure fractions.

This appears comprehensible, since electrons implanted in LDPE are dissipated relatively quickly compared to those implanted in PP. The dissipation of near-surface charges is assisted by the action of the antistatic agent. Electrostatic charging of the PP results from the electrons remaining in the PP matrix. When, on the other hand, an attempt was made to separate in the electrostatic gravity separator a PP/LDPE mixture in which the antistatic agent had been incorporated into the PP matrix, this proved not to be possible even after electron-beam pre-treatment. The antistatic agent incorporated into the PP obviously increased not only surface conductivity but also bulk conductivity, with the result that rapid discharge also occurred in the PP and the triboelectric charge of the particles was no longer sufficient to permit separation of the components of this mixture.

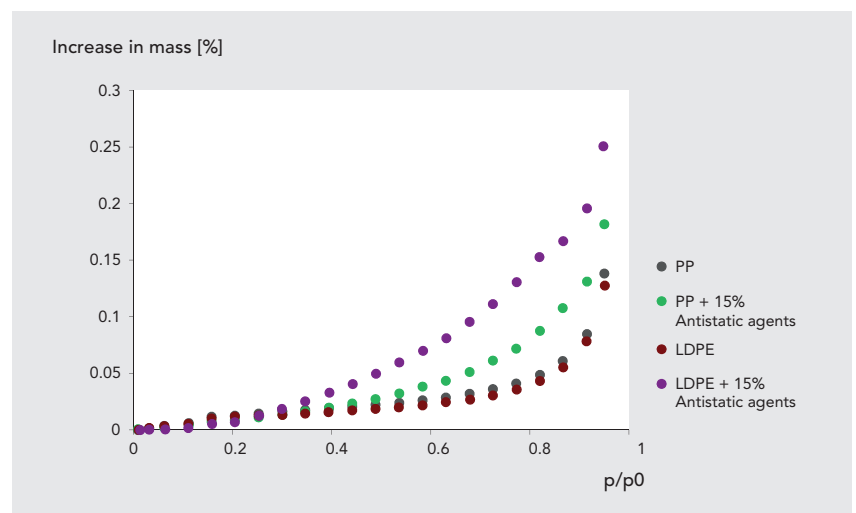
3.3 Flame retardants

Halogenated organic flame retardants are in many cases suspect on ecological and health-protection criteria. Attempts are increasingly being undertaken to replace them with inorganic flame retardants, high concentrations of which must be incorporated for effectiveness, however. Hydral Coat, an aluminium hydroxide, is used, for example, in LDPE. The thermoplastic processing of PP can take place only at higher temperatures, and magnesium hydroxide, such as Magnifin H5, for example, is used predominantly for this application.

For our comparative tests, both Hydral Coat and Magnifin H5 were incorporated into LDPE matrices. The filler concentrations varied between 20% and 65%, with the result that it was necessary to assume that the surplus charges of the hydroxide-particle surfaces would influence the charging behaviour of the plastics significantly. The flame-retardant-treated polyolefin pellets were positively charged against their unmodified collision partners. The positive charging of the components containing flame retardant against the unmodified component was not

signifikanten Veränderung der Aufladbarkeit. Nach einer Elektronenstrahlvorbehandlung konnten PP/LDPE-Gemische, deren LDPE-Fraktion Irgastat P18 enthielt, sortenrein getrennt werden.

Dies erscheint verständlich, da im LDPE implementierte Elektronen im Vergleich zu denen im PP relativ schnell dissipieren. Der Abfluss oberflächennaher Ladungen wird durch die Wirkung des Antistatikums unterstützt. Die elektrostatische Aufladung des PP resultiert aus den in der PP-Matrix verbliebenen Elektronen. Wurde dagegen versucht, ein PP/LDPE-Gemisch im elektrostatischen Freifallscheider zu trennen, bei dem das Antistatikum in die PP-Matrix eingearbeitet wurde, war dies auch nach einer Elektronenstrahlvorbehandlung nicht möglich. Das im PP eingearbeitete Antistatikum erhöhte neben der Oberflächenleitfähigkeit offensichtlich auch die Volumenleitfähigkeit, sodass es auch beim PP zur schnellen Entladung kam und die triboelektrische Aufladung der Partikel reichte nicht mehr aus, um eine Trennung der Gemischkomponenten zu bewirken.



3.3 Flammenschutz

In vielen Fällen sind halogenierte organische Flammenschutzmittel ökologisch und gesundheitlich bedenklich. Man versucht sie im zunehmenden Maße durch anorganische Flammenschutzmittel, die allerdings in hohen Konzentrationen eingearbeitet werden müssen, zu ersetzen. Für LDPE wird z.B. Hydral Coat, ein Aluminiumhydroxid verwendet. Da die thermoplastische Verarbeitung von PP nur bei höheren Temperaturen erfolgen kann, kommt hier vorzugsweise Magnesiumhydroxid, z.B. Magnifin H5 zum Einsatz. Für unsere vergleichenden Untersuchungen wurden sowohl Hydral Coat als auch Magnifin H5 in LDPE-Matrizes eingearbeitet. Die Füllstoffkonzentrationen variierten zwischen 20% und 65%, sodass davon ausgegangen werden musste, dass die Überschussladungen der Hydroxidpartikeloberflächen das Aufladverhalten der Kunststoffe signifikant beeinflussen. Die flammgeschützte Polyolefingranulate wurden gegen ihre unmodifizierten Stoßpartner positiv aufgeladen. Da aus der triboelektrischen

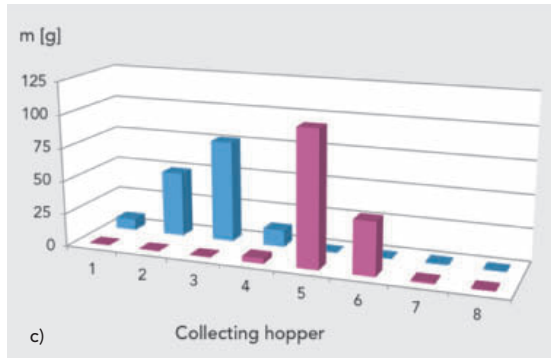
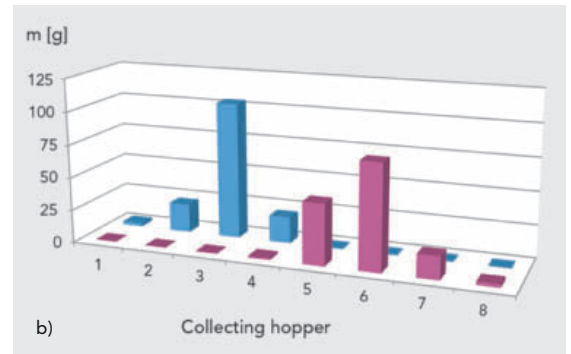
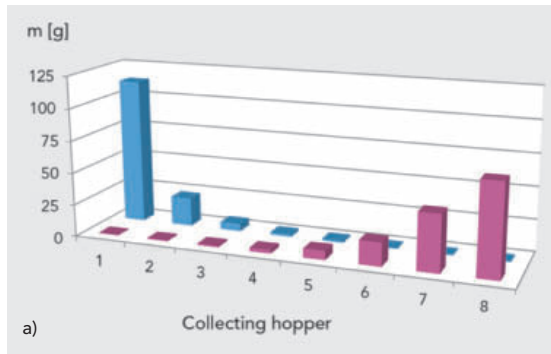
▲ 4 Influence of the antistatic agent Irgastat P18 on water-vapour adsorption on LDPE and PP surfaces (measurements performed using an IGA-002 vapour sorption analyser manufactured by Hiden, of Warrington/UK; p/p_0 = relative water-vapour partial pressure)

Einfluss des Antistatikums Irgastat P18 auf die Aufnahme von Wasserdampf an LDPE- und PP-Oberflächen (die Messungen erfolgten mit einem Sorptionsanalysator IGA-002 der Firma Hiden, Warrington/Großbritannien; p/p_0 = relativer Partialdruck des Wasserdampfes)

5 ▶

The effect of flame retardants on the electrostatic separation of model mixtures after electron-beam pre-treatment ($ES=0.6\text{ MeV}$ at $I=4.0\text{ mA}$, $D=7.5\text{ kGy}$) and specimen storage for 48 h: a) Separation performance for PE containing 40% $\text{Al}(\text{OH})_3$ (■) and unfilled PP (■), b) Separation performance for PE containing 40% $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (■) and unfilled PP (■), c) Separation performance for unfilled PE (■) and PP containing 40% $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (■)

Einfluss von Flamm- schutzmittel auf die elektro- statische Trennung von Modellmischungen nach einer Elektronen- strahlvorbehandlung ($ES=0,6\text{ MeV}$ bei $I=4,0\text{ mA}$, $D=7,5\text{ kGy}$) und einer Proben- lagerung über 48 h: a) Trennergebnis von PE mit 40% $\text{Al}(\text{OH})_3$ (■) und ungefüllten PP (■), b) Trennergebnis von PE mit 40% $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (■) und ungefüllten PP (■), c) Trennergebnis von ungefüllten PE (■) und PP mit 40% $\text{Mg}(\text{OH})_2$ (■)



surprising, since it is known from the Brück [3] triboelectric series that plastics containing basic groups predominantly take positive charges. This effect increased as the flame-retardant concentration rose, and was more pronounced in LDPE than in PP. The influence of magnesium hydroxide was also greater than that of aluminium hydroxide.

Electron-beam pre-treatment made it possible to balance out the influence of the flame retardant in LDPE and PP completely. Separation was material-specific in all cases, i.e., PP was always negatively charged, irrespective of the flame retardant incorporated, in other words: the intrinsic influence of the flame retardant in the PP was slighter than the influence of the implanted charges from pre-treatment. **Fig. 5a–c** shows the extremely good material-specific

Reihe nach Brück [3] bekannt ist, dass sich Kunststoffe mit basischen Gruppen bevorzugt positiv aufladen, überraschte die positive Aufladung der Komponente mit dem Flammenschutzmittel gegenüber der unmodifizierten Komponente nicht. Der Effekt stieg mit der Konzentration an Flammenschutzmittel und war in LDPE höher als in PP. Auch war der Einfluss von Magnesiumhydroxid höher als von Aluminiumhydroxid.

Mit der Elektronenstrahlvorbehandlung konnte der Einfluss des Flammenschutzmittels in LDPE und PP vollständig kompensiert werden. Die Trennung erfolgte immer stoffspezifisch, d.h. PP wurde unabhängig vom eingearbeiteten Flammenschutzmittel jeweils negativ aufgeladen, d.h. der intrinsische Einfluss des Flamm- schutzmittels im PP war geringer als der Einfluss der implementierten Ladungen der Vorbehandlung. **Bild 5a–c** zeigt die sehr gute stoffspezifische Separation unabhängig von dem eingearbeiteten Flamm- schutzmittel bei einem Massenanteil von 40% nach der Elektronenbestrahlung.

3.4 Füllstoffe

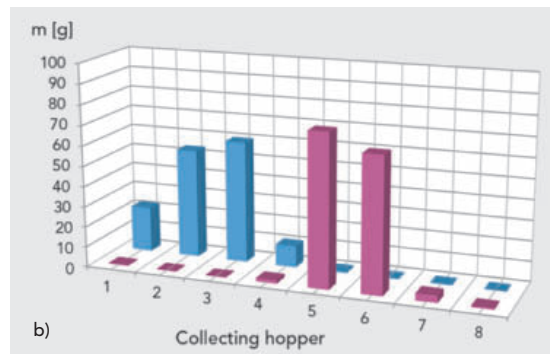
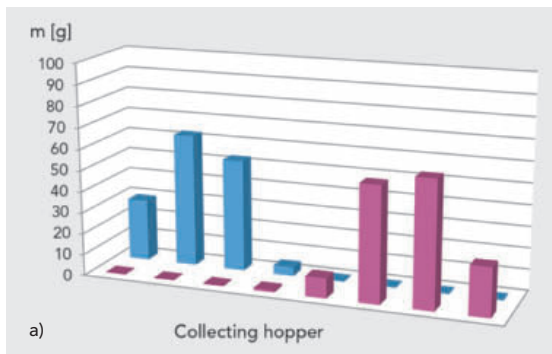
Als Füllstoffe werden meist anorganische Zuschlag- stoffe eingesetzt, die sich wesentlich in ihrer Struk- tur und Zusammensetzung vom Kunststoff unter- scheiden. Es wird zwischen aktiven und inaktiven Füllstoffen differenziert. Während inaktive Füllstoffe nur eine Volumenvergrößerung und damit Kosten- senkung des Fertigteils bewirken sollen, werden aktive Füllstoffe eingesetzt, um die Verarbeitbarkeit zu verbessern. Diese Füllstoffe sollen die Steifigkeit, Härte und Oberflächenqualität sowie Wärmeform- beständigkeit der Kunststoffe erhöhen [4]. Typische Füllstoffe sind Kreide und Tal- kum. Kreide (Calciumcarbonat) wird zur Erhöhung der Temperaturbeständigkeit, Schlagfestigkeit oder zur Versteifung eingesetzt. Da Kreide keinen intrin- sischen Einfluss auf die elektrischen Eigenschaften der mit ihr gefüllten Kunststoffe hat [5], konnte auch bei einem hohen Gehalt von 40% Kreide kein Einfluss auf die Aufladbarkeit von Polyolefingemischen nachgewiesen werden. LDPE/PP-Gemische in deren einen Komponente Kreide eingearbeitet war, zeigten – wie ungefüllte LDPE/PP-Gemische – so geringe Aufladungen, dass sie unsortiert in den mitt- leren Kästen des elektrostatischen Freifallscheiders aufgefangen wurden. Analog zu den Ergebnissen der

The filler concentrations varied between 20% and 65%

separation, irrespective of the flame retardant incor- porated, at a 40% content by mass, after electron irradiation.

3.4 Fillers

Inorganic additives with structures and compositions differing significantly from the particular plastic are generally used as fillers. Differentiation is made here between active (“functional”) and non-active fillers. Non-active fillers achieve only an enlargement of volume, and thus a reduction of the costs of the finished product, whereas active fillers are used to improve workability. These fillers are intended to



6
The effects of chalk on electrostatic separation of LDPE/PP model mixtures after electron-beam pre-treatment (ES=0.6 MeV at I=4.0 mA, D=7.5 kGy) and specimen storage for 48 h: a) Separation performance for PE containing 40% chalk (■) and filled PP (■), b) Separation performance for filled PE (■) and PP containing 40% chalk (■)

increase the rigidity, hardness, surface quality and thermal geometric stability (heat distortion temperature) of the plastics [4].

Chalk and talc are typical fillers. Chalk (calcium carbonate) is used to enhance temperature resistance and impact strength, or for stiffening. Chalk has no intrinsic effect on the electrical properties of plastics filled using it [5], and no influence on the chargeability of polyolefin mixtures could be detected even at the high chalk content of 40%. LDPE/PP mixtures, into one component of which chalk had been incorporated, manifested – like unfilled LDPE/PP mixtures – such low charges that they were collected unsorted in the centre containers of the electrostatic gravity separator. Analogously to the results of electron-beam pre-treatment of unfilled LDPE/PP mixtures [2], it was possible to charge irradiated

Elektronenstrahlvorbehandlung ungefüllter LDPE/PP-Gemische [2] ließen sich bestrahlte Polyolefingemische, die kreidegefüllte Komponenten enthielten, polymerspezifisch aufladen und stoffrein in ihre Komponenten trennen, obwohl ESR-Messungen nach der Bestrahlung gefüllter Polyolefine zeigten, dass gerade Kreide in LDPE das Abfließen der Ladungen am stärksten behinderte. Aber unabhängig davon, ob sich die Kreide in LDPE oder PP befand, wurde die PP-Komponente nach der Vorbehandlung stets negativ aufgeladen (Bild 6a und b).

Talkum, ein hydratisiertes Magnesiumsilicat erhöht nicht nur die Biege- und Schlagfestigkeit von Kunststoffen [4], es ist auch bekannt, dass es ihren elektrischen Widerstand erhöht. Es war daher nicht verwunderlich, dass sich bereits ein Gehalt von 5% Talkum ladungssteuernd auf die Aufladung der Kunststoffe LDPE und PP auswirkte. Dabei lud sich die talkumgefüllte Polyolefinkomponente gegenüber der ungefüllten signifikant negativ auf (Bild 7a und Bild 7b). Die Aufladung der Granulatgemische erfolgte nicht

Einfluss von Kreide auf die elektrostatische Trennung von LDPE/PP-Modellmischungen nach einer Elektronenstrahlvorbehandlung (ES=0,6 MeV bei I=4,0 mA, D=7,5 kGy) und einer Probenlagerung über 48 h: a) Trennergebnis von PE mit 40% Kreide (■) und ungefüllten PP (■), b) Trennergebnis von ungefüllten PE (■) und PP mit 40% Kreide (■)

Chalk and talc are typical fillers

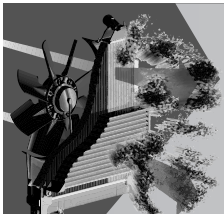
polyolefin mixtures containing chalk-filled components polymer-specifically and to separate them into their pure component fractions, despite the fact that ESR measurements following irradiation of filled polyolefins showed that precisely chalk in LDPE most greatly retarded dissipation of the charges. The PP component was always negatively charged after pre-treatment, however, irrespective of whether the chalk was contained in the LDPE or the PP (Fig. 6a and b).

Talc, a hydrated magnesium silicate, increases not only the flexural and impact strength of plastics [4], it is also known to increase their electrical resistance. It was therefore no surprise that a talc content of as little as 5% had a charge-controlling effect on charging of LDPE and PP plastics. The talc-filled polyolefin component took a significant negative charge vis-à-vis the unfilled component (Fig. 7a and Fig. 7b). Charging of the pellet mixtures did not occur polymer-specifically, as is necessary for the targeted material separa-


– wie für eine angestrebte stoffliche Trennung der Kunststoff notwendig – polymerspezifisch, sondern wurde von den intrinsischen elektrischen Eigenschaften der Füllstoffpartikel gesteuert. Durch Erhöhen des Füllgrads stieg auch die Trennschärfe (Bild 7c und Bild 7d).


Der Beitrag der intrinsischen Ladungen, die die Talkumpartikel tragen, konnte anhand rasterkraftmikroskopischer Untersuchungen visualisiert werden. Während das Phasenbild eines ungefüllten LDPE-Films eine homogene Ladungsverteilung auf dem LDPE-Schmelzefilm zeigte (Bild 8a), erkennt man bereits bei einem Füllgrad von 5% Talkum im LDPE ausgedehnte elektrisch negativ geladene Domänen (helle Areale in Bild 8b) auf der Oberfläche des Polymerfilms.

Die in Bild 7a–d gezeigte gute Trennbarkeit der talkumgefüllten Polyolefine von ungefüllten Polyolefinen, erfordert eigentlich keine Vorbehandlung der Granulatgemische. Allerdings ist in den meisten Fäl-




mehr Leistung
spart 30% der Lüfter-Antriebsleistung
(Uni Karlsruhe 2013)







weniger Lärm



weniger Verbrauch



CLEANFIX.ORG
Umschalt-Ventilatoren zur Kühlerreinigung

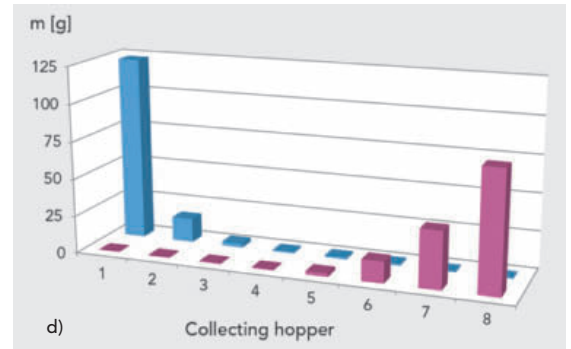
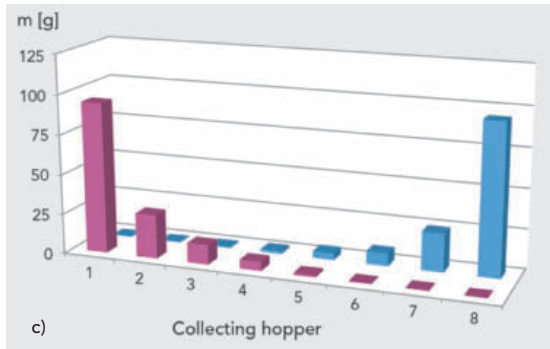
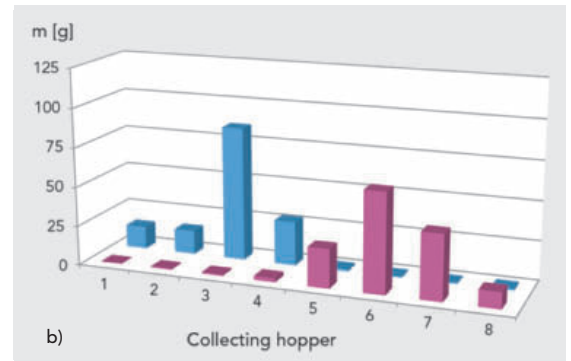
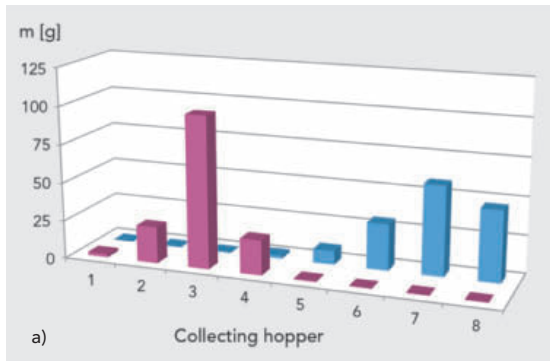


www.youtube.com/cleanfixgf

7 ▶

The effects of talc on electrostatic separation of LDPE/PP mixtures:

- Separation performance for LDPE containing 5% talc (■) against unfilled PP (■),
- Separation performance for unfilled LDPE (■) against PP containing 5% talc (■),
- Separation performance for LDPE containing 20% talc (■) against unfilled PP (■),
- Separation performance for unfilled LDPE (■) against PP containing 20% talc (■) (the negatively charged pellets collected in Collecting containers 5 to 8)



Einfluss von Talkum auf die elektrostatische Trennung von LDPE/PP-Mischungen:

- Trennergebnis von LDPE mit 5% Talkum (■) gegen ungefülltes PP (■),
- Trennergebnis von ungefülltem LDPE (■) gegen PP mit 5% Talkum (■),
- Trennergebnis von LDPE mit 20% Talkum (■) gegen ungefülltes PP (■),
- Trennergebnis von ungefülltem LDPE (■) gegen PP mit 20% Talkum (■), (Die negativ geladenen Granulate sammelten sich in den Auffangbehältern 5 bis 8)

tion of the plastics, but was, instead, controlled by the intrinsic electrical properties of the filler particles. A higher degree of filling also increased sorting efficiency (Fig. 7c and Fig. 7d).

It was possible to visually display the intrinsic charges borne by the talc particles by means of atomic-force microscope analyses. The phase image of an unfilled LDPE film exhibited a homogeneous charge distribution on the LDPE hot melt film (Fig. 8a), whereas extensive electrically negatively charged domains (light areas in Fig. 8b) are apparent on the surface of the polymer film at a talc content of as little as 5%. The good separability of the talc-filled polyolefins from unfilled polyolefins shown in Fig. 7a–d means that no treatment of the pellet mixtures is really

len die Zusammensetzung von Kunststoffgemischen, die über Separationsverfahren aufbereitet werden sollen, unbekannt. Gerade bei der Aufbereitung von Polyolefinen erscheinen wegen der gegenseitigen Nichtaufladbarkeit der einzelnen Polyolefinkomponenten Vorbehandlungen der Gemische notwendig [2]. Befindet sich Talkum im PP, ist es ohne aber auch – infolge der sich additiv verhaltenden intrinsischen Aufladung durch die Talkumpartikel und die Implementierung von Elektronen – mit einer Elektronenstrahlvorbehandlung stoffspezifisch trennbar. Probleme für eine sortenreine Trennung bereiten dagegen LDPE-Granulate mit hohen Talkumgehalten. Bei ihnen kann die ladungssteuernde Wirkung des Talkums größer sein, als die Wirkung der Elektronenstrahlvorbehandlung.

Pigments, carbon black and chalk have no significant influence on electrostatic separation

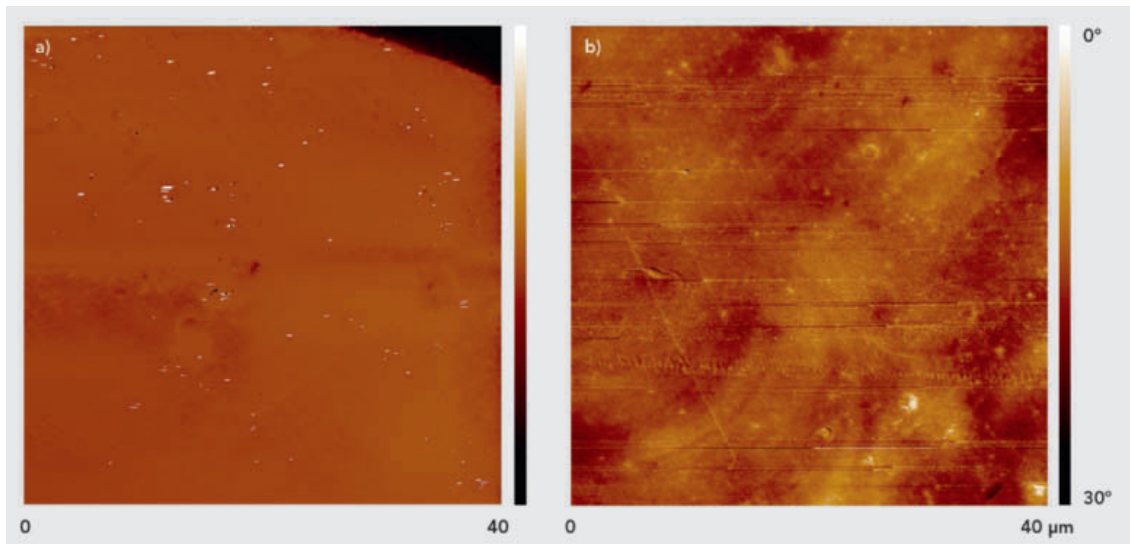
necessary. The composition of plastic mixtures to be prepared by means of separation processes is in most cases unknown, however. Pre-treatment of the mixtures appears to be necessary precisely in the case of the preparation of polyolefins, due to the mutual non-chargeability of the individual polyolefin components [2]. Where PP contains talc, it is material-specifically separable without, and also with, electron-beam pre-treatment, as a result of the additively-behaving intrinsic charging by the talc particles and the implantation of electrons. LDPE pellets with high talc contents, on the other hand, do cause problems in separation into pure fractions. Here, the charge-controlling effect of the talc may be greater than the effects of electron-beam pre-treatment.

4 Fazit

Pigmente, Ruß und Kreide veränderten das Auflade- und Trennverhalten von Polyolefingemischen nicht. Der Einfluss von anorganischen Flammenschutzmitteln führte jedoch zu einer positiven Aufladung der additivierten Granulate, konnte aber vollständig durch eine Elektronenstrahlvorbehandlung kompensiert werden. Den größten Einfluss auf das Aufladevermögen hatte Talkum. Bereits 5% bewirkten eine negative Aufladung der talkumgefüllten Komponente gegen das ungefüllte Polyolefin, so dass bereits ohne Vorbehandlung eine sehr gute Trennung möglich war.

Danksagung

Das Forschungsvorhaben 16531.BR1/2 der Forschungsvereinigung DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt/Main wurde



8
Phase images for atomic-force microscope analyses of LDPE hot melt films measured using a NanoScope IIIa Dimension 3100 (manufacturer: Bruker-Nano, Billerica/USA) in electric-force gradient-microscopy (EFM) mode: a) LDPE hot melt film with no filler, b) LDPE hot melt film containing 5% talc

Phasenbilder rasterkraftmikroskopischer Untersuchungen von LDPE-Schmelzefilmen mit einem NanoScope IIIa Dimension 3100 (Bruker-Nano, Billerica/USA) im Electric-Force-Gradient-Microscopy-Modus (EFM) gemessen: a) LDPE-Schmelzfilm ohne Füllstoff, b) LDPE-Schmelzfilm mit 5% Talkum

4 Conclusion

Pigments, carbon black and chalk do not modify the charging and separation behaviour of polyolefin mixtures. Inorganic flame retardants resulted in positive charging of the additive-containing pellets, however, but this could be completely eliminated by electron-beam pre-treatment. Talc exerted the greatest influence on charging capacity. As little as 5% caused negative charging of the talc-filled components against the unfilled polyolefin, with the result that extremely good separation was possible even without pre-treatment.

Acknowledgements

Research Project 16531.BR1/2 by the Research Association of the DECHEMA Society for Chemical Engineering and Biotechnology, Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt/Main, received funding from the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) via the German Federation of Industrial Research Associations (AiF) within the framework of the Program for the Promotion of Joint Industrial Research and Development (IGF) on the basis of a resolution by the German Bundestag.

über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

References/Literatur

- [1] E. Nemeth, G. Schubert, V. Albrecht, F. Simon: Triboelektrische Aufladung von Kunststoffgemischen. In: Aufbereitungstechnik 46 (2005) 1–2, 35–46
- [2] V. Albrecht, E. Reinsch, U. Gohs, R. Schünemann, K. Husemann, F. Simon: Zur elektrostatischen Trennung von Polyolefingemischen. In: Aufbereitungstechnik 49 (2008) 26–34
- [3] R. Brück: Chemische Konstitution und elektrostatische Eigenschaften von Polymeren. Kunststoffe 71 (1981) 234
- [4] D. Gysau: Füllstoffe – Grundlagen und Anwendungen, 2. Auflage: Vincentz Network, 2006, S. 19–63
- [5] K. Oberbach, H. Saechtling: Kunststoff Taschenbuch. Wien, Hanser Verlag, 1995

Doppstadt Recycling Solutions

that suit your needs





bauma 2016
11.–17. April, München
Stand 916/6
Freigelände • Open Air Area

Visit us at **bauma 2016**
and experience a new
dimension in building
materials recycling.

Don't waste
your time - just go to
www.doppstadt.de/bauma
and order your
free ticket online!
Your order code: BAUMA

Werner Doppstadt Umwelttechnik GmbH & Co. KG
Steinbrink 13 | D-42555 Velbert | Germany | T: +49 (0)2052 8890 | WWW.DOPPSTADT.COM

1 ▶
Mobile phones
after they have been
fragmented with the
shock wave technology
from ImpulsTec

Handys, nachdem
sie mit der Schock-
wellentechnologie von
ImpulsTec zerlegt wurden

Photo: ImpulsTec GmbH



Innovative recycling with shock wave technology

- ▶ High-grade waste electronics or solar modules contain recyclables (Au, Ag, Pd, Cd, Te) in small concentrations. Classical recycling procedures are increasingly reaching their limits when it comes to profit-maximizing recycling. The process developed by ImpulsTec GmbH, on the other hand, takes a new approach in order to optimize existing business models: with innovative shock wave fragmentation, recyclables in complex industrial materials can be mechanically exposed and concentrated for more efficient recycling – this is a future technology with huge application potential.

Innovativer Recyclingansatz mittels Schockwellenzerkleinerungstechnologie

- ▶ In hochwertigem Elektronikschrott oder Solarmodulen liegen Wertstoffe (Au, Ag, Pd, Cd, Te) in geringer Ausgangskonzentration vor. Klassische Recyclingverfahren stoßen dabei für eine gewinnmaximierende Verwertung zunehmend an ihre Grenzen. Das Verfahren der ImpulsTec GmbH hingegen verfolgt einen neuen Ansatz zur Optimierung bestehender Geschäftsmodelle: Durch die innovative Schockwellenzerkleinerung können Wertstoffe komplexer Industriematerialien für effizientere Verwertungsprozesse maschinell freigelegt und angereichert werden – eine Zukunftstechnologie mit hohem Anwendungspotenzial.

Authors/Autoren

Dipl.-Ing. Stefan Eisert, Geschäftsführer der ImpulsTec GmbH
M.Sc. Janina Bartkowski, Assistenz Marketing, ImpulsTec GmbH
www.impulstec.com

With the help of light pulses generated by means of high-voltage discharges, ImpulsTec GmbH, the young German technology company, can fragment a large number of complex industrial materials into their individual components in just seconds. For this purpose, the material to be fragmented is placed in a container filled with water. During the treatment process in this fragmentation vessel, so-called shock waves are generated. As they propagate, these intensive shock waves impact the material to be fragmented, leading to its fragmentation. With reference to the example of mobile phones, the achievable effect can be illustrated particularly impressively (**Fig. 1**). After just a few seconds, the phone fractures at the joints of the casing and is fragmented into its main components (shell of the casing, circuit board, display, keypad, etc.). With continuing shock wave treatment, electrical components can be gently detached from the circuit board. What was previously only possible by hand can now be realized by machine for the first time. Accordingly, for selective material separation, the shock wave process offers a promising alternative to conventional fragmentation processes.

Mit Hilfe von Lichtblitzen, welche mittels Hochspannungsentladungen generiert werden, kann das junge deutsche Technologieunternehmen ImpulsTec GmbH eine Vielzahl komplexer Industriematerialien innerhalb weniger Sekunden in seine Einzelteile zerlegen. Dazu wird das zu zerkleinernde Material in einen mit Wasser gefüllten Behälter gegeben. In diesem Zerkleinerungsreaktor werden dann während des Behandlungsprozesses sogenannte Schockwellen erzeugt. Diese intensiven Druckwellen treffen bei ihrer Ausbreitung auf das zu zerkleinernde Material und führen zu dessen Zerkleinerung.

Am Beispiel von Mobiltelefonen lässt sich der erzielbare Effekt besonders eindrucksvoll verdeutlichen (**Bild 1**). Bereits nach wenigen Sekunden bricht das Handy an den Fügstellen des Gehäuses auf und wird in seine Hauptkomponenten (Gehäuseschalen, Leiterplatte, Display, Tastatur, etc.) zerlegt. Durch eine fortschreitende Schockwellenbehandlung können auch elektrische Bauteile schonend von der Leiterplatte abgelöst werden: Was bisher nur händisch möglich war, kann nun erstmals maschinell



◀ 2
EHF 400 shock wave fragmentation system of the Fraunhofer IWKS Project Group in Alzenau

Schockwellenzerkleinerungsanlage EHF 400 der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS in Alzenau

Photo: ImpulsTec GmbH

A current user of the ImpulsTec technology is the German recycling company Lars Walch GmbH & Co. KG based in Baudenbach. At the certified waste management company, the innovative shock wave fragmentation system is used mostly where classical shredders and crushers fall short. "In our view, the shock wave fragmentation of ImpulsTec GmbH is suitable especially for the fragmentation of metal-ceramic composites as well as electronic scrap. The main advantage here is the clean separation of components with low and high recyclables content so that these can be recycled more efficiently downstream," reports Matthias Walch, head of electronic waste recycling at Lars Walch GmbH & Co. KG. With the Fraunhofer IWKS Project Group for Material Recycling and Resources Strategy, ImpulsTec GmbH has developed new recycling processes on the basis of this technology in order to open up other applications, e.g. the recycling of solar modules. Together the R&D partners plan to upscale this technology for industrial application. "We believe that shock wave technology has great application potential for solar cell recycling as it enables efficient separation of material composites. With shock waves, not only have we achieved complete exposure of the semiconductor films but also chemical-free detachment of the semiconductor films from the glass and the polymer film. The valuable semi-conductor materials can thus be separated in simple, physical separation processes and then recy-

ausgeführt werden. Damit bietet das Schockwellenverfahren für die selektive Materialtrennung eine vielversprechende Alternative zu konventionellen Zerkleinerungsverfahren.

Ein aktueller Anwender der ImpulsTec-Technologie ist das fränkische Recyclingunternehmen Lars Walch GmbH & Co. KG aus Baudenbach. Beim zertifizierten Entsorgungsfachbetrieb findet die innovative Schockwellenzerkleinerungsanlage meist dort Anwendung, wo klassische Shredder bzw. Brecher versagen. „Die Schockwellenzerkleinerungstechnologie der ImpulsTec GmbH eignet sich aus unserer Sicht besonders für die Zerlegung von Metall-Keramik-Verbundwerkstoffen sowie für Elektronikschrott. Der Hauptvorteil dabei ist die saubere Trennung von wertstoffarmen und wertstoffreichen Bestandteilen, so dass diese dann im Anschluss effizienter verwertet werden können“, berichtet Matthias Walch, Leiter Elektroschrottreycling der Lars Walch GmbH & Co. KG.

Mit der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS entwickelte ImpulsTec GmbH neue Recyclingverfahren auf Basis dieser Technologie, um weitere Anwendungsbereiche wie beispielsweise das Recycling von Solarmodulen zu erschließen. Zusammen planen die FuE-Partner, diese Technologie auf großindustrielle Maßstäbe zu übertragen. „Die Schockwellentechnologie besitzt aus unserer Sicht ein hohes Anwendungspotenzial für das Solarzellenrecycling, da sie eine effiziente Auftrennung von Werkstoffverbunden ermöglicht. Mittels Schockwellen ist uns nicht nur eine vollständige Freilegung der Halbleiterschichten gelungen, sondern zusätzlich auch eine chemikalienfreie Ablö-

Clean separation of components with low and high recyclables content

ung der Halbleiterschichten vom Glas und von der Polymerfolie. Die wertvollen Halbleitermaterialien können so über einfache, physikalische Trennverfahren separiert und anschließend effizient aufbereitet werden. Zusammen mit der ImpulsTec GmbH soll nun die Aufskalierung des gesamten Recyclingverfahrens zu einem großindustriellen Prozess umgesetzt werden“, so Andreas Bittner, Geschäftsfeldleiter der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS.

1 The process

The innovative fragmentation process of ImpulsTec GmbH uses a mechanical shock wave generated in a liquid medium to effect a fragmentation of the material. The shock waves are generated with the help of the electrohydraulic effect, a short-time arc being ignited in a liquid between two electrodes. For this purpose, capacitors are charged to the necessary working voltage up to 50 kV and then, by means of a spark gap, this is relayed to the electrode system of the fragmentation vessel. The so-called "impulse discharge" generates a rapidly expanding plasma channel that causes a radially propagating shock wave in the liquid. At the point of origin of the shock wave, pressures of several thousand atmospheres are generated, which decrease with the expansion of the shock front over the further course of time. Via the shock wave propagating in the fragmentation medium, the electrohydraulic fragmentation process impacts the material to be fragmented. In this way, there is no

ung der Halbleiterschichten vom Glas und von der Polymerfolie. Die wertvollen Halbleitermaterialien können so über einfache, physikalische Trennverfahren separiert und anschließend effizient aufbereitet werden. Zusammen mit der ImpulsTec GmbH soll nun die Aufskalierung des gesamten Recyclingverfahrens zu einem großindustriellen Prozess umgesetzt werden“, so Andreas Bittner, Geschäftsfeldleiter der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS.

1 Das Verfahren

Das innovative Zerkleinerungsverfahren der ImpulsTec GmbH bedient sich mechanischer Schockwellen, welche in einem flüssigen Medium generiert werden, um eine Zerkleinerung des Materials zu bewirken. Die Schockwellen werden mit Hilfe des elektrohydraulischen Effekts erzeugt, indem in einer Flüssigkeit zwischen zwei Elektroden ein kurzzeitiger Lichtbogen gezündet wird. Dazu werden Kondensatoren auf die benötigte Arbeitsspannung von bis zu 50 kV aufgeladen und im Anschluss mittels einer Funkenstrecke auf das Elektrodensystem des Zerkleinerungsreaktors geschaltet. Die sich daraufhin ausbildende sogenannte „Stoßentladung“ erzeugt einen rapide expandierenden Plasmakanal, der in

direct contact, so the procedure can be described as a non-contact separation process.

Unlike the classical grinding processes with solid grinding media, the energy input is not concentrated at the impact point of the tool, but evenly distributed over the entire surface of the component. This is described as homogeneous energy input. It results in fractures primarily at the mechanically weakest points of the composite component.

Further, the energy input is selective in respect of acoustic material properties. The shock wave input into the material to be fragmented propagates through the solid body similar to a sound wave. At boundary surfaces to materials with different acoustic impedances, pressure is increased as a result of transmission and reflection, which additionally reinforce the fracturing effect. As a function of the sign of the impedance difference, there results a phase inversion of the reflected wave. This causes tensile stress at the boundary surface and effects fractures precisely at these material boundary surfaces.

The third selectivity of shock wave generation takes effect at the electrically conductive parts in the material to be fragmented. If electrically conductive materials are present in the composite, the arc generated in the process medium is diverted through the conductive components. This effects additional selective input of the energy in electrically conductive areas of the material to be fragmented. Thanks to its high material selectivity, the shock wave process is predestined for application to complex material composites.

ImpulsTec GmbH has successfully commercialized high-voltage impulse technology in recent years and offers its customers shock wave fragmentation systems that can be used industrially as well as

der Flüssigkeit sich radial ausbreitende Schockwellen hervorruft. Am Entstehungsort treten dabei Drücke von einigen tausend Atmosphären auf, welche mit der Expansion der Schockfront im weiteren zeitlichen Verlauf abnehmen. Das elektrohydraulische Zerkleinerungsverfahren koppelt über die im Zerkleinerungsmedium propagierende Schockwelle an das Zerkleinerungsgut an. Dadurch ergibt sich kein direkter Kontakt, so dass von einem berührungsfreien Trennverfahren gesprochen werden kann.

Im Gegensatz zu klassischen Mahlverfahren mit festen Mahlkörpern erfolgt der Energieeintrag nicht

Fractures occur at the mechanically weakest points of the composite component

konzentriert am Auftreffpunkt des Werkzeugs, sondern gleichverteilt über die gesamte Oberfläche des Bauteils. Man spricht von einem homogenen Energieeintrag. Dadurch treten Brüche vorzugsweise an der mechanisch schwächsten Stelle des Verbundbauteils auf.

Weiterhin existiert eine Selektivität des Energieeintrages hinsichtlich akustischer Materialeigenschaften. Die in das Zerkleinerungsgut eingekoppelte Schockwelle propagiert durch den Festkörper ähnlich einer Schallwelle. An Grenzflächen zu Materialien mit differierenden akustischen Impedanzen treten Druckerhöhungen durch Transmission und Reflexion auf, die die Bruchbildung zusätzlich verstärken. In Abhängigkeit vom Vorzeichen des Impedanzunterschiedes kommt es dabei zu einer Phaseninversion der reflektierten Welle. Dies bedingt eine Zugspannung an der Grenzfläche und bewirkt bevorzugte Brüche an ebendiesen Materialgrenzflächen.

Die dritte Selektivität der Schockwellengenerierung kommt bei elektrisch leitfähigen Bestandteilen im



3
Universal applicability
to a wide range of
models (smart phones)

Universelle Anwend-
barkeit auf verschie-
denste Bauformen
(Smartphones)

Photo: ImpulsTec GmbH

application-specific adaption and scaling of the application (Fig. 2). With the EHF 400 universal shock wave fragmentation system developed by ImpulsTec GmbH, depending on the materials to be treated, throughput rates between 50–175 kg/h and running costs in the range of 0.15–0.75 €/kg can be achieved.

2 Case study – high-grade waste electronic equipment

Ever shorter product lifecycles with at the same time wide variety of product types as well as the falling precious metal revenue on account of low raw material prices present recyclers with ever new challenges for the recycling of complex electronic equipment. The raw material potential can be illustrated with reference to the example of mobile phones. One tonne of scrap mobile phones contains around 200–250 g gold, that is approx. 40 times the concentration of precious metals of a tonne of gold ore. The mobile phone with its high content of gold, silver, palladium and copper is a prime example of high-grade electronic equipment. However, notebooks and digital cameras also boast a particularly high content of recyclables. In mobile phones, the value metals are found especially in the circuit board and other components, such as the speakers, microphone or gold-plated contacts. According to studies, a mobile phone has, depending on its age and type, recycling revenue

**One tonne of scrap mobile phones
contains around 200–250 g gold**

of 9–14 €/kg. In comparison with that, the revenue for laptops is just 3 €/kg. Depending on the model, mobile phones consist of up to 56 % plastics, 25 % metals and 16 % glass or ceramic. The precious metal content only makes up part of this, that is well under one mass percent (mass%).

2.1 Conventional recycling

In conventional recycling processes, mobile phones are either melted directly or, for the purpose of homogenization, mechanically comminuted in an upstream process step and then thermally processed. With conventional, mechanical fragmentation selective removal of individual, precious-metal-containing components, e.g. gold-plated contacts from the casing components, is only possible to a certain extent, preventing the removal of a clean plastic or metal fraction. Moreover, a loss of the precious metal content caused by the mechanical stresses results in a decrease in value. According to the analyses, the loss in gold with mechanical comminution of small electrical and electronic devices amounts to up to 30 mass%. Mobile phones are therefore usually fed direct to the melting process for recovery of the valuable metals gold, silver, palladium and copper. Low-concentration recyclables (e.g. tantalum) are not recovered in the heat treatment but lost in the

Zerkleinerungsgut zum Tragen. Im Falle von teilweise elektrisch leitfähigen Materialien kommt es zu einer Umleitung des im Prozessmedium erzeugten Lichtbogens durch die leitfähigen Komponenten. Dies bewirkt eine zusätzliche Selektivität der Energieinkopplung auf elektrisch leitfähige Bereiche des Zerkleinerungsguts. Durch seine hohe Materialelektivität ist das Schockwellenverfahren somit prädestiniert für die Anwendung auf komplexe Materialverbände.

Die ImpulsTec GmbH hat diese Hochspannungsimpulstechnologie in den letzten Jahren erfolgreich kommerzialisiert und bietet ihren Kunden industriell einsetzbare Schockwellenzerkleinerungsanlagen sowie eine anwendungsspezifische Adaptierung und Skalierung der Applikation (Bild 2). Mit der universellen Schockwellenzerkleinerungsanlage EHF 400 der ImpulsTec GmbH lassen sich in Abhängigkeit der zu behandelnden Materialien Durchsätze zwischen 50–175 kg/h und Betriebskosten im Bereich von 0,15–0,75 €/kg erreichen.

2 Anwendungsbeispiel: Hochwertige Elektronikgeräte

Immer kürzer werdende Produktlebenszyklen bei gleichzeitig hoher Produkttypenvielfalt sowie die sinkenden Edelmetallerlöse aufgrund von niedrigen Rohstoffpreisen stellen Recycler vor immer neue Herausforderung bei der Aufarbeitung von komplexen Elektronikgeräten.

Das Rohstoffpotenzial lässt sich am Beispiel von Mobiltelefonen verdeutlichen. So enthält eine Tonne Handschrott mit ca. 200–250 g Gold in etwa das 40fache der Edelmetallkonzentration einer Tonne Golderz. Das Mobiltelefon mit seinen hohen Anteilen an Gold, Silber, Palladium und Kupfer ist dabei ein Paradebeispiel für hochwertige Elektronikgeräte. Daneben weisen allerdings auch Notebooks und Digitalkameras einen besonders hohen Wertstoffgehalt auf. Beim Handy liegen die Wertmetalle vor allem in der Leiterplatte bzw. in weiteren Komponenten wie Lautsprecher, Mikrofon oder vergoldeten Kontakten. Studien zufolge weist ein Handy in Abhängigkeit von Alter und Typ einen Wertstofflerlös von 9–14 €/kg auf. Im Vergleich dazu liegen die Erlöse bei Laptops bei lediglich 3 €/kg. Mobiltelefone bestehen je nach Bauform aus bis zu 56 % Kunststoff, 25 % Metallen und 16 % Glas bzw. Keramik. Die Edelmetallgehalte machen davon nur einen Anteil von deutlich unter einem Masseprozent (Ma%) aus.

2.1 Konventionelles Recycling

Bei konventionellen Recyclingprozessen werden die Mobiltelefone entweder direkt eingeschmolzen oder aber zur Homogenisierung in einem vorgelagerten Prozessschritt mechanisch zerkleinert und anschließend thermisch verwertet. Durch die konventionelle mechanische Zerkleinerung ist das selektive Herauslösen von einzelnen, edelmetallhaltigen Bestandteilen wie z.B. vergoldeten Kontakten aus den Gehäusekomponenten nur bedingt möglich, was die Abtrennung einer sauberen Kunststoff- bzw. Metallfraktion

slag. The plastics fraction, which makes up the largest mass percentage of the mobile phones, is recycled to energy in the melting process.

2.2 Optimized recycling with concentration of recyclables

The innovative shock wave process from ImpulsTec GmbH pursues a completely new solution approach for increasing efficiency in (mobile phone) recycling: as a result of high-grade fragmentation of the phone, precious-metal-free (e.g. plastic case or metal parts) and precious-metal-rich components (e.g. circuit board) are reliably separated from each other so that a concentrated recyclable fraction is formed for the melting process. This is possible thanks to the homogeneous energy input of the spatially distributed shock wave, resulting in increased fracture probability at mechanical weak points.

For the example of the mobile phone, this leads to the casing starting to break up at the joints after few discharges. The required degree of separation can be easily influenced by the number of generated discharges. Besides the actual fragmentation of the mobile phones, the high selectivity of the shock wave process enables the detachment of value recyclables from the plastic casing as well as loosening of components from the circuit board or impurities such as shield plates (Fig. 3). With the non-contact fragmentation in aqueous medium in the shock wave process, there are no significant precious metal losses compared to classical mechanical processing.

The material mix produced can after fragmentation be further processed in all common separation processes. So clean plastic parts, which come primarily from the phone casing, and other inferior quality components can be separated from the recyclables-containing components (circuit board, microphone, speaker, camera, etc.). The separation of recyclable-

verhindert. Des Weiteren wirkt sich der durch die mechanische Beanspruchung auftretende edelmetallhaltige Verlust wertmindernd aus. Untersuchungen zufolge liegt der Goldverlust bei der mechanischen Zerkleinerung von Elektrokleingeräten bei bis zu 30 Ma%. Die Mobiltelefone werden deshalb meist auf direktem Weg dem Schmelzprozess zur Rückgewin-

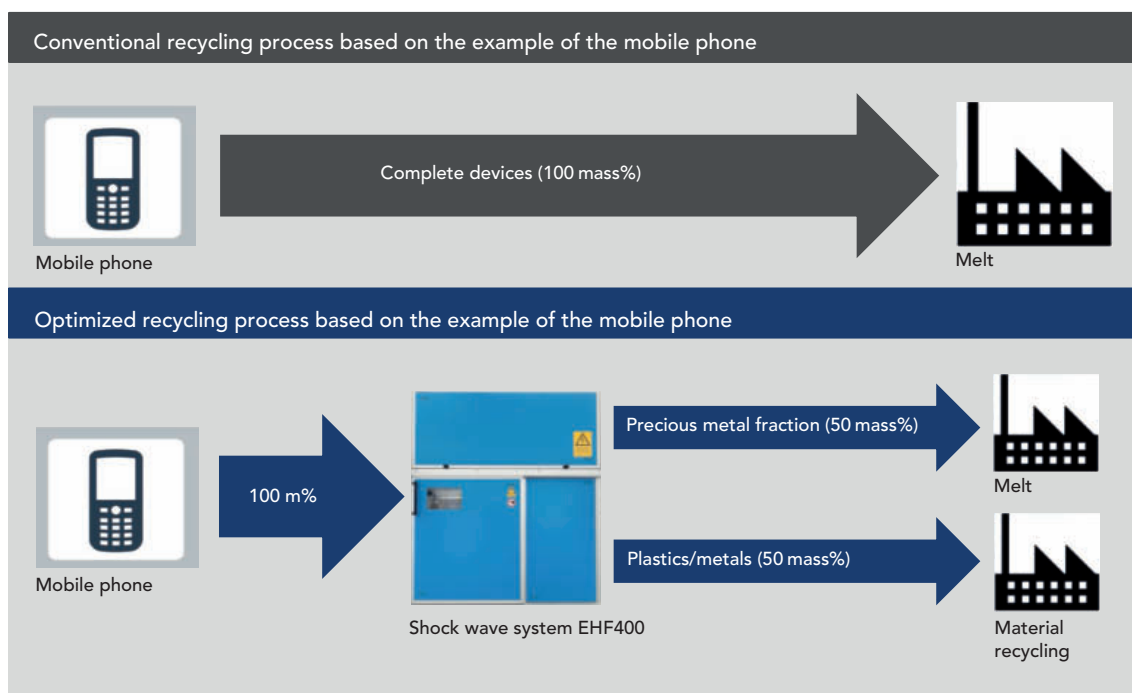
A concentrated recyclable fraction is formed for the melting process

nung der Wertmetalle Gold, Silber, Palladium und Kupfer zugeführt. Niedrig konzentrierte Wertstoffe (z.B. Tantal) werden dabei nicht vergütet und gehen in der Schlacke verloren. Die Kunststofffraktion, welche den größten Masseanteil der Handys ausmacht, wird im Schmelzprozess energetisch verwertet.

2.2 Optimiertes Recycling durch die Anreicherung von Wertstoffen

Das innovative Schockwellenverfahren der ImpulsTec GmbH verfolgt dagegen einen völlig neuen Lösungsansatz zur Effizienzsteigerung beim (Mobiltelefon-) Recycling: Durch eine hochwertige Zerlegung des Handys werden edelmetallfreie (z.B. Kunststoffgehäuse oder Metallteile) und edelmetallreiche Komponenten (z.B. Leiterplatte) zuverlässig voneinander getrennt, sodass eine für den Schmelzprozess angereicherte Wertstofffraktion entsteht. Möglich wird dies durch die homogene Energieeinkopplung der räumlich verteilten Schockwelle. Damit kommt es zu einer erhöhten Bruchwahrscheinlichkeit an mechanischen Schwachstellen.

Am Beispiel des Mobiltelefons führt dies dazu, dass das Gehäuse bereits nach wenigen Entladungen an



4
Process chain of optimized processing based on a shock wave system compared to conventional recycling

Prozesskette der optimierten Aufbereitung mittels Schockwellenanlage im Vergleich zum konventionellen Recycling

Photo: ImpulsTec GmbH

free components enables for the first time concentration of the precious metal starting content prior to the downstream melting process. In this way, more than 50 mass% of the mobile phone can be removed and recycled separately even before refining process (Fig. 4). This mass removal also has financial benefits for the recycler as he only pays the processing fees for the final refining process for the material fraction that actually does contain the precious metal components.

With the help of shock wave fragmentation technology, efficient processing of mobile phones is possible, irrespective of whether smart phones or older models are processed. In the current stage of development, only devices without a battery are

The mass removal has financial benefits for the recycler

treated. However, the shock wave fragmentation process from ImpulsTec GmbH also offers the possibility of treating smart phones with built-in battery. Here the operation in a liquid process medium is particularly advantageous as with the selection of an appropriate fragmentation medium, passivation of the hazardous substances contained in the lithium-ion battery can be ensured. Besides mobile phones, which have a particularly high content of precious metals, the shock wave fragmentation process is also suitable for numerous other high-grade electronic components such as laptops or digital cameras. The recycling approach is the same. The complex component assemblies are fragmented selectively into their individual components containing recyclables and inferior (casing) materials, which are then separately recycled.

5 ▼

Profit maximization in the processing of high-grade electronic equipment by means of the shock wave recycling process

Gewinnoptimierung bei der Aufarbeitung hochwertiger Elektronikgeräte durch den Schockwellenrecyclingprozess

Photo: ImpulsTec GmbH

2.3 Feasibility study

In the feasibility study, the revenues of the optimized shock wave recycling process and the conventional recycling process are compared. In the traditional process, the mobile phones are processed as a complete device, which is why the calculations are based

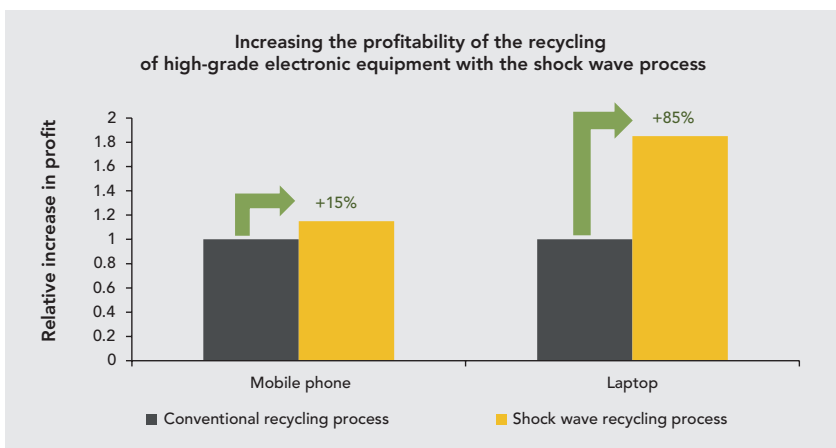
den Fügstellen aufricht. Der gewünschte Auftrennungsgrad kann dabei einfach durch die Anzahl an generierten Entladungen beeinflusst werden. Die hohe Selektivität des Schockwellenverfahrens ermöglicht neben der reinen Zerlegung der Mobiltelefone auch das Herauslösen von Wertstoffen aus dem Kunststoffgehäuse sowie das Ablösen von Komponenten der Leiterplatte oder Störfractionen wie Schirmbleche (Bild 3). Durch die berührungslose Zerkleinerung im wässrigen Medium treten beim Schockwellenverfahren im Vergleich zu klassischen mechanischen Aufbereitungsverfahren keine signifikanten Edelmetallverluste auf.

Das entstandene Materialgemisch kann im Anschluss an die Zerkleinerung mit gängigen Separationsverfahren aufbereitet werden. So können saubere Kunststoffteile, welche hauptsächlich aus dem Handygehäuse stammen, und weitere minderwertige Bestandteile von den wertstoffhaltigen Komponenten (Leiterplatte, Mikrofon, Lautsprecher, Kamera, etc.) getrennt werden. Die Abtrennung von wertstofffreien Komponenten ermöglicht erstmals eine Anreicherung der Edelmetallausgangsgelalte vor dem nachfolgenden Schmelzprozess. Auf diese Weise können mehr als 50 Ma% der Mobiltelefonbestandteile bereits vor dem Raffinationsprozess entfernen und getrennt verwertet werden (Bild 4). Diese Massenentfrachtung wirkt sich für den Recycler auch finanziell vorteilhaft aus, da er lediglich für die Materialfraktion die Aufarbeitungsgebühren für den finalen Raffinationsprozess bezahlt, die auch wirklich edelmetallhaltige Bestandteile beinhalten.

Mit Hilfe der Schockwellenzerkleinerungstechnologie ist eine effiziente Aufarbeitung von unterschiedlichen Mobiltelefonen möglich, ganz gleich ob Smartphone oder ältere Bauform. Im aktuellen Stadium der Entwicklung werden lediglich Geräte ohne Akku behandelt. Das Schockwellenzerkleinerungsverfahren der ImpulsTec GmbH bietet allerdings auch die Möglichkeit der Behandlung von Smartphones mit fest integriertem Akku. Dabei wirkt sich die Arbeitsweise in einem flüssigen Prozessmedium besonders vorteilhaft aus, da durch die Wahl eines geeigneten Zerkleinerungsmediums die Passivierung der in der Lithium-Ionen Batterie enthaltenen Gefahrstoffen sichergestellt werden kann. Neben Mobiltelefonen, welche einen besonders hohen Edelmetallanteil aufweisen, eignet sich das Schockwellenzerkleinerungsverfahren auch für zahlreiche andere hochwertige Elektronikkomponenten wie Laptops oder Digitalkameras. Der Recyclingansatz ist dabei derselbe. Die komplexen Baugruppen werden selektiv zerlegt in ihre wertstoffhaltigen Einzelkomponenten und minderwertige (Gehäuse-)Materialien, welche anschließend getrennt verwertet werden.

2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Bei der wirtschaftlichen Betrachtung wurden die Erlöse des optimierten Schockwellenrecyclingprozesses und des konventionellen Verwertungsverfahrens gegenübergestellt. Im klassischen Prozess werden



on market-typical sales revenues for mobile phones. In the costing of the optimized mobile phone recycling with the application of shock wave fragmentation, the revenues from the heat-treated recyclables from the melting process (Au, Ag, Pd, Cu) minus the processing fees incurred, the running costs of the fragmentation system as well as upstream and downstream process steps are taken into account. Starting from the current raw material prices, there results a profit increase thanks to the optimized recycling pro-

die Mobiltelefone als komplettes Gerät verwertet, weshalb als Referenz mit marktüblichen Verkaufserlösen für Handys kalkuliert wurde. In der Kostenrechnung des optimierten Mobiltelefonrecyclings unter Nutzung der Schockwellenzerkleinerung spiegeln sich die Erlöse aus den vergüteten Wertstoffen des Schmelzprozesses (Au, Ag, Pd, Cu) abzüglich der dafür fälligen Aufarbeitungsgebühren, der Betriebskosten der Zerkleinerungsanlage sowie vor- und nachgelagerter Prozessschritte wider. Ausgehend von

den aktuellen Rohstoffpreisen ergibt sich damit eine Gewinnerhöhung durch den optimierten Recyclingprozess von 15%, was einem Profit im Vergleich zur konven-

The innovative shock wave treatment increases profit by up to 85%

cess of 15%, which corresponds to a profit of around 1.00 €/kg mobile phone compared to conventional recycling. In the treatment of laptops, the relative profit increase is around 85%, i.e. 0.25 €/kg (Fig. 5). The biggest challenge in the recycling of mobile phones are the low collection and waste volumes. In the last few years around 1.8 billion mobile phones have been sold worldwide (in Germany around 25 million devices). But only a fraction, namely less than 5% of scrapped mobile phones, find their way into recycling processes. The large part disappears into drawers or is exported as reuse phones into developing countries. With the help of the plant engineering from ImpulsTec GmbH, the optimized recycling process for mobile phones can be made cost-efficient even for smaller volumes. With the current generation of systems, around 50–75 kg mobile telephones per hour are processed. However, a larger market for the application of shock wave technology is given by laptops or tablets with around 375 million devices sold worldwide in 2014 (in Germany a good 5 million devices were sold in 2014). According to calculations, investment in a shock wave system from ImpulsTec GmbH pays off, based on 80% system utilization and single-shift operation, already after 2.5 years for the processing of mobile phones and after around 3 years in the case of notebooks. The concentration of recyclables by means of efficient primary fragmentation prior to the final metallurgical melting process presents also with regard to economic aspects a promising alternative for more efficient recycling of high-grade electronic devices.

3 Case study: solar modules

Another application of shock wave technology is the recycling of photovoltaic modules. Solar modules are complex industrial products composed of mainly glass (74–95%), semi-conductor film (approx. 1–200 µm in thickness) and polymer film (3.5–10%). A differentiation is made between crystalline silicon modules and thin-film modules in which the semi-conductor films usually consist of cadmium telluride (CdTe), copper-indium-diselenide (CIS) or copper-indium-gallium-diselenide (CIGS).

tionellen Verwertung von etwa 1,00 €/kg Mobiltelefon entspricht. Bei der Behandlung von Laptops beträgt die relative Gewinnsteigerung etwa 85%, d.h. 0,25 €/kg (Bild 5).

Die größte Herausforderung beim Recycling von Mobiltelefonen sind die geringen Sammel- und Abfallmengen. Weltweit wurden in den letzten Jahren jeweils etwa 1,8 Mrd. Mobiltelefone verkauft (in Deutschland ca. 25 Mio. Geräte). Doch nur ein Bruchteil, nämlich weniger als 5% der ausrangierten Mobiltelefone, finden den Weg zurück ins Recycling. Der Großteil verschwindet in Schubladen oder wird als Reuse-Handys in Entwicklungsländer exportiert. Mit Hilfe der Anlagentechnik der ImpulsTec GmbH kann das optimierte Recyclingverfahren für Mobiltelefone bereits für kleinere Menge kosteneffizient gestaltet werden. Mit der aktuellen Anlagengeneration können demnach etwa 50–75 kg Mobiltelefone pro Stunde aufgearbeitet werden. Einen größeren Markt für die Anwendung der Schockwellentechnologie stellen dagegen Laptops oder Tablets mit weltweit etwa 375 Mio. und in Deutschland gut 5 Mio. verkaufter Geräte im Jahr 2014 dar. Eine Investition in eine Schockwellenanlage der ImpulsTec GmbH amortisiert sich Berechnungen zufolge bei 80%iger Anlagenauslastung und einschichtigem Betrieb für die Aufarbeitung von Mobiltelefonen bereits nach 2,5 Jahren und für Notebooks nach etwa 3 Jahren. Die Anreicherung von Wertstoffen durch eine effiziente Vorzerkleinerung vor dem finalen schmelzmetallurgischen Verwertungsprozess stellt damit auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten einen potenzialreiche Variante für ein effizienteres Recycling von hochwertigen Elektronikgeräten dar.

3 Anwendungsbeispiel: Solarmodule

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Schockwellentechnologie ist das Recycling von Photovoltaikmodulen. Solarmodule sind komplexe Industrieprodukte und bestehen hauptsächlich aus Glas (74–95%), Halbleiterschicht (ca. 1–200 µm dick) und Polymerfolie (3,5–10%). Dabei unterscheidet man zwischen kristallinen Siliziummodulen und Dünnschichtmodulen, bei denen die Halbleiterschichten meist aus Cadmiumtellurid (CdTe), Kupfer-Indium-Disele-

6 ▶
Separation of the solar module at the boundary surface between front glass, semi-conductor film and polymer film

Auftrennung des Solarmoduls an der Grenzfläche zwischen Frontglas, Halbleiterschicht und Polymerfolie

Photo: ImpulsTec GmbH



Despite the solar boom in recent years, comparatively small volumes of waste have been produced so far. The steadily increasing solar module waste currently comes from rejects from module production. On the basis of the forecast technical lifetime of the modules of 20–30 years, however, increased volumes of waste of well over than one million tonnes of end-of-life modules per year can be expected over the next 10–15 years.

3.1 Conventional recycling

Known recycling processes for photovoltaic modules use mostly a combination of mechanical, thermal and chemical process steps for recovery of the semi-conductor films (Si, CdTe, etc.) and the glass fraction. On account of the low recyclables content of a solar module, the corresponding recycling costs cannot usually be financed solely from the revenue of the recovered materials. For CdTe-thin-film modules, already on sale of the modules, a commensurate percentage for the financing of the later recycling is taken into account. Considerable potential for optimization is provided by a more efficient separation of the solar modules with the aim of liberating the semi-conductor films because this simplifies the downstream recovery steps. As the semi-conductor film is sometimes only a few micrometres thick, the break-up of the composite precisely at this interface is a particular challenge.

nid (CIS) oder Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS) bestehen.

Trotz des Solarbooms der letzten Jahre fielen bei den Solarmodulen bislang vergleichsweise geringe Abfallmengen an. Der stetig wachsende Solarmodulabfall stammt aktuell hauptsächlich vom Ausschuss aus der Modulproduktion. Auf Basis der prognostizierten technischen Lebensdauer der Module von 20–30 Jahren ist in den kommenden 10–15 Jahren allerdings mit erhöhten Abfallmengen von deutlich mehr als einer Million Tonnen Altmodule pro Jahr zu rechnen.

3.1 Konventionelles Recycling

Bekannte Recyclingverfahren für Photovoltaikmodule nutzen meist eine Kombination aus mechanischen, thermischen und chemischen Prozessschritten zur Rückgewinnung der Halbleiterschichten (Si, CdTe, etc.) und der Glasfraktion. Aufgrund der geringen Wertstoffgehalte eines Solarmoduls lassen sich die entsprechenden Recyclingkosten meist jedoch nicht allein über die Erlöse der rückgewonnenen Rohstoffe finanzieren. Bei CdTe-Dünnschichtmodulen wird deshalb bereits beim Verkauf der Module eine entsprechende Umlage für die Finanzierung des späteren Recyclings berücksichtigt.

Ein erhebliches Optimierungspotenzial bietet eine effizientere Auftrennung der Solarmodule mit dem Ziel der Freilegung der Halbleiterschichten, weil dies

ImpulsTec GmbH

ImpulsTec GmbH was spun off from the research department of a photovoltaic group in 2014 to market the high-potential and widely applicable shock wave technology. Focus is on the development and realization of shock wave fragmentation systems for different areas of application.

The innovativeness and technological expertise of this young high-tech company based in Dresden is reflected in patents, which at the same time assure the company's market leadership in the field of shock wave fragmentation.

ImpulsTec GmbH

Die ImpulsTec GmbH wurde 2014 aus der Forschungsabteilung eines Photovoltaikkonzerns ausgegliedert, um die potentialreiche und breit anwendbare Schockwellentechnologie zu vermarkten. Hauptfokus liegt dabei auf der Entwicklung und Realisierung von Schockwellenzerkleinerungsanlagen für unterschiedliche Anwendungsgebiete.

Die Innovationskraft und technologische Kompetenz des jungen HighTech-Unternehmens aus Dresden spiegelt sich in den Patenten wieder, welche gleichzeitig die Marktführerschaft auf dem Gebiet der Schockwellenzerkleinerung sichern.

3.2 Optimized recycling by exposure of the recoverable films

First tests at ImpulsTec GmbH shows that the shock wave technology exhibits high separation selectivity for photovoltaic modules too. Together with the Fraunhofer Project Group for Materials Recycling and Resource Strategies (IWKS), an optimized recycling process was developed for solar modules on the basis of the innovative shock wave process. This enables the selective separation at the boundary surface between the front glass-semi-conductor-polymer film and therefore the exposure of the high-recyclables semi-conductor film in a purely mechanical process (Fig. 6). The better accessibility of the material film has a positive influence especially for downstream chemical recovery steps.

Moreover, the Fraunhofer IWKS Project Group obtained with its first industrially applicable pilot plant from ImpulsTec GmbH and longer treatment duration almost complete separation of the semiconductor film from the front glass. With the help of the shock wave process is therefore not only possible to efficiently liberate the semiconductor materials, but separate these almost completely as a consequence (Fig. 7).

Universal applicability for different thin film and silicon module types

With the use of simple separation process downstream of the fragmentation, it proved possible to remove clean glass and the polymer film from the material mix. The semiconductor material could be concentrated in the fine fraction and recovered either by means of downstream chemical processes or conventional physical separation processes. A key advantage of the developed process is its universal applicability for different thin film and silicon module types. The liberation and concentration of the semiconductor materials forms the basis for new recycling models for photovoltaic modules.

3.3 Economic efficiency

According to forecasts, with the application of shock wave fragmentation a cost reduction of around 12% for thin film modules and 6% for crystalline silicon modules can be achieved compared with conventional recycling processes (Fig. 8). The main reason for this is the improved accessibility of the semi-conductor films thanks to their efficient liberation and the associated simplification of the downstream chemical treatment. With the concentration of the semi-conductor material as a result of the previous separation of the clean glass fraction, the starting concentration of the recyclables is increased for the final chemical processing, therefore contributing to an increase in efficiency.

This novel processing approach of the Fraunhofer IWKS Project Group and ImpulsTec GmbH therefore offers potential for improvement as an extension

die nachfolgenden Rückgewinnungsschritte vereinfacht. Da die Halbleiterschicht teilweise nur wenige Mikrometer dick ist, stellt das Aufbrechen des Verbundes an ebendieser Grenzschicht eine besondere Herausforderung dar.

3.2 Optimiertes Recycling durch Freilegung der Wertstoffschichten

Erste Versuche bei der ImpulsTec GmbH zeigten, dass die Schockwellentechnologie auch für Photovoltaikmodule eine hohe Trennselektivität besitzt. Zusammen mit der Fraunhofer-Projektgruppe für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS wurde daraufhin ein optimierter Recyclingprozess für Solarmodule auf Basis des innovativen Schockwellenverfahrens entwickelt. Hierbei wird die gezielte Auftrennung an der Grenzfläche zwischen Frontglas-Halbleiter-Polymerfolie ermöglicht und damit das Freilegen der wertstoffreichen Halbleiterschicht auf rein mechanischem Weg (Bild 6). Die bessere Zugänglichkeit der Wertstoffschicht wirkt sich dabei vor allem für anschließende chemische Rückgewinnungsschritte positiv aus.

Des Weiteren erzielte die Fraunhofer-Projektgruppe IWKS mit ihrer ersten industriell ausgerichte-

ten Pilotanlage der ImpulsTec GmbH bei längerer Behandlungsdauer auch eine nahezu vollständige Abtrennung der Halbleiterschicht vom Frontglas. Mit Hilfe des Schockwellenverfahrens ist es somit

nicht nur gelungen die Halbleitermaterialien effizient freizulegen, sondern diese in der Folge nahezu vollständig abzutrennen (Bild 7).

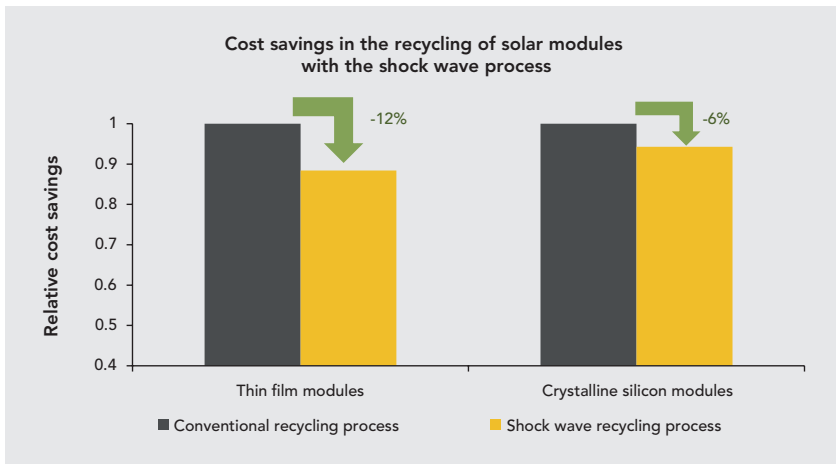
Durch den Einsatz einfacher Separationsverfahren nach der Zerkleinerung gelang es anschließend sauberes Glas sowie die Polymerfolie aus dem Materialgemisch abzutrennen. Das Halbleitermaterial konnte in der Feinfraktion angereichert werden und kann entweder mittels nachgelagerter chemischer Prozesse oder konventioneller physikalischer Trennverfahren zurückgewonnen werden. Ein wesentlicher Vorteil des entwickelten Verfahrens ist die universelle Einsetzbarkeit für unterschiedliche Dünnschicht- und Siliziummodultypen. Die Freilegung und Anreicherung der Halbleitermaterialien stellt dabei die



7 Separation of the semiconductor film from the front glass and concentration in the fines fraction

Abtrennung der Halbleiterschicht vom Frontglas und Anreicherung in der Feinfraktion

Photo: ImpulsTec GmbH



8 ▲ of existing recycling processes of solar modules to expose recyclable layers upstream of the final chemical recovery step. In the design of new recycling process chains, shock wave technology of ImpulsTec GmbH can also be used for the complete processing of solar modules by exclusively mechanical means.

Recycling costs of crystalline silicon and thin film modules for shock wave processes and conventional processes
Recyclingkosten von kristallinen Silizium- und Dünnschichtmodulen für Schockwellenverfahren und konventionelle Prozesse
Photo: ImpulsTec GmbH

4 Conclusion

Thanks to its high separation selectivity, the innovative fragmentation technology from ImpulsTec GmbH offers a wide array of potential commercial applications for waste electronic equipment and solar cells. The separation and liberation of components containing valuable recyclables in complex composite materials will enable completely new, more efficient recycling models in future. Consequently, so far unex-

So far unexploited sources of raw materials can be tapped into

ploited sources of raw materials can be tapped into and developed while profits of existing business models maximized. For the concentration of low-concentrated recyclables in widely varying waste streams, like high-grade electronic equipment, the high-tech process already offers high recycling potential.

Advantages of the shock wave process

- ▶ Homogeneous input of the shock waves into the material to be fragmented
- ▶ Increased fracture behaviour at boundary surfaces of materials
- ▶ High degree of selectivity in the separation of complex materials
- ▶ Low-contamination fragmentation process
- ▶ High degree of automation enables operation without the need for specialist additional qualifications
- ▶ Rugged, scalable technology for use in industrial environments with working voltages to 50 kV

Vorteile des Schockwellenverfahrens

- ▶ Homogene Einkopplung der Schockwellen in das Mahlgut
- ▶ Verstärktes Bruchverhalten an Grenzflächen von Materialien
- ▶ Hohe Selektivitätsgrade bei der Trennung komplexer Materialien
- ▶ Verunreinigungsarmes Zerkleinerungsverfahren
- ▶ Hoher Automatisierungsgrad ermöglicht Betrieb ohne spezielle Zusatzqualifikationen
- ▶ Robuste, skalierbare Technologie für Einsatz im industriellen Umfeld durch Arbeitsspannungen bis 50 kV

Grundlage neuer Aufbereitungsansätze für Photovoltaikmodule dar.

3.3 Wirtschaftlichkeit

Prognosen zufolge lässt sich durch den Einsatz der Schockwellenzerkleinerung im Vergleich zu konventionellen Recyclingprozessen eine Kostenreduktion von etwa 12% bei Dünnschichtmodulen und 6% bei kristallinen Siliziummodulen erzielen (Bild 8). Hauptgrund dafür ist die verbesserte Zugänglichkeit der Halbleiterschichten durch deren effiziente Freilegung und die damit verbundene Vereinfachung der nachfolgenden chemischen Behandlung. Durch die Anreicherung des Halbleitermaterials infolge des vorherigen Abtrennens der sauberen Glasfraktion erhöht sich die Ausgangskonzentration der Wertstoffe für den finalen chemischen Aufbereitungsprozess und trägt damit ebenfalls zu einer Effizienzsteigerung bei. Dieser neuartige Aufbereitungsansatz der Fraunhofer-Projektgruppe IWKS und der ImpulsTec GmbH bietet somit ein Verbesserungspotenzial als Erweiterung für bestehende Recyclingprozesse von Solarmodulen um die Wertstoffschichten vor dem finalen chemischen Rückgewinnungsschritt freizulegen. Bei der Konzipierung neuer Recyclingprozessketten kann die Schockwellentechnologie der ImpulsTec GmbH zusätzlich auch für die komplette Aufbereitung von Solarmodulen auf rein mechanischem Weg genutzt werden.

4 Fazit

Aufgrund der hohen Trennselektivität bietet die innovative Zerkleinerungstechnologie der ImpulsTec GmbH für Elektronikgeräte und Solarzellen vielfältige kommerzielle Anwendungsmöglichkeiten. Das Auftrennen und Freilegen von werthaltigen Bestandteilen in komplexen Verbundwerkstoffen ermöglicht in Zukunft ganz neue, effizientere Recyclingansätze. Dadurch können sowohl bisher ungenutzte Rohstoffquellen erschlossen als auch Gewinne bestehender Geschäftsmodelle maximiert werden. Für die Anreicherung von niedrigkonzentrierten Wertstoffen in verschiedensten Abfallströmen, wie hochwertigen Elektronikgeräten, bietet das HighTech-Verfahren bereits jetzt ein hohes Verwertungspotenzial.

Step by Step!

Current solutions for
conveying and storage
of raw materials
in each AT journal.

AT MINERAL PROCESSING



**ORDER
NOW!**

Test the next 3 issues of
AT MINERAL PROCESSING now
and save money.

**YOUR SPECIAL PRICE
€ 58,-**

Pay only € 58,- instead of € 87,- regular
price and save up to 34%.
[VAT and shipping included]

All subscribers of AT MINERAL PROCESSING
benefit from

- more than 50 years of experience
- technical articles on current developments and
solutions of mineral processing
- exclusive reports and interviews

ORDER YOUR TRIAL SUBSCRIPTION NOW!

www.at-online.info/order • +49 5241 8090884



THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY
bauma 2016

April 11-17
Munich

The new **850E** at
Open-Air Ground FM 712

MATERIAL HANDLING IN PERFECTION

Customer-specific solutions

- modular design
- manifold undercarriages:
mobile, crawler, stationary, gantry, rails

Save operating costs

- up to 30% energy-recovery thanks to
Green-Hybrid system
- up to 50% savings with electric drive

Tier IV compliance • low consumption
emission reduced



Balancer 130-300 t Material Handling 20-160 t Duty Cycle Crane 30-300 t Telescopic Crane 8-120 t Crawler Crane 80-300 t



SENNEBOGEN
Maschinenfabrik GmbH

Sennebogenstraße 10
94315 Straubing, Germany

↪ alfred.endl@sennebogen.de

SENNEBOGEN