

recovery

Recycling Technology Worldwide



Read our COVERSTORY p. 4:
Process engineering solutions in glass
recycling
Lesen Sie unsere COVERSTORY S. 4:
Verfahrenstechnische Lösungen im
Glasrecycling

WASTE

High kinetic processing – „MechanoRecycling“ | Hochkinetische Prozesstechnik – „MechanoRecycling“ 16

PAPER

Shredding of cardboard | Zerkleinerung von Kartonagen 28

AUTOMOBILE

Recycling of end-of-life vehicles | Altfahrzeugverwertung 38



recovery

Recycling Technology Worldwide

NEWSLETTER

APPEARS FREE – EVERY 2 MONTHS



Always up to date:
announcements of
conferences and fairs!



Detailed information
about trends and equipment!

SIGN UP NOW!

www.recovery-worldwide.com/newsletter

Publisher/Herausgeber

Bauverlag BV GmbH

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

Managing Director/Geschäftsführer

Michael Voss Telefon +49 5241 80-2476
E-Mail: michael.voss@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

Designer/Grafiker

Kristin Nierodzick Telefon +49 5241 80-88551
E-Mail: kristin.nierodzick@bauverlag.de

Head of Digital Sales

Axel Gase-Jochens Telefon +49 5241 80-75018
E-Mail: axel.gase-jochens@bauverlag.de

Representatives/Auslandsvertretungen

Italy/Italien

Ediconsult Internazionale S.r.l., Genova
Telefon +39 010 583684
E-Mail: costruzioni@ediconsult.com

France, Belgium, Luxembourg/

Frankreich, Belgien, Luxemburg

Marc Jouanny International Media Press & Marketing, Paris
Telefon +33 1 43553397
E-Mail: marc-jouanny@wanadoo.fr

Advertisement Price List dated Oct. 1, 2019

is currently valid

Anzeigenpreisliste vom 01.10.2019

ist aktuell gültig

Head of advertising market/Leitung Werbemarkt

Michael Voss Telefon +49 5241 80-2476
E-Mail: michael.voss@bauverlag.de

Head of agency dice/Agenturleitung dice

Rainer Homeyer-Wenner Telefon: +49 5241 80-2173
E-Mail: rainer.homeyer-wenner@bauverlag.de

Marketing and Sales

Volker Winzer
Telefon +49 5241 80-2513
E-Mail: volker.winzer@bauverlag.de

Subscription Department/Leserservice + Abonnements

Heike Ireson Telefon: +49 52 41 80 90884
Telefax: +49 52 41 80 97109
E-Mail: leserservice@bauverlag.de

**Subscription rates and period/
Bezugspreise und -zeit**

recovery Recycling Technology Worldwide is published with
6 issues per year.

Annual subscription (including postage):

recovery Recycling Technology Worldwide erscheint mit
6 Ausgaben pro Jahr.

Jahresabonnement (inklusive Versandkosten):

Germany/Inland: € 129,00

Students/Studenten: € 79,00

Other countries/Ausland: € 141,00

(with surcharge for delivery by air mail/
die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag)

Single issue/Einzelheft: € 25,00

(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 da-
nach 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 illustra-
tions accepted for printing. Revisions and abridgements are
at the discretion of the publishers. The publishers and the edi-
tors 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 Ver-
lages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Er-
messens des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträ-
ge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die
inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichnete
Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffent-
lichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt.
Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Ab-
bildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der
gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervi-
elfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt
auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten. Die All-
gemeinen Geschäftsbedingungen des Bauverlages finden Sie
vollständig unter www.bauverlag.de

Printers/Druck

wenker druck GmbH, Gutenbergstraße 5-9,
48268 Greven, Deutschland/Germany



Bei ZENO Recyclingtechnik
sehen, verstehen & erleben

**Die Messen bleiben geschlossen –
unsere Türen sind exklusiv für Sie geöffnet!**

Informative **Werksführung**
auf 25.000 m² Produktionsfläche

Besuch der 3.000 m² großen **Ausstellung** mit
Technikum und **Gebrauchtmaschinenmarkt**

Überzeugende **Anlagenvorfürungen**
unter realistischen Bedingungen

Wahlweise mit **Übernachtung & Verpflegung**
und Besuch der **Oldtimerschau** (Lkw & Pkw)

FRAGEN SIE IHREN WUNSCHTERMIN AN!

Die ZENO-Erlebnistage finden unter Wahrung der geltenden
Hygienevorschriften und in kleinen Gruppen statt.

IN THIS ISSUE
In diesem Heft



© Jöst

Process engineering solutions in glass recycling

Recycling is a growing market – especially in glass recycling new plants are currently arising or existing ones are updated and upgraded. JOEST is an expert for vibratory equipment conveying and processing bulk materials. As such, JOEST offers plant manufacturers customized solutions for glass recycling. With dosing, screening, drying, sifting and conveying, the company covers five fundamental processing steps in a plant.

Verfahrenstechnische Lösungen im Glasrecycling

Recycling ist ein wachsender Markt – gerade im Glasrecycling entstehen zurzeit weltweit neue Anlagen oder bestehende werden aufgerüstet und ertüchtigt. Als Experte für Vibrationsmaschinen zur Förderung und Verarbeitung von Schüttgütern bietet JÖST Anlagenbauern speziell abgestimmte verfahrenstechnische Lösungen für das Glasrecycling. Mit dem Dosieren, Sieben, Trocknen, Sichten und Fördern bildet das Unternehmen fünf elementare Verfahrensschritte in einer Anlage ab. ▶ **4**



© Reif GmbH; Wolfgang Gasser-ort-design

Well protected

At first glance, Heroldstatt on the Laichinger Alb is an idyllic village in a basically rural area. But taking a closer look, you will find many innovative companies there. As for the Reif company, this attribute is already inherent its name: Reif GmbH – Innovative Safety Systems.

Gut geschützt

Heroldstatt auf der Laichinger Alb ist auf den ersten Blick ein idyllisches Dorf in einer ländlich geprägten Gegend. Doch wenn man sich genauer umschaut findet man dort so manche innovative Firma. Die Firma Reif trägt das schon im Namen: Reif GmbH – Innovative Sicherheitssysteme. ▶ **25**

recovery 3|2020 contents

coverstory

Process engineering solutions in glass recycling
Dosing, screening, drying, sifting and conveying with JOEST machines
Verfahrenstechnische Lösungen im Glasrecycling
Mit JÖST Maschinen dosieren, sieben, trocknen, sichten und fördern **4**

waste recovery

High kinetic processing – „MechanoRecycling“ (Zoz)
Hochkinetische Prozesstechnik – „MechanoRecycling“ **16**

Safety-related overall concepts for the recycling industry (Reif)
Sicherheitstechnische Gesamtkonzepte für die Recyclingbranche **25**

Doppstadt presents its highly efficient Inventhor Type 6
Doppstadt präsentiert den hocheffizienten Inventhor Type 6 **35**

paper recovery

Large ripper handles up to 1000 kg of cardboard articles per hour (Erdwich)
Großreißer bewältigt bis zu 1000 kg Kartonagen pro Stunde **28**

Recycling plays a crucial role at Sports Direct's National distribution centre in Shirebrook/ Nottinghamshire (HSM)
Recycling spielt entscheidende Rolle im nationalen Vertriebszentrum von Sports Direct in Shirebrook/Nottinghamshire **32**



automobile recovery

Overfulfill the recycling rates
What can processing technology achieve in the recycling of end-of-life vehicles?

Verwertungsquoten übererfüllt

Was kann kann die Aufbereitung bei der Altfahrzeugverwertung leisten?

Prof. Gert Schubert*; Volker Grunert** Hans-Georg Jäckel*; Kay Weißflog**, Philip Gießner**

*TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

SCHOLZ Recycling GmbH Essingen, Deutschland **38

Prof. Dr.-Ing. habil. em. Gert Schubert, TU Bergakademie Freiberg University of Resources, reaches 80

Prof. Dr.-Ing. habil. em. Gert Schubert, TU Bergakademie Freiberg, wurde 80
Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel; Dr. rer. nat. Brigitte Hoffmann

49

Imprint/Impressum

1



© Jöst

Cover picture

Recycling is a growing market – especially in Glass Recycling new plants are currently arising or existing ones are updated and upgraded. JOEST is an expert for vibratory equipment conveying and processing bulk materials. As such, JOEST offers plant manufacturers customized solutions for Glass Recycling. With Dosing, Screening, Drying, Sifting and Conveying, the company covers five fundamental processing steps in a plant.

Recycling ist ein wachsender Markt – gerade im Glasrecycling entstehen zurzeit weltweit neue Anlagen oder bestehende werden aufgerüstet und ertüchtigt. Als Experte für Vibrationsmaschinen zur Förderung und Verarbeitung von Schüttgütern bietet JÖST Anlagenbauern speziell abgestimmte verfahrenstechnische Lösungen für das Glasrecycling. Mit dem Dosieren, Sieben, Trocknen, Sichten und Fördern bildet das Unternehmen fünf elementare Verfahrensschritte in einer Anlage ab.

www.joest.com

WIR SIND REIF



FÜR SICHERHEIT!

- Videoüberwachung
- Zutrittskontrolle
- Einbruchmeldetechnik
- Zeiterfassung
- Brandmeldeanlagen
- Tresore
- Schließsysteme
- Biometrie

Erfahren Sie mehr über unsere Sicherheitskonzepte für die Recyclingbranche:



Reif GmbH

Wir sichern Ihr Gold von morgen!

Reif GmbH - Innovative Sicherheitssysteme Hülbenstraße 9 72535 Heroldstatt
Tel.: 07389/ 90 93 0 info@reif-gmbh.com www.reif-gmbh.com



Kanalballenpressen mit Draht- oder Garnabbindung

Auch für KMF-Verpressung geeignet



mobile- und stationäre Anlagen

Förder- und Sortieranlagen

24/7 Service-Hotline

EUROPRESS Umwelttechnik GmbH

Telefon: +49 5933 92467-0

Email: info@europress-umwelttechnik.de

WWW.EUROPRESS-UMWELTECHNIK.DE



Added value

High kinetic processing – „MechanoRecycling“

Making more with less – describes technological increased efficiency of process and product and includes ultimate recycling as a matter of course. Every waste consists of material and therefore of recyclable material. Common industrial processes are often associated with high energy and material costs to add value. A particularly resource-saving method is the mechanical recycling by high kinetic mechanochemical processing. Successful testing has been performed e.g. for the recovery of zinc from electric arc furnace dusts, the removal of flame retardants from polystyrene and the utilization of desert sand as construction sand.

Wertschöpfung

Hochkinetische Prozesstechnik – „MechanoRecycling“

Mit weniger mehr machen – beschreibt technologisch ständige Leistungssteigerung von Prozess und Produkt und schließt ultimatives Recycling selbst-erklärend mit ein. Auch jeder Abfall besteht aus Stoff und damit aus Wertstoff. Zur Wertschöpfung sind gängige industrielle Prozesse oft mit hohem Energie- und Materialaufwand verbunden. Eine besonders ressourcenschonende, gleichbedeutend mit hochwertschöpfende Methode ist das Mechanische Recycling durch hochkinetische, mechanochemische Prozesstechnik. Erfolgreiche Erprobung erfolgte z.B. für die Rückgewinnung von Zink aus Stahlwerksstäuben oder die Entfernung von Flammschutzmitteln aus Polystyrol und die Nutzbarmachung von Wüsten- als Bausand.

Authors • Autoren:

Dr. rer. nat. Birgit Funk, Scientific Director; Hans Ulrich Benz, Member of the Board;
Prof. Dr. Henning Zoz, CEO; Zoz GmbH, Wenden/Germany

Introduction

In a sustainable economy, industry and trade are engaged in the question of the life cycle of products and goods. In addition to the manufacturing processes, recycling plays an important role for any circular economy. Depending on the material, product or good, different recycling processes have to be developed and used. The way of recycling can turn out very differently. For example, poorly soluble materials are usually chemically or physically digested before further use, or heterogeneous materials must be broken down to their components in previous steps. The fact that this cannot always be done easily is shown in the composites, which often consist of more than two polymeric or other components.

Milling processes

Milling with drum or planetary ball mills is well-known in the field of mechanical process engineering [1]. Here, materials are mainly comminuted and partly

Einleitung

In einer nachhaltigen Wirtschaft beschäftigen sich Industrie und Handel mit der Frage des Lebenszyklus von Produkten und Gütern. Neben den Herstellungsverfahren spielt das Recycling eine bedeutende Rolle für jede Kreislaufwirtschaft. Je nach Material, Produkt oder Gut müssen verschiedene Recyclingverfahren entwickelt und verwendet werden. Die Art des Recyclings kann dabei sehr unterschiedlich ausfallen. So müssen z.B. schwerlösliche Materialien zumeist vor der weiteren Verwertung chemisch oder physikalisch aufgeschlossen werden, oder heterogene Materialien müssen in vorausgehenden Schritten in ihre Bestandteile zerlegt werden. Dass dieses nicht immer auf einfachem Wege geschehen kann, zeigt sich in den Verbundstoffen, die häufig aus mehr als zwei polymeren oder anderen Bestandteilen bestehen.

Mahlprozesse

Im Bereich der Mechanischen Verfahrenstechnik ist



© Zoz GmbH

deformed or mechanochemically transformed. Since the maximum relative velocities of the grinding media of these methods are in the range of 0 and 5.5 m/s, the resulting energy in the process must be classified to be in a low-kinetic range (Fig. 1) [2]. The velocity of the grinding media describes the energy that is transferred into the material to be ground, namely quadratic according to the equation of the kinetic energy [3]:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$$

A distinctive feature of the different grinding processes is the way of movement of the grinding media. In the case of the drum, the planetary and the agitator ball mill, the grinding media usually move over each other in a rolling or falling manner due to the movement of the grinding vessel or the agitator. The resulting effects are categorized as cascade and cataract effects, respectively (Fig. 2) [4].

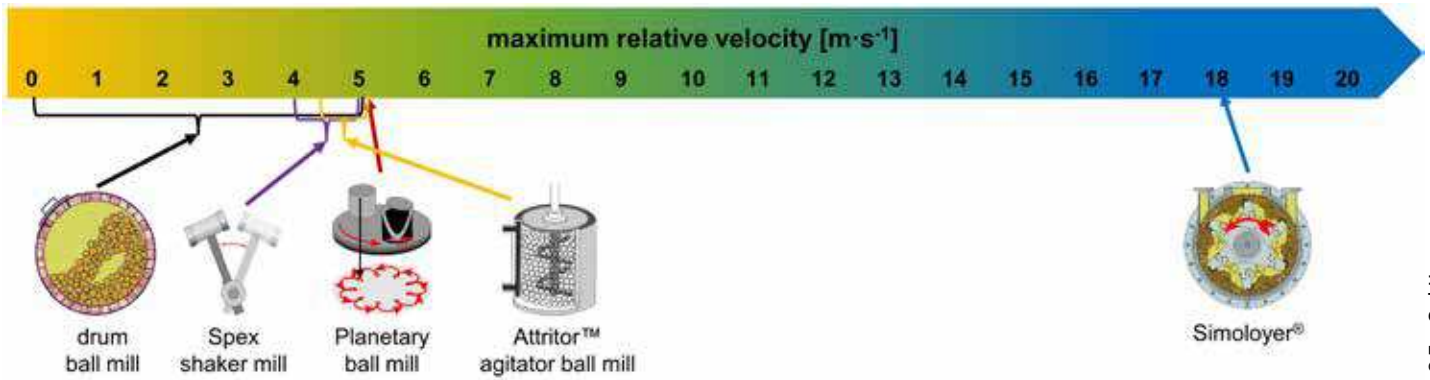
Due to the effects described, the material is mainly affected by shear and friction stresses, which contributes to the fact that the mostly powdery materials are comminuted similar to a grinding process with a physical increase of the surface area. With appropriate milling times and energy input, mechanochemical processes can also take place here. However, due to friction, these are usually associated with an increased degree of contamination of the material to be ground, since the grinding media can also be abraded. Contrary to these effects are collisions of the grinding media as they occur with high kinetic processing (HKP).

das Mahlen mit Trommel- oder Planetenkugelmühlen hinreichend bekannt [1]. Hier werden Materialien hauptsächlich zerkleinert und zum Teil umgeformt, bzw. mechanochemisch umgesetzt. Da sich die Relativgeschwindigkeiten der Mahlkörper bei diesen Methoden im Bereich zwischen 0 – 5,5 m/s bewegen, ist die dabei eingesetzte Energie im niedrigkinetischen Bereich einzuordnen (Bild 1) [2]. Die Geschwindigkeit der Mahlkörper beschreibt die Energie, die in das Mahlgut eingetragen wird, und zwar quadratisch nach der Gleichung für die kinetische Energie [3]:

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} mv^2$$

Ein Unterscheidungsmerkmal der unterschiedlichen Mahlprozesse ist die Art der Bewegung der Mahlkörper. Bei der Trommel-, der Planeten- und der Rührwerkskugelmühle bewegen sich die Mahlkörper bedingt durch die Bewegung des Mahlbehälters oder des Rührwerks zumeist rollend oder fallend übereinander. Die dabei entstehenden Effekte werden kategorisiert als Kaskaden- und Katarakteffekt (Bild 2) [4]. Per den beschriebenen Effekten wird das Mahlgut hauptsächlich durch Scherung und Reibung beaufschlagt, was dazu beiträgt, dass die meist pulverförmigen Materialien ähnlich eines Schleifprozesses bei einhergehender physikalischer Vergrößerung der Oberfläche zerkleinert werden. Bei entsprechend langer Mahldauer und Energieeintrag können hier auch mechanochemische Prozesse ablaufen. Diese sind aber

▲ High Kinetic Processing using Simoloyer® technology
Hochkinetische Prozesstechnik mittels Simoloyer®-Technologie



1 Comparison of the maximum relative velocity of the grinding media in different grinding processes [2]
Vergleich der maximalen Relativgeschwindigkeiten der Mahlkörper bei verschiedenen Mahlprozessen [2]

▲ High kinetic processing

In comparison to conventional grinding processes, HKP has a significantly higher relative velocity of the grinding media. Likewise, less shear and friction effects are achieved due to the type of ball movement, but a collision effect is achieved which causes a selective transfer from the grinding media into the material. It can be therefore concluded that the energy that is transferred into the material by HKP is by potencies higher than that with conventional milling techniques. At the same time, most processes run in one step without solvents (dry milling). In principle, wet milling is also possible, but in most applications it is neither necessary nor desirable. HKP can be used in many ways, with the various fields of application serving as the basis for subdividing the HKP into three different process categories: Mechanical Alloying (MA), High Energy Milling (HEM) and Reactive Milling (RM) [2]. All these categories have in common that the material to be processed is influenced and modified by formation and modification of nanostructures. Processes can also be carried out under vacuum or inert gas, including system loading [5]. This is especially important as fine dusts and metals are often used, which tend to be pyrophorous due to their high surface area and therefore have to be handled under exclusion of oxygen.

In MA, the energy of the grinding media is transferred into the material at a high yield. As a result, new alloys can be formed in a process of breaking, welding and deformation (deformation-fracture-welding), which would not be formed by conventional thermal syntheses. One example of a material made by MA is e.g. the recently relaunched PM2000, a high-temperature powder material that is consolidated into semi-finished and finished parts in subsequent steps [6].

aufgrund der Reibung meist mit einem erhöhten Maß an Verunreinigung des Mahlguts verbunden, da auch die Mahlkörper sich entsprechend abreiben können. Anders als diese Effekte wirken Kollisionen der Mahlkörper, wie sie bei der hochkinetischen Prozesstechnik (HKP) auftreten.

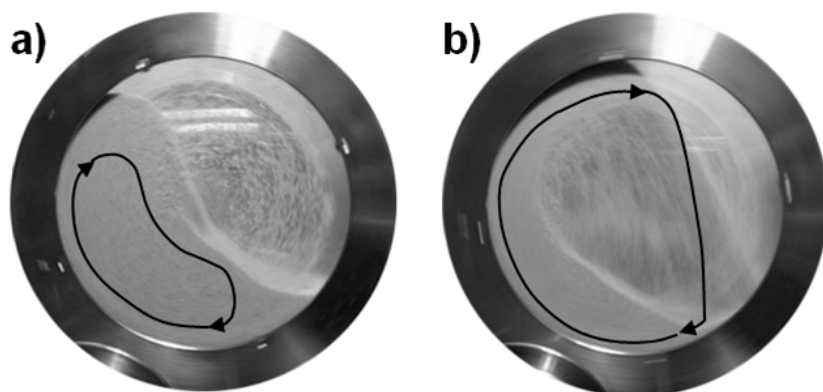
Hochkinetische Prozesstechnik

Im Vergleich zu herkömmlichen Mahlprozessen weist HKP eine wesentlich höhere Relativgeschwindigkeit der Mahl-/Prozesskörper auf. Gleichmaßen werden durch die Art der Kugelbewegung weniger Scher- und Reibungseffekte erzielt, sondern es wird ein Kollisionseffekt erreicht, durch den punktuell Energie in das Mahlgut eingebracht wird. Somit lässt sich schlussfolgern, dass die Energie, die bei der HKP in das Mahlgut eingetragen wird, um Potenzen höher ist, als die bei herkömmlichen Mahltechniken.

Gleichzeitig laufen die meisten Prozesse in einem Schritt ohne Lösemittel ab (Trockenmahlung). Eine Nassmahlung ist zwar prinzipiell auch möglich, aber in den meisten Anwendungsfällen weder notwendig noch erwünscht. HKP kann vielfältig genutzt werden, wobei die verschiedenen Anwendungsfelder als Grundlage für die Unterteilung der HKP in drei verschiedene Prozesskategorien dienen: das Mechanische Legieren (MA = Mechanical Alloying), die Hochenergiemahlung, (HEM = High Energy Milling) und das Reaktivmahlen (RM = Reactive Milling). Alle diese Kategorien haben gemeinsam, dass hier das zu bearbeitende Material durch das Einbringen und Ändern von Nanostrukturen beeinflusst und modifiziert wird. Die Prozesse können hierbei nach Bedarf auch unter Vakuum oder Schutzgas durchgeführt werden, inklusive Anlagenbeschickung [5]. Dieses ist vor allem auch wichtig, da oftmals mit feinsten Stäuben und Metallen umgegangen wird, die aufgrund einer hohen Oberfläche zur Pyrophorie neigen, und daher unter Sauerstoffausschluss gehandhabt werden müssen.

Beim Mechanischen Legieren wird die Energie der Mahlkörper hochgradig in das Mahlgut übertragen. Hierdurch können in einem Prozess des Brechens, Verschweißens und Verformung (Deformation-Fracture-Welding) auch neue Legierungen gebildet werden, die auf herkömmlichem thermischem Wege nicht entstehen würden. Ein Beispiel für einen Werkstoff, der durch Mechanisches Legieren hergestellt wird, ist z.B. der kürzlich revitalisierte PM2000, ein Hochtemperaturpulverwerkstoff, der in weiteren Schritten

2 a) Cascade effect: balls roll over each other, b) cataract effect: balls lift off at a certain speed of rotation and hit again within the ball filling [4]
a) Kaskadeneffekt: Kugeln rollen übereinander, b) Katarakteffekt: Kugeln heben ab einer bestimmten Drehgeschwindigkeit ab und treffen wieder innerhalb der Kugelfüllung wieder auf [4]



◀ 3 Slurried EAF dust
Aufgeschlämmter EAF-
Staub



© Zoz GmbH

In HEM, particles are broken by collisions, materials are refined and particles are deformed. For example, by HEM in a simple one step process zinc flake pigments are produced from zinc dust, which can have similar or even improved properties compared to commercially available zinc flakes. Nanostructures can be formed and new elements can be added *in situ* [7].

Reactive milling is the segment that also deals with the formation of new materials. Here, chemical reactions are carried out by the energy introduced, similar to a chemical reactor. In contrast, however, in a one-pot reaction without use of solvents as a carrier [8]. Based on the process variants described, different recycling strategies were developed in projects and tested in the field.

MechanoReSt – alternative recycling by mechanochemical treatment

In steel mills so-called EAF dust is formed by the electric arc furnace process (Fig. 3). This can be equated with a slag and contains besides common slag components resources like zinc and iron. These, especially zinc, are currently being extracted from the slag residue by digestion processes.

The process for the preparation of EAF dusts and the recovery of zinc from them is the so-called Waelz-process. Here a metallurgical process in a rotary kiln is carried out. In general, the Waelz-process is based on the enrichment of valuable substances in an intermediate metal phase, from which they are subsequently recovered after counterflow evaporation and re-oxidation. The process takes between 4 and 12 hours depending on the speed of rotation and the length of the rotary kiln. This process is energy-intensive and can only be regarded as economical from a zinc content of 20 %. The upper limit is 50 % zinc due to the otherwise excessive heat required. Here, a new

zu Halbzeugen und Fertigteilen konsolidiert wird [6]. Bei der Hochenergiemahlung werden durch Kollisionen Bindungen gebrochen, Materialien gefeint und Partikel umgeformt. So können durch den HEM-Prozess z.B. auf einfachem Weg und in nur einem Schritt Zinklamellen-Pigmente aus Zinkstaub hergestellt werden, die vergleichbare oder sogar verbesserte Eigenschaften aufweisen können, als kommerziell erhältliche Zinklamellen. Dabei können Nanostrukturen eingestellt und weitere Elemente *in situ* zulegiert werden [7].

Das Reaktivmahlen ist der Teilbereich, der sich auch mit der Bildung von neuen Materialien befasst. Hier werden durch die eingebrachte Energie chemische Reaktionen, ähnlich wie in einem chemischen Reaktor, durchgeführt. Im Gegensatz dazu allerdings in einer Eintopfreaktion ohne den Einsatz von Lösemitteln als Trägersubstanz [8].

Basierend auf diesen beschriebenen Prozessvarianten wurden unterschiedliche Recyclingstrategien in Projekten entwickelt und im Feldversuch erprobt.

MechanoReSt – Alternatives Recycling durch mechanochemische Behandlung

In Stahlwerken entsteht durch das Lichtbogenofen-Verfahren sogenannter EAF-Staub (Bild 3). Dieser ist einer Schlacke gleichzusetzen und enthält neben den gängigen Schlackebestandteilen weiterhin Wertstoffe wie Zink und Eisen. Diese, speziell Zink, werden derzeit durch Aufschlussprozesse vom Schlackerest extrahiert.

Das Verfahren zur Aufbereitung von EAF-Stäuben und der Rückgewinnung von Zink daraus ist der sogenannte Wälz-Prozess. Hier wird in ein metallurgisches Verfahren in einem Drehrohrofen durchgeführt. Im Allgemeinen basiert das Wälz-Verfahren auf der Anreicherung der Wertstoffe in einer intermediären

4 MechanoReSt – DBU-
project: Alternative recycling of environmentally critical metals from EAF dust by mechanochemical treatment
MechanoReSt – DBU-
Projekt: Alternatives Recycling umweltkritischer Metalle aus Stahlwerksstäuben durch mechano-chemische Behandlung



energy-efficient and environmentally friendly process for recovery has to be developed.

This approach was pursued in a joint project sponsored by the German Federal Environmental Foundation (DBU) between Zoz GmbH and the Fraunhofer Institution for Materials Recycling and Resource Strategies IWKS, the “MechanoReSt” project (alternative recycling of environmentally critical metals from EAF dust by mechanochemical treatment). Deutsche Edelstahlwerke were associated partners (Grant No Az 33882/01). In addition to the recovery of zinc from EAF dusts, the aim of the project was to extract heavy metals as completely as possible from the residual mineral fraction. By this elimination of pollutants the fraction can then be used without problem, without the risk of pollution of groundwater or soil through elution processes. This is also an advantage over the Waelz-process, since the remaining heavy metals, even if immobilised, remain in the slag. The process developed here can also be used to digest poorly soluble compounds such as franklinite ($ZnFe_2O_4$) and to recover the incorporated zinc [9; 10; 11].

As part of the project, the EAF dusts were pre-treated mechanochemically and then leach with hydrochloric acid. The resulting suspension was filtered and the filtrate was cleaned in several steps by a wet chemical process by precipitation with appropriate substances and freed from heavy metals (e.g. lead, cadmium, iron). The pure zinc was recovered from the last fraction

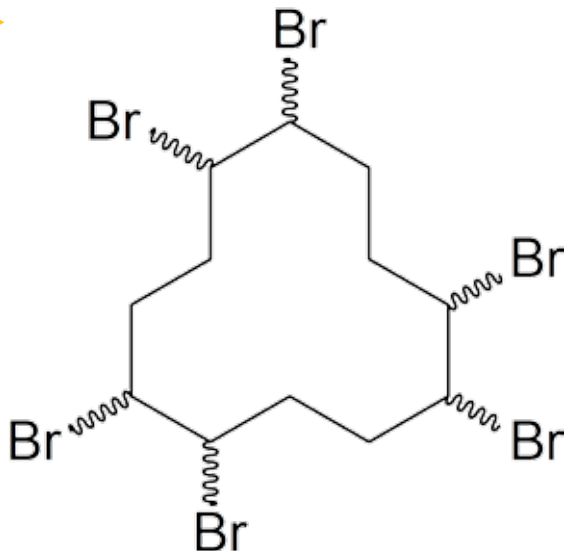
Metallphase, aus der sie anschließend nach einer Verdampfung und erneuter Oxidation im Gegenstrom zurückgewonnen werden. Das Verfahren dauert zwischen 4 und 12 Stunden je nach Umdrehungsgeschwindigkeit und Länge des Drehrohrofens. Dieser Prozess ist energieaufwendig und erst ab 20 % Zinkanteil als wirtschaftlich zu betrachten. Er ist nach oben hin bei 50 % Zinkanteil begrenzt aufgrund der sonst zu hohen notwendigen Hitze. Hier muss ein neues energieeffizientes und umweltverträgliches Verfahren zur Rückgewinnung entwickelt werden.

Dieser Ansatz wurde in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) geförderten Gemeinschaftsprojekt der Zoz GmbH und der Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS, dem Projekt „MechanoReSt“ (Alternatives Recycling umweltkritischer Metalle aus Stahlwerksstäuben durch mechanochemische Behandlung) verfolgt. Die Deutschen Edelstahlwerke waren hierbei assoziierter Partner (Az 33882/01). Neben der Rückgewinnung von Zink aus EAF-Stäuben war auch eine möglichst vollständige Extraktion von Schwermetallen aus der mineralischen Restfraktion Ziel des Projekts. Durch die Entfrachtung kann diese dann ohne Probleme wiederverwertet werden, ohne das Risiko einer Schädigung von Grundwasser oder Böden durch Elutionsvorgänge. Auch das ist ein Vorteil gegenüber dem Wälz-Prozess, da bei diesem die restlichen Schwermetalle, wenn auch immobilisiert, in der Schlacke verbleiben. Durch das hier entwickelte Verfahren können auch schwerlösliche Verbindungen, wie das Franklinit ($ZnFe_2O_4$) aufgeschlossen werden und das darin gebundene Zink wiedergewonnen werden [9; 10; 11]. Im Rahmen des Projekts wurden die EAF-Stäube mechanochemisch vorbehandelt und anschließend mit Salzsäure ausgelaugt. Die dabei entstandene Suspension wurde filtriert und das Filtrat durch einen nasschemischen Prozess in mehreren Schritten durch Fällen mit entsprechenden Substanzen aufgereinigt und von den Schwermetallen (z.B. Blei, Cadmium, Eisen) befreit. Das reine Zink wurde aus der letzten Fraktion mittels Elektrolyse zurückgewonnen. Hier zeigt sich die Stärke der Mechanochemie. Durch den hohen Energieeintrag in das Mahlgut gelingt es, auch schwerlösliche Substanzen aufzuschließen, die ansonsten in energie- oder materialintensiven Aufschlussverfahren aufbereitet werden müssen. Hier sind die Prozesse für den Aufschluss vergleichsweise kurz (20 min Prozesszeit) gegenüber den oben angesprochenen thermischen Prozessen.

© Zoz GmbH

© Zoz GmbH

5 Hexabromocyclododecane (HBCD)
Hexabromocyclododekan (HBCD)



Recycling von Polystyrol

Jedes Jahr müssen 40 000 t alte Dämmstoffmaterialien entsorgt werden. Bedingt durch die knappe Kapazität von entsprechend zertifizierten Müllverbrennungsanlagen und der hohen Nachfrage ist die Entsorgung kostenintensiv. Bei Betrachtung des Dämmstoffmarkts zeigt sich, dass dieser zu 34 % auf Polystyrolprodukten basiert (EPS: expandiertes Polystyrol, XPS: extrudiertes Polystyrol), was 6392 t entspricht (Deutschland, 2012) [12]. Im Vergleich dazu sind nur 5 % des Marktes basierend auf Polyurethan. Das Recycling und die Entsorgung von Polystyrolprodukten stellt dabei ein Umweltpro-

by means of electrolysis. This shows the capability of mechanochemistry. Due to the high energy input into the material, it is also possible to digest even poorly soluble substances that would otherwise have to be processed in energy- or material-intensive digestion processes. Here, the processes for digestion are comparatively short (20 min process time) compared to the thermal processes mentioned above.

Recycling of polystyrene

Every year, 40 000 t of old insulation materials have to be disposed. Due to the scarce capacity of appropriately certified waste incineration plants and the high demand, disposal is cost-intensive. A look at the insulation market shows that it is based on 34 % polystyrene products (EPS: expanded polystyrene, XPS: extruded polystyrene), which corresponds to 6392 t (Germany, 2012) [12]. In comparison, only 5 % of the market is based on polyurethane. The recycling and disposal of polystyrene products is an environmental problem because they contain toxic flame retardants. Hexabromocyclododecane (HBCD) is one of them and was used until the end of 2014 (Fig. 5).

This is homogeneously dispersed in the polymer matrix and not chemically bound. Depending on the storage time of the old polystyrene, it is visible as a brownish colour on the surface due to bromine (Fig. 6).

blem dar, da sie toxische Flammschutzmittel enthalten. Das Hexabromocyclododekan (HBCD) ist eines davon und wurde bis Ende 2014 verwendet (Bild 5).

Dieses ist homogen in der Polymermatrix dispergiert und nicht chemisch gebunden. Je nach Lagerdauer des Alt-Polystyrols ist es als bräunliche Färbung an der Oberfläche, bedingt durch das Brom, sichtbar. (Bild 6) 2008 wurde HBCD in die SVHC-Liste „Besonders besorgniserregende Stoffe“ nach REACH aufgenommen und unterlag fortan der Zulassung. Als Folge davon galten Polystyrole als „gefährlicher Abfall“ nach der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) und der POP-Verordnung, weil sie persistente organische Stoffe (POP) enthalten. Seit 2013 wurde HBCD aufgrund seiner Fortpflanzung schädigenden Eigenschaften als POP eingestuft. Folgerichtig mussten sie entsprechend entsorgt werden [13]. Eine Pyrolyse der Materialien verursacht die Bildung noch giftigerer Verbindungen und eine Extraktion mit Lösemitteln würde andere Probleme schaffen. Diese Regelung verursachte einen Anstieg der Entsorgungskosten auf zum Teil bis zu 7000 €/t.

Nach einem Bundesratsbeschluss vom 16.12.2016 wurden die zwei Monate zuvor festgelegten Bestimmungen der AVV durch ein Moratorium für ein Jahr außer Kraft gesetzt, sodass Abfälle mit HBCD nicht als gefährliche Abfälle gesondert entsorgt werden mussten, da in der AVV HBCD ausdrücklich als Ausnah-

Breaks up more. Takes in more.

The Inventhor Type 6 sets new standards in shredding efficiency. From the very first tonne you will benefit from its unique VarioDirect Drive, maximum availability and simple, flexible operation.

Discover the advantages of the new Inventhor by watching the films at doppstadt.de/en/inventhor-type-6.

Doppstadt

Best Solution. Smart Recycling.

6 Broken waste of insulating wall panels from HBCD-containing polystyrene

Gebrochene Abfall-Dämmplatten aus HBCD-haltigem Polystyrol



© Zoz GmbH

In 2008 HBCD was included in the SVHC list “Substances of very high concern” according to REACH and was subject to approval from then on. As a result, polystyrenes were considered “hazardous waste” according to the Waste Catalogue Ordinance (German: Abfallverzeichnis-Verordnung: AVV) and the POP-regulation, because they contain persistent organic substances (POP), HBCD has been classified as a POP since 2013 due to its toxic properties for reproduction. Consequently, they had to be disposed specially [13]. Pyrolysis of the materials causes the formation of even more toxic compounds, and extraction with solvents would create other problems. This regulation caused the disposal costs rise in some cases up to 7000 €/t.

After a Federal Council decision of 16.12.2016, the provisions of the AVV set two months earlier were overridden by a moratorium for one year, so that waste with HBCD did not have to be disposed separately as hazardous waste, since the AVV HBCD explicitly has been listed as an exception to the POP-regulation. This moratorium was declared a permanent derogation by the Federal Council on 07.07.2017, so that no special permission for the disposal of HBCD-containing PS waste was required [14]. Nevertheless, old polystyrene still contains HBCD and the change in the AVV thus prevents the necessary development towards resource-saving recycling. The problem has been levelled, but not eliminated.

A patent has been filed for a mechanochemical process with view to a resource-saving recycling process. Here HBCD is converted into non-toxic soluble compounds using HKP and quartz sand as tribomaterial. A comparable concept was also used and patented for the detoxification of dioxin (DE 102 61 204 A1) [15]. The process for recy-

me von der POP-Verordnung gelistet wurde. Dieses Moratorium wurde am 07.07.2017 vom Bundesrat zur dauerhaften Ausnahmeregelung erklärt, so dass keine Sondergenehmigung für die Entsorgung für die Entsorgung von HBCD-haltigen PS-Abfällen mehr notwendig ist [14]. Dennoch enthält Alt-Polystyrol immer noch HBCD und die Änderung der AVV verhindert insofern eine notwendige Entwicklung hin zu einem ressourcenschonenden Recycling. Das Problem wurde damit nivelliert, aber nicht beseitigt.

Im Hinblick auf ein ressourcenschonendes Verwertungsverfahren, wurde ein mechanochemischer Prozess zum Patent angemeldet. Hier wird HBCD mittels HKP und Quarzsand als Tribomaterial in ungiftige lösliche Verbindungen umgewandelt. Ein vergleichbares Konzept wurde auch für die Detoxifizierung von Dioxin angewendet und patentiert (DE 102 61 204 A1) [15]. In dem hier beschriebenen Verfahren zur Verwertung von PS entsteht unter anderem auch ein schwarzer Sand-Komposit, der als Bausand Anwendungen finden könnte. Die Umwandlung des HBCD in nicht toxische lösliche Substanzen konnte auch erfolgreich analytisch nachgewiesen werden. Dieser mechanochemische Prozess ist aufgrund seiner Bedingungen nachhaltig, energiesparend und von ökonomischem Vorteil, da die Mechanochemie im Gegensatz zur thermischen Verwertung weniger Energiebedarf hat und der Prozess aufgrund seiner kurzen Dauer auch schneller durchzuführen ist.

Wüstensand und Mikroplastik als Baustoff

Derzeit wird Sand als Baustoff weltweit als schwindende Ressource angesehen, obwohl es viele Wüsten gibt, in denen Sand quasi frei verfügbar ist. Das Problem liegt an den Sandkörnern selbst. Diese sind, im Gegensatz zum vergleichbaren See- oder Flusssand rund und nicht kantig. Dadurch sind die Körner zwar hervorragend für Sanduhren, nicht aber für Bauanwendungen geeignet, da diese voneinander abrollen würden

cling PS described here also produces, among other things, a black sand composite that could be used as construction sand. The conversion of HBCD into non-toxic soluble substances has also been successfully demonstrated analytically. Due to its conditions, this mechanochemical process is sustainable, energy-saving and of economic advantage, since mechanochemistry, in contrast to thermal recycling, requires less energy and, due to its short duration, the process can also be carried out more quickly.

Desert sand and micro plastic as construction material

Sand is currently considered a dwindling resource as construction material worldwide, although there are many deserts in which sand is virtually abundantly available. The problem is the sand grains themselves. Contrary to the comparable sea or river sand, these are round and not angular. As a result, the grains are excellent for hourglasses, but not for construction applications, since these would roll off from each other and the resulting concrete would lose the strength it gains from coarse grain. This means that approx. 95 % of the sands available worldwide cannot be used as construction materials. Every year, 40 billion tonnes of sand are exploited which is more than new erosion can create. The result is the destruction on entire ecosystems and the emergence of criminal, sometimes mafia-like structures that illegally mine sand on beaches and rivers. In Indonesia, for example, two dozen islands have already disappeared, and solutions to this problem are being sought worldwide [16; 17].

Another problem that is equally urgent to solve is the large quantities of microplastics that pollute the world's oceans and whose disposal proves to be complex. Between 1950 and 2015, 6300 million t of plastic waste were generated and it is assumed that around 12,000 million t will be in the environment in 2050. Microplastics are currently produced in many areas of life and the discussion about their recycling is currently a focal topic in public life. First of all, of course, microplastics should simply be avoided. The problem with the released microplastics is how the quantities can be collected. If this succeeds, the question remains how it can be separated and recycled in an environmentally friendly manner [18]. HKP offers a simultaneous, possible solution to both global problems.

By simultaneously processing desert sand with/and microplastics with HKP, the sand is broken up so that it becomes edgy and loses its round shape. On the other hand, the sand transforms the microplastics into a kind of adhesive sand composite, which is then available for construction applications. The production of such a composite could be demonstrated in initial experiments. If industrial recycling succeeds here, the costs for construction sand would decrease significantly, along with the disposal costs for microplastics. Starting from an 1:1 composite microplastics/desert sand, e.g. with a Simoloyer[®] CM900, 5022 t/a of microplastics can be recycled in this way. Socially speaking, making desert sand usable would help conserve ecosystems and eliminate the aforementioned crime.

und der resultierende Beton damit seine Festigkeit verlieren würde, die er durch das Grobkorn erlangt. Damit sind ca. 95% der weltweit vorhandenen Sande nicht als Baustoff verwendbar. Dabei werden jedes Jahr 40 Mrd. t Sand abgebaut, was mehr ist, als durch natürliche Erosion neu entstehen kann. Die Folge ist eine Zerstörung von kompletten Ökosystemen und die Entstehung krimineller, zum Teil mafïöser Strukturen, welche Sand illegal an Stränden und in Flüssen abbauen. Zum Beispiel in Indonesien sind bereits zwei Dutzend Inseln verschwunden, weltweit wird nach Lösungen für dieses Problem gesucht [16; 17].

Ein weiteres, gleichermaßen dringend zu lösendes Problem sind die großen Mengen an Mikroplastik, welche die Weltmeere verschmutzen und deren Entsorgung sich als aufwändig herausstellt. Zwischen 1950 und 2015 wurden 6300 Mio. t Plastikmüll generiert und es wird angenommen, dass sich 2050 ca. 12 000 Mio. t in der Umwelt befinden werden. Mikroplastik wird derzeit in vielen Teilbereichen des Lebens produziert und die Diskussion um dessen Recycling ist derzeit ein Fokusthema des öffentlichen Lebens. Zunächst sollte natürlich Mikroplastik schlicht vermieden werden. Bei dem bereits freigesetzten Mikroplastik stellt sich das Problem, wie die Mengen eingesammelt werden können. Sofern dieses erfolgreich gelingt, verbleibt die Frage, wie dieses dann getrennt und umweltschonend rezykliert werden kann [18]. Für beide globalen Probleme bietet HKP eine gleichzeitige, mögliche Lösung.

Durch gleichzeitige Prozessierung von Wüstensand mit/und Mikroplastik im hochkinetischen Prozess wird zum einen der Sand zerschlagen, so dass er kantig wird und seine runde Form verliert. Andererseits wird das Mikroplastik mit dem Sand zu einer Art Klebsand-Komposit umgewandelt, der dann für Bauanwendungen zur Verfügung steht. In ersten Versuchen konnte die Herstellung eines solchen Komposits nachgewiesen werden. Gelingt hier die industrielle Verwertung, so würden im Weiteren die Kosten für Bausand signifikant sinken, einhergehend die Entsorgungskosten für Mikroplastik. Ausgehend von einem 1:1-Komposit Mikroplastik/Wüstensand, könnten z. B. mit einem Simoloyer[®] CM900 pro Jahr 5022 t Mikroplastik auf diese Weise wiederverwertet werden. Gesellschaftlich gesehen würde die Nutzbarmachung von Wüstensand dazu beitragen, Ökosysteme zu erhalten, und zuvor genannte Kriminalität abzuschaffen.

**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>



Conclusion

HKP technology represents an efficient technology, which, in addition to the advantages in the field of material production (new alloys, fine chemicals and pharmaceuticals, pigments), also offers many possibilities in the field of recycling and reprocessing. The energy transferred into the recycling materials is followed by chemical and mechanical conversions, but the recycling options are far from exhausted. Proven in tests, the method itself offers a high degree of implementation and purity. Due to the possibility on inert processing, materials can also be implemented that can only be recycled with great effort in a reactor process. In addition, the completely dry process eliminates the reprocessing of solvents, such as those used in a reactor process. Both underline technology sustainability.

Fazit

Hochkinetische Prozesstechnik repräsentiert eine effiziente Technologie, die neben den Vorteilen im Bereich der Materialherstellung (neuartige Legierungen, Feinchemikalien und Pharmazeutika, Pigmente) auch viele Möglichkeiten im Bereich Recycling und Wiederaufbereitung bietet. Der eingetragenen Energie in die Recyclingmaterialien folgen chemische und mechanische Umwandlungen, dabei sind die Recycling-Möglichkeiten bei Weitem noch nicht ausgeschöpft. In Versuchen nachgewiesen, bietet die Methode selbst einen hohen Grad der Umsetzung und Reinheit. Durch die Möglichkeit inerter Prozessierung können auch Materialien umgesetzt werden, die im Reaktorprozess nur mit hohem Aufwand recycelt werden können. Zudem entfällt durch den komplett trockenen Prozess eine Wiederaufbereitung von Lösemitteln, wie sie im Reaktorprozess verwendet werden. Beides unterstreicht Technologienachhaltigkeit.

Literature • Literatur

- [1] Handbuch der Mechanischen Verfahrenstechnik, Hrsg.: H. Schubert, Bd. 1, Wiley-VCH Verlag, Weinheim 2003
- [2] Zoz, H.; Ernst, D.; Reichardt, R.: High Energy Milling/Mechanical Alloying/Reactive Milling, 3rd international Symposium of the School of Chemical Engineering, University of Mexico City/Mexico, 1998
- [3] Physik: für Wissenschaftler und Ingenieure, Hrsg.: J. Wagner, 7. Aufl., Springer Spektrum Verlag Berlin Heidelberg, 2015
- [4] Zoz, H.; Reichardt, R.; Kim, J.-S.: Anwendung und Auslegung von Trommelmühlen, Keramische Zeitschrift 53 (2001), Nr. 5, S. 384-392
- [5] Zoz, H.; Simoloyer[®]: major characteristics and features, online: http://gmbh.zoz.de/_AKTUELL/pdf_content/publications/v31.pdf, 2018
- [6] Rieth, M.; Simondon, E.; Dürrschnabel, M.; Hoffmann, M.; Bolich, D.; Jäntschi, U.; Klimenkov, M.; Antusch, S.; Zoz, H.; Benz, H. U.; Wilhartitz, P.: Increasing the technical readiness level of innovative oxide dispersion strengthened materials, 11th German-International Symposium on Nanostructures, Olpe/Deutschland, 2020
- [7] Zoz, H.; Reichardt, R.; Ren, H.; Benz: Ductile Metal Flakes based on [Au], [Ag], [Al], [Cu], [Ti], [Zn] and [Fe] Materials by High Energy Milling (HEM), Part I, PM² Tech '99 Conference MPIF/APMI, 2001
- [8] Kaupp, G.: Waste-free large-scale syntheses without auxiliaries for sustainable production omitting purifying workup, CrystEngComm, 2006, Nr. 8, S. 794-804
- [9] Zoz, H.; Kaupp, G.; Ren, H.; Goepel, K.; Naimi-Jamal, M. R.: Recycling of EAF dust by semi-continuous high kinetic process, Metall, 2005 Nr. 59(5), S. 200-203
- [10] DBU: MechanoReSt – Alternatives Recycling umweltkritischer Metalle aus Stahlwerksstäuben durch mechano-chemische Behandlung, online: https://www.dbu.de/projekt_33882/01_db_2409.html, 2017
- [11] Fraunhofer-Einrichtung für Wertstoffkreisläufe und Ressourcenstrategie IWKS: Rückgewinnung wertvoller Metalle, online: <https://www.iwks.fraunhofer.de/de/iwks-abteilungen/urbanmining/MechanoReSt.html>, 2020
- [12] Danner, B. M. H.: Ökologische Wärmedämmstoffe im Vergleich 2.0, Bauzentrum München, München, 2010
- [13] Danner, B. M. H.; Sauczek, T.: Bauzentrum München: Information und Wissen, online: Available: https://www.muenchen.de/rathaus/dam/jcr:c44833ca-c8b6-4b63-ba37-3c5c588d3b53/Leitfaden_Daemmstoffe_3_0.pdf, 2017
- [14] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: Langfristige Regeln zur Entsorgung HBCD-haltiger Abfälle, online: <https://www.bmu.de/meldung/langfristige-regeln-zur-entsorgung-hbcd-haltiger-abfaelle/>, 2017
- [15] Kaupp, G.; Zoz, H.: Verfahren zur Dekontamination bzw. Detoxifizierung von Umweltgiften z. B. Dioxiden, Dibenzofuranen und Beiprodukten (Congenere) oder dergleichen. Deutschland Patent DE10261204A1, 20.12.2002.
- [16] Hellge, A.: Süddeutsche Zeitung, online: <http://www.sueddeutsche.de/wissen/baustoff-der-welt-geht-der-sand-aus-1.3588083>. 2017
- [17] Nestler, R.: Der Tagesspiegel, online: <https://www.tagesspiegel.de/wissen/schwindender-rohstoff-sand-auf-abwegen/13979132.html>, 2016
- [18] Liebmann, B.: Mikroplastik in der Umwelt – Vorkommen, Nachweis und Handlungsbedarf, Umweltbundesamt, online: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0550.pdf>, Report, 2015



© Reif GmbH; Wolfgang Gasser-fo+design

Well protected

Safety-related overall concepts for the recycling industry

Gut geschützt

Sicherheitstechnische Gesamtkonzepte für die Recyclingbranche

▲ Video surveillance, detection and fire detection technology by Reif GmbH – Innovative Safety Systems
Einbruchmeldetechnik, Videoüberwachung und Brandmeldetechnik von der Reif GmbH – Innovative Sicherheitssysteme

At first glance, Heroldstatt on the Laichinger Alb is an idyllic village in a basically rural area. But taking a closer look, you will find many innovative companies there. As for the Reif company, this attribute is already inherent its name: Reif GmbH – Innovative Safety Systems.

The medium-sized family company was founded in 1997 by Dipl.-Ing. Joachim Reif. Soon afterwards, the concept was shifted from pyrotechnic systems, such as rope cutters for helicopters or fog machines, to safety-related systems. Since then, the Reif GmbH has established itself as an installation company for security technology primarily supporting customers in southern Germany, but also nationwide and in the neighbouring countries. With the DIN ISO 9001 certification gained in the year 2000 and the VdS certifi-

Heroldstatt auf der Laichinger Alb ist auf den ersten Blick ein idyllisches Dorf in einer ländlich geprägten Gegend. Doch wenn man sich genauer umschaut, findet man dort so manche innovative Firma. Die Firma Reif trägt das schon im Namen: Reif GmbH – Innovative Sicherheitssysteme.

Das mittelständische Familienunternehmen wurde 1997 von Dipl.-Ing. Joachim Reif gegründet und hat sein Konzept schon bald danach von pyrotechnischen Systemen wie Seilcutter für Hubschrauber oder Nebelgeräte auf sicherheitstechnische Anlagen verlagert. Seither hat sich die Reif GmbH als Errichterbetrieb für Sicherheitstechnik etabliert und betreut schwerpunktmäßig Kunden in Süddeutschland aber auch bundesweit und im benachbarten Ausland. Mit der DIN ISO 9001 Zertifizierung seit 2000 und

cation in the areas of intrusion, fire and video technology as well as voice alarm systems in the subsequent year, the company holds all approvals required to meet almost every customer-specific requirement. Thanks to remote maintenance and a 24-hour on-call hotline, fast technical support is possible at any time. Today, the Reif company employs more than 40 people. The Heroldstatt-based enterprise has also been serving companies in the recycling industry for almost 20 years. With individual and industry-specific security concepts, there is an individual solution for every risk. Modular systems in the field of access control, intrusion detection technology, video surveillance, fire detection technology, time recording, tele-communications technology and IT technology cover the entire range. Here for example, an important component is preventive fire protection, where e.g. smart and special detectors can be used to respond precisely to the respective needs. Some detectors are able to detect soot particles or water vapor and hide them as a disturbance variable in order to prevent false alarms. In the recycling industry, smoke aspiration systems (RAS) are often used, which can reliably identify seats of fire and localize them in an early stage of their development. For this purpose, ambient air is constantly sucked into a high-performance suction

der im Folgejahr erlangten VdS-Zertifizierung in den Bereichen Einbruchmelde-, Brandmelde- und Videotechnik sowie Sprachalarmierungen besitzt das Unternehmen selbstverständlich alle nötigen Zulassungen, um beinahe jede kundenspezifische Anforderung erfüllen zu können. Durch Fernwartung und eine 24 Stunden Rufbereitschafts-Hotline ist ein schneller technischer Support jederzeit möglich. Heute beschäftigt die Firma Reif über 40 Mitarbeiter.

Seit fast 20 Jahren betreut die Heroldstatter Firma auch Unternehmen der Recyclingbranche. Mit individuellen und branchenspezifischen Sicherheitskonzepten findet sich für jedes Risiko eine individuelle Lösung. Modular einsetzbare Systeme im Bereich Zutrittskontrolle, Einbruchmeldetechnik, Videoüberwachung, Brandmeldetechnik, Zeiterfassung, Telekommunikationstechnik, und IT-Technik decken die gesamte Bandbreite ab.

Ein wichtiger Baustein ist hier beispielweise der vorbeugende Brandschutz, bei dem z.B. mit intelligenten und Sondermeldern genau auf die jeweiligen Bedürfnisse eingegangen werden kann. Einige Melder sind in der Lage, Rußpartikel oder Wasserdampf zu erkennen und als Störgröße auszublenden, um Falschalarme zu verhindern. Auch ein Rauchansaugsystem (RAS) ist in der Recyclingbranche oft im Einsatz und kann Brandherde zuverlässig erkennen. So lassen sich diese schon im Entstehungsstadium lokalisieren. Über ein Rohrleitungssystem wird dafür ständig Umgebungsluft in eine hochleistungsfähige Ansaugvorrichtung gesaugt. Durch einen zwei-stufigen Filter, der die Probe von Staub und Schmutz befreit, strömt die Luft durch eine kalibrierte Laserdetektionskammer, in der enthaltener sichtbarer und unsichtbarer Rauch sicher erkannt wird. Zusätzlich wird das Portfolio mit weiteren für die Recyclingbranche relevanten Sondermeldern abgerundet und laufend angepasst.

Weitere relevante Bausteine sind effizienter Einbruchschutz und eine leistungsstarke Videotechnik. Diese schützen Gebäude und Freiflächen wirksam vor Einbrüchen, Diebstählen und Vandalismus. Wird die Möglichkeit der Aufschaltung auf eine Leitstelle genutzt, kann der Betreiber sofort über Unregelmäßigkeiten informiert werden oder die Leitstelle wird selbst aktiv und schickt beispielsweise einen Wachschutz oder die Polizei zum Objekt. Gleichzeitig ist eine vollständige Fernüberwachung der Objekte mithilfe der Leitstelle möglich.

Mechanische Sicherungen, elektronische und mechanische Schließsysteme, Zeiterfassungssysteme und Zutrittskontrollsysteme runden das Portfolio der Reif GmbH ab und bieten auch Recyclingunternehmen signifikante Vorteile wie beispielsweise die Optimierung von Betriebsabläufen wie der Lohnbuchhaltung.

Mechanische Sicherungen, elektronische und mechanische Schließsysteme, Zeiterfassungssysteme und Zutrittskontrollsysteme runden das Portfolio der Reif GmbH ab und bieten auch Recyclingunternehmen signifikante Vorteile wie beispielsweise die Optimierung von Betriebsabläufen wie der Lohnbuchhaltung.

Efficient burglary protection and powerful video technology
 Effizienter Einbruchschutz und eine leistungsstarke Videotechnik



© Reif GmbH, Wolfgang Gasser-foto-design

device via a pipe system. In a calibrated laser detection chamber, in which visible and invisible smoke contained in the air is reliably detected, the air flows through a double-stage filter, which removes dust and dirt from the sample. In addition, the portfolio is rounded off and continuously adapted by other special detectors relevant to the recycling industry. Other pertinent elements are efficient burglary protection and powerful video technology, which effectively protect buildings and open spaces against burglary, theft and vandalism. In case the option to connect to a control centre is used, the operator can be immediately informed about irregularities, or the control centre itself springs into action and sends, for example, either a security firm or the police to the property. At the same time, complete remote monitoring of the objects is possible via the control centre. Mechanical security systems, electronic and mechanical locking systems, time recording systems and access control systems complete the portfolio of the Reif GmbH offering recycling companies also significant advantages, for example the optimization of operational processes, such as wage accounting. All components can be used as modules and thus meet every customer requirement. Their addition is also possible at any time. The Reif GmbH relies on products from proven partner companies, but never loses sight of the market and its innovations in order to be able to complete its portfolio. This means that for every requirement, an adequate tailor-made solution can be worked out. Here, the focus is on modularity and the optimal solution for the respective application. With this, even special requirements, mostly arising in the field of metal scrap recyclers or alternative fuel recyclers, can be fulfilled.

© Reif GmbH; Wolfgang Gasser-foto+design







Alle Komponenten sind modular einsetzbar und erfüllen so jede Kundenanforderung. Auch eine Ergänzung ist jederzeit denkbar. Die Reif GmbH setzt auf Produkte bewährter Partnerfirmen, verliert aber den Markt und dessen Innovationen nie aus dem Blick um sein Portfolio ergänzen zu können. So lässt sich für jede Anforderung stets die passende, maßgeschneiderte Lösung erarbeiten. Hierbei liegt der Fokus in der Modularität und der optimalen Lösung für den jeweiligen Anwendungsfall. Spezielle Anforderungen, die meistens im Bereich von Metallschrottrecyclern oder auch Ersatzbrennstoffrecyclern aufkommen, können damit gelöst werden.

▲ *An adequate tailor-made solution for any problem can be worked out*
Für jede Anforderung lässt sich stets die passende, maßgeschneiderte Lösung erarbeiten

www.reif-gmbh.com



HSM Ballenpressen für alle Anwendungsbereiche!

-  Zuverlässig
-  Energieeffizient
-  Ballengewichte bis 1250 kg
-  Support & Service

www.hsm.eu

HSM[®]
Great Products, Great People.

Shredding of cardboard

Large ripper handles up to 1000 kg of cardboard articles per hour

According to the Federal Environment Agency, 107 kg of packaging waste are produced per capita per year in Germany. A large proportion of this arises from cardboard elements of all sizes, which play an essential role in the safe transport of goods. But it is not only the end user who has to deal with packaging waste, but also the companies themselves – because the number of returns is rising steadily, so that in 2018 there was a total of around 280 million returns. To counteract this problem, sustainable and effective solutions must be found for the recycling of packaging.

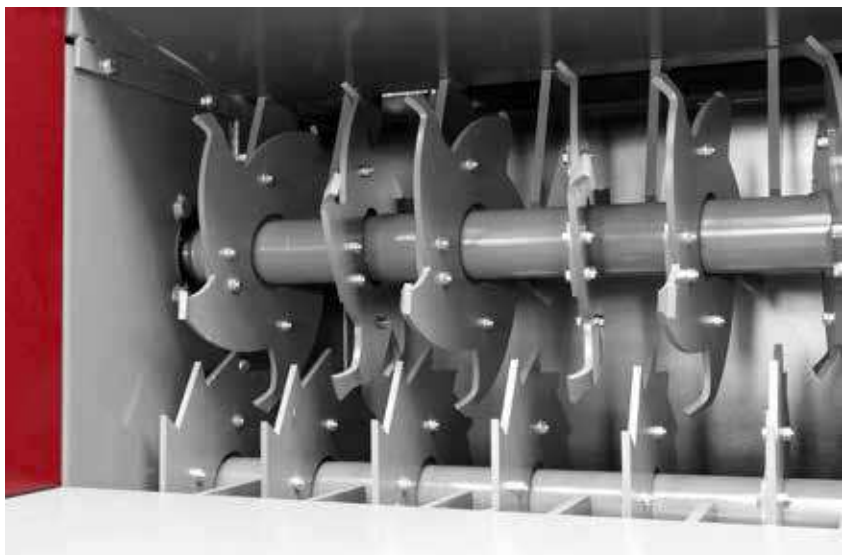
Zerkleinerung von Kartonagen

Großreißer bewältigt bis zu 1000 kg Kartonagen pro Stunde

Laut Umweltbundesamt werden deutschlandweit pro Kopf 107 kg Verpackungsmüll im Jahr produziert. Ein großer Teil davon ist auf Kartonagen jeglicher Größe zurückzuführen, die eine wesentliche Rolle für den sicheren Warentransport spielen. Aber nicht nur der Endverbraucher, sondern auch die Unternehmen selbst haben mit dem Verpackungsmüll zu kämpfen – denn auch die Zahl der Retouren steigt stetig, so dass sich diese im Jahr 2018 auf etwa 280 Mio. Rücksendungen summierten. Um diesem Problem entgegenzuwirken, müssen für das Recycling der Verpackungen nachhaltige und effektive Lösungen gefunden werden.

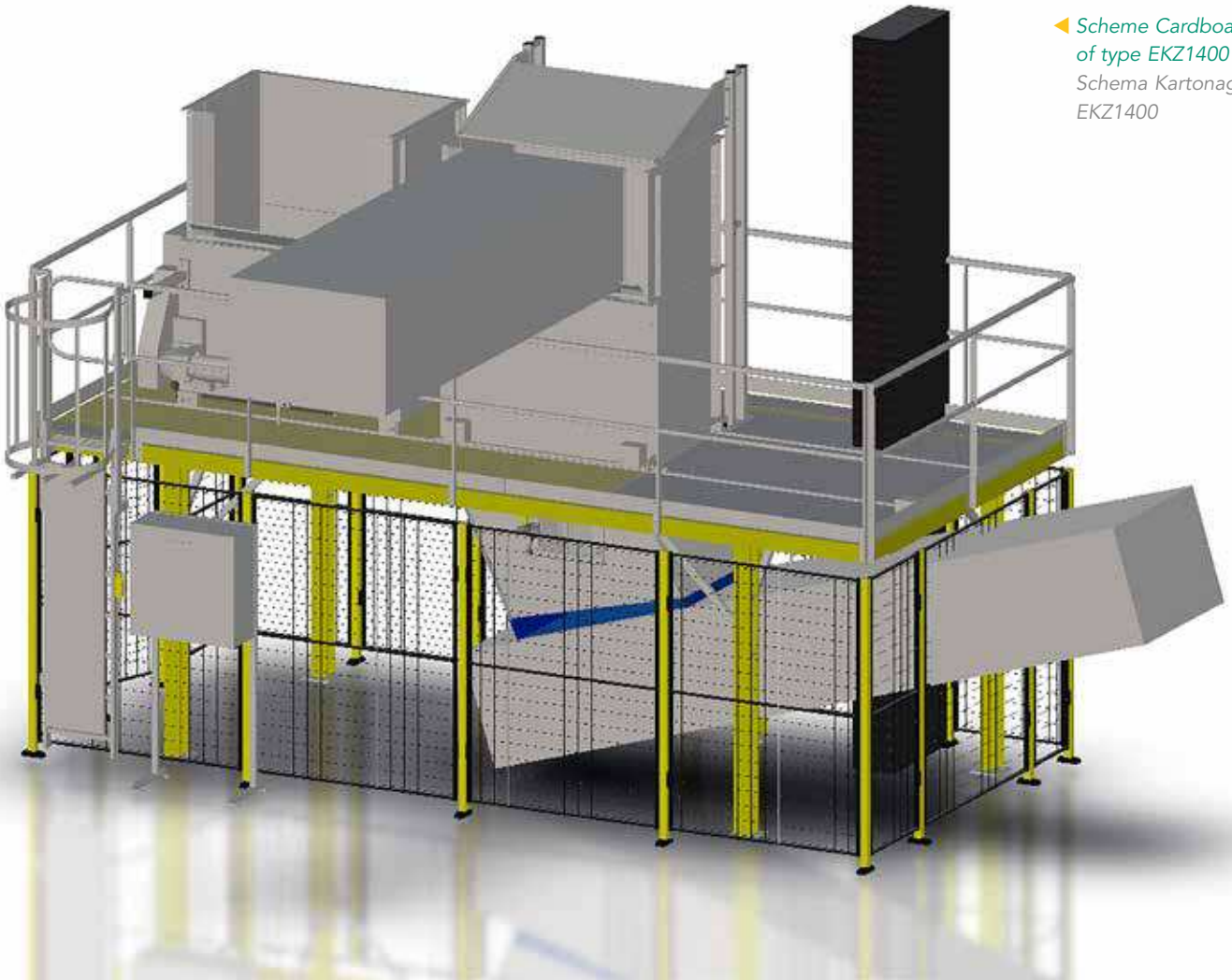
Especially in the recycling of paper, paperboard and cardboard, Germany already plays a leading role: According to statistics from the Federal Environment Agency, over 17.2 mio. t of waste paper were recycled in 2018, which corresponds to a recycling rate of 76 %. However, the return material must be shredded before the recycling process. This is where the EKZ1400

Cutting unit in detail ▼
Schneidwerk im Detail



Gerade bei der Wiederverwertung von Papier, Pappe und Karton spielt die Bundesrepublik bereits jetzt eine führende Rolle: Gemäß einer Statistik des Umweltbundesamtes wurden 2018 über 17,2 Mio. t Altpapier wiederverwendet, was einer Einsatzquote von 76 % entspricht. Vor dem Recyclingprozess muss das Rücklaufmaterial aber zerkleinert werden. Hier kommt der Kartonagenreißer EKZ1400 der Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH zum Einsatz, der Verpackungskartonagen verschiedener Größen schreddert und damit zur Kostenersparnis sowie einem erfolgreichen Recyclingvorgang beiträgt. „In den Logistikzentren von Unternehmen mit hoher Warenversandquote werden pro Stunde etwa 400 kg Kartonagen zerrissen“, erklärt Harald Erdwich, Geschäftsführer der Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH. „Saisonal bedingt, beispielsweise in der Weihnachtszeit, fallen jedoch auch wesentlich größere Mengen an, die zeitnah zerkleinert werden müssen, um keinen Rückstau in der Retourenbearbeitung zu verursachen.“ Der Kartonagenreißer Typ EKZ1400 von Erdwich, dessen Einzugschwelle eine Leistung von 1,1 kW und dessen Reisserwelle eine Antriebsleistung von 7,5 kW aufweist, bewältigt bei kontinuierlicher Beschickung je nach Kartonagenmaterial einen maximalen Durchsatz von 1000 kg/h.

◀ Scheme Cardboard ripper
of type EKZ1400
Schema Kartonagenreißer
EKZ1400



© Erdwich

cardboard ripper from Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH comes into play, shredding various sizes of cardboard packaging and thus contributing to cost savings and a successful recycling process.

„In the logistics centres of companies with a high rate

Kartonagen mit einer maximalen Abmessung von 1000 x 800 x 800 mm werden über eine vorgeschaltete Fördertechnik mit 1000 mm Band-Nennbreite und 2500 mm Höhe der Abwurfkante mittels eines Zweiwellen-Einzug-/Reissersystems geräuscharm zerkleinert.

Individuelle Förderanlagen






Gurtbandförderer
Plattenbänder
Aufgabe- und Dosierbunker
Kettengurtförderer



Lommatzsch · Dresden
Tel.: (03 52 41) 82 09-0
Fax: (03 52 41) 82 09-11
www.kuehne.com

Continuous feeding with
cardboard box material
Kontinuierliche
Beschickung mit
Kartonagenmaterial

of goods dispatch, around 400 kg of cardboard boxes are torn up every hour“, explains Harald Erdwich, Managing Director of Erdwich Zerkleinerungs-Systeme GmbH. „However, due to seasonal reasons, for example during the Christmas season, much larger quantities arise, which must be shredded promptly in order to avoid a backlog in the processing of returns.“The cardboard ripper of type EKZ1400 from Erdwich, whose feed shaft has a power of 1.1 kW and whose ripper shaft has a drive power of 7.5 kW, can handle a maximum throughput of 1000 kg/h with continuous feeding, depending on the cardboard box material. Cardboard boxes with a maximum dimension of 1000 x 800 x 800 mm are shredded using an upstream conveyor system with 1000 mm nominal belt width and 2500 mm height of the discharge edge by means of a low-noise twin-shaft draw-in/ripper system.

Technical know-how for efficient cardboard shredding

The EKZ1400 can be installed directly in the picking area or in the returns processing area in a fenced security area. The compact design is evidenced in the feed opening of approximately 1435 x 1200 mm and the installation height of approximately 965 mm. Both segments consist of a profile tube frame construction with bolted bearing shields. Furthermore, the plant has a draw-in and shredding rotor with two-part, bolted draw-in or ripper segments made of wear-resistant special steel and a large-dimension shaft bearing. In addition, there are electromechanical drives with compact gear motors and chain drives, which are mounted separately from each other for the draw-in and ripper shaft. Eight ripper elements and nine draw-in elements are installed. Both the shredding rotor with a speed of 57.5 rpm and the draw-in rotor with a speed of 6.5 rpm have a diameter of 520 mm. A flange frame at the top for the feed hopper and connection plates at the bottom for mounting the frame complete the EKZ1400.

Eight ripper elements and nine draw-in elements are installed

The two shafts are driven independently: The slower feed shaft feeds the cardboard to the faster ripper shaft, which shreds the cardboard into the desired piece sizes. In this way, a high throughput can be achieved despite low drive power. Thanks to the tumbling rotation of the ripper shaft and the possibility of individually adapting the draw-in segments for the respective material, the shredding of the cardboard boxes can be carried out efficiently. Charging of this special version is carried out from above the discharge chute or conveyor. The shredded material is then transported to the baling presses by means of conveyor technology, or collected in containers for collection by a recycling company.



© Erdwich

Technisches Knowhow für effiziente Kartonagenzerkleinerung

Der EKZ1400 kann direkt im Kommissionierbereich oder in der Retourenbearbeitung in einem eingezäunten Sicherheitsbereich installiert werden. Die kompakte Bauweise spiegelt sich in der Einzugsöffnung von zirka 1435 x 1200 mm und der Einbauhöhe von zirka 965 mm wider. Beide Segmente bestehen aus einer Profilrohr-Rahmenkonstruktion mit geschraubten Lagerschildern. Des Weiteren verfügt die Anlage über einen Einzugs- und Reißerrotor mit zweiteiligen, verschraubten Einzugs- beziehungsweise Reißersegmenten aus verschleißfestem Spezialstahl sowie eine großdimensionierte Wellenlagerung. Dazu kommen elektromechanische Antriebe mit Kompaktgetriebe-Motoren und Kettentrieben, die für die Einzugs- und Reisserswelle jeweils getrennt angebracht sind. Dabei sind acht Reisserelemente und neun Einzugssegmente verbaut. Sowohl der Reißerrotor mit einer Drehzahl von 57,5 min⁻¹, als auch der Einzugsrotor mit einer Drehzahl von 6,5 min⁻¹ weisen einen Durchmesser von 520 mm auf. Ein Flanschrahmen oben für den Zuführtrichter und Anschlussplatten unten für die Gestellmontage bilden den Abschluss des EKZ1400. Die zwei Wellen werden durch voneinander unabhängige Antriebe bewegt: Die langsamere Einzugs- welle führt den Karton der schnelleren Reißerswelle zu, welche die Kartonagen in die gewünschten Stückgrößen zerkleinert. Auf diese Weise kann trotz geringer Antriebsleistung ein hoher Durchsatz erzielt werden. Dank der Taumelrotation der Reißerswelle und durch die Möglichkeit, die Einzugssegmente individuell an das jeweilige Material anzupassen, kann die Zerkleinerung der Kartonagen effizient durchgeführt werden. Die Beschickung erfolgt bei dieser Spezialausführung von oben über einen Abwurfschacht oder Förderer. Das zerkleinerte Material wird

Easy maintenance and economical operation

Individually bolted and replaceable draw-in and ripper segments greatly simplify maintenance of the EKZ1400. The system also features low-maintenance chain drives. In addition, draw-in and ripper segments made of wear-resistant special steel ensure long service lives, resulting in low operating costs. The PLC control system with automatic reverse and cut-out control protects the machine against damage in the event of overload or resulting from massive parts that might accidentally get into the machine, thus ensuring safe and economical operation. „We offer the EKZ in various sizes and design variants, which we can also adapt to the respective application situation. It is also possible to convert the cardboard ripper for similar materials so that it can be used in other areas,“ explains Erdwich.

Lower costs through effective volume reduction

Shredded paper fibre can be reused around seven times before it eventually becomes unusable for paper and cardboard production. „Recycling is not only economically but also ecologically of the utmost importance, because the more waste paper is recycled, the less freshly cut wood has to be used for paper production,“ explains Erdwich. The cardboard shredder also contributes considerably to reducing transport costs by reducing the volume of the cardboard boxes. First the material is shredded for conveyor belt feeding, then it is compacted optimally for feeding to existing press containers or baling presses. The Erdwich plant can be precisely adapted to downstream conveying systems, but can also be supplied as a standard stand-alone machine.

anschließend mittels Fördertechnik zu den Ballenpressen transportiert, oder in Containern für die Abholung durch ein Recyclingunternehmen gesammelt.

Einfache Wartung und wirtschaftliches Arbeiten

Durch einzeln verschraubte und austauschbare Einzugs- und Reißersegmente wird die Wartung des EKZ1400 erheblich vereinfacht. Hinzu kommen wartungsarme Kettenantriebe. Des Weiteren sorgen Einzugs- und Reißersegmente aus verschleißfestem Spezialstahl durch lange Standzeiten für niedrige Betriebskosten. Die SPS-Steuerung mit Reversier- und Abschaltautomatik schützt die Maschine vor Beschädigung bei Überlast oder durch Massivteile, die versehentlich in die Maschine geraten können, so dass ein sicheres und wirtschaftliches Arbeiten gewährleistet ist. „Wir bieten den EKZ in verschiedenen Baugrößen und Ausführungsvarianten an, die wir auch auf die jeweilige Einsatzsituation anpassen können. Es besteht auch die Möglichkeit den Kartonagereisser für ähnliche Materialien umzurüsten, um ihn in anderen Bereichen einsetzen zu können“, erläutert Erdwich.

Geringere Kosten durch effektive Volumenreduzierung

Eine zerkleinerte Papierfaser kann rund sieben Mal wieder verwendet werden, bevor sie für die Papier- und Kartonherstellung schließlich unbrauchbar wird. „Die Wiederverwertung ist nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch von größter Bedeutung, da umso weniger frisch geschlagenes Holz für die Papierproduktion herangezogen werden muss, je mehr Altpapier wiederverwertet wird“, erklärt Erdwich. Der Kartonschredder trägt hier durch die Volumenreduzierung der Kartons auch erheblich zur Verringerung der Transportkosten bei. Zunächst wird das Material zur Förderbandbeschickung zerkleinert, anschließend wird es optimal für die Beschickung an vorhandene Presscontainer oder Ballenpressen verdichtet. Die Erdwich-Anlage lässt sich exakt auf nachgeschaltete Transportsysteme abstimmen, kann aber auch standardmäßig als Einzelmaschine geliefert werden.

www.erdwich.com



Anwendungen von Recyclingmaschinen
Applications of recycling machines



WIR GEBEN ABFALL
EINEN WERT...

WE TURN WASTE
INTO VALUE...

THM
recycling solutions

TQZ QUERSTROMZERSPANNER
TQZ TURBO-CRUSHER





© HSM

Strict recycling standards

Recycling plays a crucial role at Sports Direct's National distribution centre in Shirebrook/Nottinghamshire

▲ Around 800 to 1000 t of cardboard are collected each month
Monatlich werden rund 800 bis 1000 t gesammelte Kartonagen zu Ballen verarbeitet

Strenge Recyclingstandards

Recycling spielt entscheidende Rolle im nationalen Vertriebszentrum von Sports Direct in Shirebrook/Nottinghamshire

Retailer Sports Direct acquired HSM machines at their Shirebrook headquarters to help manage their waste from across 1000 stores across the UK where it's arranged and recycled efficiently. Recycling plays a major part within the organisation's corporate responsibilities. The company's "strict" recycling standards means all UK stores are monitored closely ensuring there's no cross contamination between recyclable materials such as wood, cardboard, plastics etc.

Founded in 1982, Sports Direct International PLC is today the UK's largest sporting goods retailer, and operates a diversified portfolio of sports, fitness, fashion and lifestyle fascias and brands.

The Facts

The Facility Manager at Sports Direct, Martyn Joyce, has been responsible for the management of waste in the company for more than 14 years. With around 800 to 1000 tonnes of cardboard collected each month, due care and attention must be enforced at all times, especially with the large volumes of bales

Sports Direct hat seinen Hauptsitz in Shirebrook mit Ballenpressen der Firma HSM ausgestattet, um dort den Abfall aus über 1000 Ladengeschäften aus ganz Großbritannien effizient zu verarbeiten und zu recyceln. Recycling spielt eine wichtige Rolle innerhalb der Unternehmensverantwortung. Die strengen Recyclingstandards des Unternehmens legen fest, dass alle Filialen gründlichen Kontrollen unterliegen, um sicherzustellen, dass wiederverwertbare Materialien, wie beispielsweise Holz, Kartonagen, Kunststoffe etc. nicht vermischt werden.

Sports Direct International PLC wurde 1982 gegründet und ist heute der größte Sportartikelhändler in Großbritannien. Das Unternehmen führt ein breit gefächertes Portfolio an Sport-, Fitness- und Modemarken.

Die Fakten

Martyn Joyce, Betriebsleiter bei Sports Direct, ist dort seit über 14 Jahren für die Abfallentsorgung verantwortlich. Monatlich werden rund 800 bis 1000 Tonnen gesammelte Kartonagen zu Ballen verarbeitet. Dabei muss stets sorgfältig darauf geachtet werden, dass die

produced and the risk of cross contamination of the different waste materials. The organisation has its own on-site maintenance team who do daily, weekly and monthly checks. However, they also have a service contract with HSM who visit the Shirebrook site every six months to do all the major servicing, making sure the machines are fully functioning all year round.

The relationship with HSM is more of a “partnership”, Martyn says: “We initially engaged with HSM when facilitating our original premises in Dunstable and as a consequence of HSM’s understanding of our specified waste processing requirements, we installed our first HSM automated machine. This machine served us exceptionally well ahead of our eventual relocation to a purpose built new distribution hub in Newark, Nottinghamshire.”

One of the key objectives for HSM was having a ‘real’ understanding of Sports Direct’s operational requirements with solutions strategically located to handle waste ergonomically and conveniently, which had been either back-hauled from stores or generated in-house.

The Solution

Sports Direct acquired its first HSM Baler in 2000, which ‘paid for itself in no time’, according to Martyn. One of the changes made more recently to this system was mainly for utilising a more efficient and sustainable “automated” recycling method to reduce the firm’s carbon footprint, rather than flat packing cardboard and placing it into open top skips.

The Result

The Shirebrook facility now contains 9 HSM automated balers for cardboard and 5 V-Press models for plastic waste with the latter recycling up to 40 t each month and around 480 t/a. A total of 2200 bales are produced on a monthly basis across all baler machines within the warehouse.

The popular entry-level “Mill Size” Model HSMVK 4812 automated baler incorporated an in-line feeding conveyor as part of HSM’s design. This ensured that the full working width of existing Sports Direct dock levellers was optimized and resulted in the creation of an exceptionally large charging area to enhance speed of loading, increased capacities and, above all, to achieve real labour savings by eliminating a need to tie-off bales manually. Some solutions within Sports Direct were further adapted to accept packaging via mezzanine gravity discharge chutes permitting two waste streams to be processed simultaneously.

From a logistical perspective, each baler is assigned to different locations within the distribution centre, to improve productivity and decrease downtime.

Akin to the cardboard and plastic balers, around 150 t of Dry Mixed Recycling is put through the site’s balers each month, before being sent out to a third party who will, “recycle as much as they can- out of it”, according to Martyn. Martyn also remarks. “The cardboard boxes produced here don’t have any rub-

verschiedenen Wertstoffe nicht miteinander vermischt werden.

Sports Direct hat sein eigenes Instandhaltungsteam, das direkt vor Ort tägliche, wöchentliche und monatliche Prüfungen an den Ballenpressen durchführt. Darüber hinaus schloss der Sportartikelhändler einen Servicevertrag mit dem Hersteller HSM ab, um sicherzustellen, dass alle sechs Monate ein Techniker von HSM am Standort Shirebrook vorbeischauf, um alle wichtigen Wartungsarbeiten durchzuführen und sicherzustellen, dass die Maschinen das ganze Jahr über einwandfrei funktionieren.

Die Beziehung zu HSM ist mehr eine „Partnerschaft“, resümiert Martyn Joyce: „Ursprünglich haben wir uns mit HSM zusammengetan als wir unsere Räumlichkeiten in Dunstable bezogen haben. HSM hat unsere spezifischen Anforderungen an die Abfallentsorgung sofort verstanden, und infolgedessen haben wir uns für unsere erste automatische Ballenpresse aus dem Hause HSM entschieden. Diese Ballenpresse verrichtete ihre Dienste außergewöhnlich gut, bis wir schlussendlich in unser eigens dafür errichtetes Verteilzentrum in Newark, Nottinghamshire umgezogen sind.

Hauptaugenmerk von HSM lag darauf, ein „echtes“ Verständnis der betrieblichen Abläufe und Anforderungen von Sports Direct zu bekommen und die Lösungen strategisch zu positionieren, um die Wertstoffe ergonomisch und bequem verarbeiten zu können – egal ob sie aus den Filialen stammen oder firmenintern anfallen.

Die Lösung

Im Jahr 2000 erwarb Sports Direct die erste Ballenpresse des Unternehmens HSM, die sich, laut Martyn, „in kürzester Zeit amortisiert hat“! Eine der jüngsten Anpassungen an diesem System war hauptsächlich dafür, eine effizientere und nachhaltigere „automatisierte“ Recyclingmethode zu nutzen, um den CO₂-Fußabdruck zu reduzieren – besser als flache Verpackungskartonagen in Müllcontainer zu packen.

Das Ergebnis

Im Werk in Shirebrook verrichten inzwischen 9 automatische HSM Kanalballenpressen für Kartonagen und 5 vertikale Ballenpressen HSM V-Press für Kunststoffabfälle ihren Dienst. Zuletzt wurden monatlich bis zu

▼ *Retailer Sports Direct acquired HSM machines at their Shirebrook headquarters to help manage their waste*

Sports Direct hat seinen Hauptsitz in Shirebrook mit Ballenpressen der Firma HSM ausgestattet



© HSM

At the Shirebrook facility
are now 5 V-Press models
for plastic waste in
operation
Im Werk in Shirebrook
verrichten auch 5 vertikale
Ballenpressen
HSM V-Press für
Kunststoffabfälle
ihren Dienst



bish in them such as plastics or staples, so we've had no issue selling our products because of their great quality."

A total of 2200 bales are produced on a monthly basis

"If any complications arise, HSM's experienced nationwide service team will respond promptly. With 2200 bales produced each month, this has helped to improve productivity and decrease downtime of the baling machines which are in continuous operation," summarizes Martyn Joyce, Facility Manager, Sports Direct.

www.hsm.eu

Martyn Joyce, Facility
Manager, Sports Direct
Martyn Joyce, Betriebs-
leiter, Sports Direct



40 t und jährlich circa 480 t Wertstoffe verarbeitet. Das ist eine Gesamtleistung aller Ballenpressen in diesem Lager von 2200 gepressten Ballen pro Monat.

Bei der vollautomatischen Kanalballenpresse HSM VK 4812 handelt es sich um ein beliebtes Einstiegsmodell. Die Presse wurde um ein Zufuhrförderband erweitert, um sicherzustellen, dass die komplette Arbeitsbreite der vorhandenen Ladebrücken genutzt werden kann. Das Ergebnis war eine außergewöhnlich große Ladefläche, eine erhöhte Beladungsgeschwindigkeit und somit auch eine Steigerung der Kapazitäten. Aber vor allen Dingen wurde der Arbeitsaufwand reduziert, da sie die Ballen nicht manuell abbinden müssen. Innerhalb Sports Direct wurden einige Lösungen weiter angepasst, um auch Verpackungen aus Zwischengeschosson über Müllschächte entgegennehmen zu können. Dadurch wird die parallele Verarbeitung von zwei Abfallströmen ermöglicht.

Aus logistischer Sicht ist jede Ballenpresse unterschiedlichen Standorten im Verteilzentrum zugeordnet, dies steigert die Produktivität und reduziert Ausfallzeiten.

Über Kartonagen- und Kunststoffabfälle hinaus werden jeden Monat rund 150 t gemischte Trockenabfälle mit Hilfe der Ballenpressen verarbeitet, bevor sie zu einem Recyclingunternehmen gebracht werden, die, so Martyn, „so viel wie möglich davon recyceln“. Er fügt hinzu: „Die Kartonagenballen die wir produzieren, enthalten keine anderen Materialien, wie beispielsweise Kunststoffe oder Drahtklammern. Aufgrund ihrer hohen Qualität haben wir daher keine Probleme unsere Ballen weiterzuverkaufen.“

„Wenn Komplikationen auftreten, antwortet das erfahrene, flächendeckende Serviceteam von HSM umgehend. Bei einer monatlich produzierten Ballenanzahl von 2200 Stück hat dies definitiv dazu beigetragen, unsere Produktivität zu verbessern und die Stillstandszeiten der Ballenpressen, die normalerweise im Dauerbetrieb arbeiten, auf ein Minimum zu reduzieren“, resümiert Martyn Joyce, Betriebsleiter von Sports Direct.



© Doppstadt Group

Maximum efficiency during shredding

Doppstadt presents its highly efficient Inventhor Type 6

Doppstadt is consistently continuing its “Smart Solutions” concept with the Inventhor Type 6. The latest generation of slow speed shredders is designed to deliver maximum efficiency during shredding. At the same time, its intuitive operating concept and modular design guarantee maximum availability for a wide range of applications. As a result, it offers the best prerequisites to establish itself – just like its predecessor DW 3060 – as the first choice for anyone whose operations profit significantly from reliable and cost-optimized shredding.

▲ Slow Speed Shredder
Inventhor Type 6
Slow Speed Shredder
Inventhor Type 6

Höchste Wirtschaftlichkeit beim Zerkleinern

Doppstadt präsentiert den hocheffizienten Inventhor Type 6

Mit dem Inventhor Type 6 führt Doppstadt sein Konzept der „Smart Solutions.“ konsequent fort. Der Slow Speed Shredder der neuesten Generation ist auf höchste Wirtschaftlichkeit beim Zerkleinern ausgelegt. Gleichzeitig gewährleistet er durch sein intuitives Bedienkonzept und seinen modularen Aufbau höchste Verfügbarkeit für ein breites Einsatzspektrum. Damit hat er die besten Voraussetzungen, um sich – genau wie sein Vorgänger DW 3060 – als erste Wahl für alle zu etablieren, deren Geschäft maßgeblich von zuverlässigem und kostenoptimiertem Zerkleinern profitiert.



© Doppstadt Group

Versatile in use ▲
Vielseitig einsetzbar

The Inventhor Type 6 is ready to follow in the large footsteps. To succeed in this, the best of both worlds was combined during development: All the experience from the DW 3060 series was systematically analyzed and incorporated into the new machine's concept. That said, the Inventhor Type 9 also serves a role model, which has been successfully using some of the technological innovations of the new series for two years. With the Inventhor Type 6, Doppstadt presents a new machine concept that is geared to deliver maximum efficiency and which has been based on suitability for practical use.

High performance economically implemented

The heart of the Inventhor Type 6 is Doppstadt's unique VarioDirect Drive concept. It leverages Doppstadt's patented gearbox. This combination of mechanical and hydraulic power continuously transfers the driving torque to the shredding system. By doing so, the speed of the shredding shaft can be flexibly adapted to the different material throughput, while the drive is very efficient delivering optimum performance at a constant speed. Thus, it is also possible to stop and start the shredding process even under load. And in case of blockage, the Vario gearbox can automatically switch to reverse mode in order to reliably protect the Inventhor Type 6 from any damage. The shredder is equipped as standard with a Stage-V diesel engine generating 260 kW.

Perfectly designed down to the smallest detail

The range of possible applications of the Inventhor Type 6 is very diverse. From landfills and recycling plants through to waste wood processing facilities; from pre-shredding through to homogenization in thermal waste processing operations. Thanks to our

Der Inventhor Type 6 tritt an, um große Fußstapfen auszufüllen. Damit ihm das gelingt, wurde bei seiner Entwicklung das Beste aus zwei Welten vereint: Zum einen wurden alle Erfahrungen aus der DW 3060 Baureihe systematisch analysiert und in die Konzeption der neuen Maschine eingebracht. Zum anderen gibt es mit dem Inventhor Type 9 bereits ein Vorbild, an dem einige der technologischen Innovationen der neuen Baureihe bereits seit zwei Jahren zum Einsatz kommen. So stellt Doppstadt mit dem Inventhor Type 6 ein neues, auf maximale Effizienz ausgelegtes Maschinenkonzept vor, dem die Praxis-tauglichkeit sozusagen in die Wiege gelegt wurde.

Hochleistung wirtschaftlich umgesetzt

Das Herzstück des Inventhor Type 6 ist das einzigartige Doppstadt Direktantriebskonzept VarioDirect Drive. Es nutzt das von Doppstadt patentierte Überlagerungsgetriebe. Diese Kombination aus mechanischem und hydraulischem Getriebe überträgt die Antriebskraft stufenlos auf das Zerkleinerungssystem. So kann die Drehzahl der Zerkleinerungswalze flexibel auf unterschiedlichen Materialdurchsatz eingestellt werden, während der Antrieb bei konstanter Drehzahl hocheffizient und im Leistungsoptimum arbeitet. Auch ein Anhalten und Starten der Zerkleinerung unter Last ist so möglich. Und im Fall einer Blockade kann das Variogetriebe automatisch in den Reversiermodus umschwenken, um den Inventhor Type 6 zuverlässig vor Beschädigungen zu schützen. Als Antrieb kommt standardmäßig ein Euromot-V-Dieselmotor mit 260 kW zum Einsatz.

Durchdacht bis ins Detail

Die Einsatzmöglichkeiten des Inventhor Type 6 sind breit gefächert. Von Deponien, über Verwertungsanlagen bis hin zur Altholzaufbereitung; von der Vorzerkleinerung bis zur Homogenisierung in der

multi tool concept, the shredder can be quickly adjusted to different materials by switching out the entire shredding system (shaft with teeth, toothed bar and, if necessary, limiters). At the time of market launch, this configurable shredding system is available with tooth sizes in L and M including limiters. Another feature of the Inventhor Type 6 ensures that the shredding process goes smoothly: The Smart Hopper. It has a feed hopper volume of 2 m³, which can be increased up to approx. 5 m³ by using auxiliary attachment panels. This Smart Hopper can either be loaded and tilted batchwise or it can be set at a suitable angle such that the material automatically slides into the shredding area. To further improve the availability of the Inventhor Type 6, many components have been optimized to ensure easy accessibility and quick conversions. Our easy access concept with counter comb opening Page 3 of 5 up to an angle of 90° makes the entire shredding area and engine compartment easy to access. This means that maintenance and switchover procedures can be carried out quickly and safely.

User friendly and easy to combine

The Inventhor Type 6 is available as standard with a semi-trailer and tracked chassis so that it can also be moved automatically when required by the operating conditions. In combination with other Smart Solutions from Doppstadt, it can be expanded into a high-performance complete solution, e.g. with the Selector 800 and its rugged SWS 800 spiral shaft screening deck. The Inventhor Type 6 can be operated for the most part automatically using its presettable material programs. In addition, the machine is equipped with a user-friendly terminal with plain text display and includes a remote control with display to allow the user to control it manually.

From landfills and recycling plants through to waste wood processing facilities; from pre-shredding through to homogenization in thermal waste processing operations. After intensive testing, the Inventhor Type 6 is about to be officially launched soon. Even though all of the major industry trade shows have been cancelled or postponed, the launch and subsequent sales will take place in May of 2020 as planned.

www.doppstadt.de
www.youtube.com/user/doppstadtrecycling

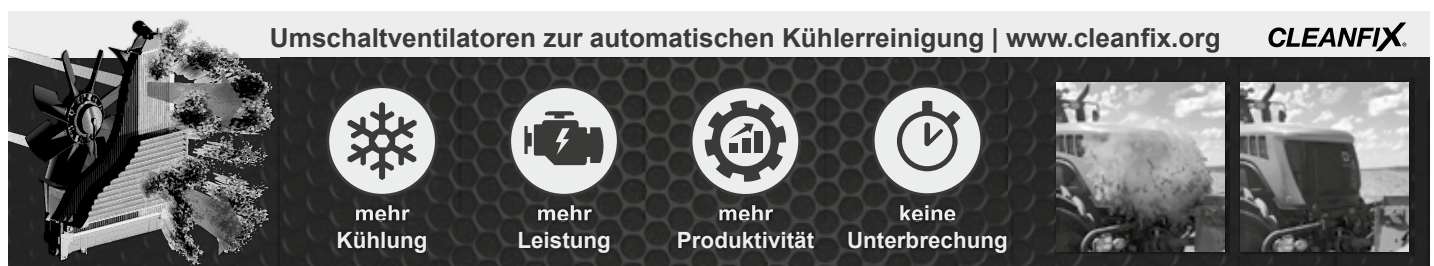
thermischen Abfallverwertung. Dank Multi Tool Concept kann er per Wechsel des gesamten Zerkleinerungspaketes (Walze mit Zahnbestückung, Zahnleiste und, falls nötig, Limiter) schnell auf unterschiedliche Materialien eingestellt werden. Zum Marktstart ist dieses konfigurierbare Zerkleinerungssystem mit Zahngrößen in L und M inklusive Limiter verfügbar. Ein weiteres Ausstattungsmerkmal des Inventhor Type 6 sorgt dafür, dass die Zerkleinerung reibungslos arbeitet: der erweiterte Materialaufgabebereich Smart Hopper. Er verfügt über ein Trichtervolumen von 2 m³, das über Aufsatzbleche bis ca. 5 m³ erweitert werden kann. Dieser Trichter kann entweder beladen und chargenweise gekippt werden, oder er wird auf einen geeigneten Winkel eingestellt, sodass das Material selbstständig in den Zerkleinerungsbereich rutscht. Um die Maschinenverfügbarkeit beim Inventhor Type 6 weiter zu verbessern, wurden viele Komponenten auf Zugänglichkeit und schnelle Umbauprozesse hin optimiert. Das Easy Access Concept macht mit seiner bis zu 90° weit öffnenden Kammklappe den gesamten Zerkleinerungsraum sowie den Motorraum einfach zugänglich. So können Wartungs- und Umrüstvorgänge schnell und sicher durchgeführt werden.

Bedien- und kombinationsfreundlich

Der Inventhor Type 6 ist standardmäßig sowohl mit Sattelaufleger als auch mit Kettenfahrwerk erhältlich, sodass er auch selbsttätig versetzt werden kann, wenn die Einsatzbedingungen dies erfordern. In Kombination mit anderen Smart Solutions von Doppstadt kann er zur leistungsstarken Gesamtlösung ausgebaut werden, z. B. mit dem Selector 800 und seinem robusten Spiralenwellensiebdeck SWS 800. Über seine vor-einstellbaren Materialprogramme kann der Inventhor Type 6 dabei weitestgehend automatisch betrieben werden. Darüber hinaus stehen ein intuitiv bedienbares Terminal mit Klartext-Display an der Maschine sowie eine Fernbedienung mit Anzeige zur Verfügung, um die Maschine manuell zu steuern.

Von Deponien, über Verwertungsanlagen bis hin zur Altholzaufbereitung; von der Vorzerkleinerung bis zur Homogenisierung in der thermischen Abfallverwertung. Nach einer intensiven Testphase steht der Inventhor Type 6 kurz vor der offiziellen Markteinführung. Denn auch wenn alle großen Branchenmessen aktuell abgesagt oder verschoben sind, finden Launch und anschließender Vertrieb wie geplant im Mai 2020 statt.

Umschaltventilatoren zur automatischen Kühlerreinigung | www.cleanfix.org **CLEANFIX**



mehr Kühlung mehr Leistung mehr Produktivität keine Unterbrechung



Overfulfill the recycling rates

What can processing technology achieve in the recycling of end-of-life vehicles?

SCHOLZ Recycling GmbH operates a Processing Center for end-of-life vehicles, mixed and collected scrap at its location in Espenhain, near Leipzig. Even before the End-of-life Vehicles Act came into effect in Germany in 2006, a start had been made on the construction of an efficient system for the processing of shredder lights, with the aim of meeting the recycling rates demanded for end-of-life vehicle scrap. The aim during the succeeding years was to decisively reduce manual sorting by means of raising plant throughputs and to increase the yield of NF metals and alloyed steels using new plant-engineering concepts. Another target was that of producing easily marketable refuse-derived fuels (RDFs). In this context, it was necessary to take account of the possible future use of plastics and of changes taking place in automotive engineering. This article examines examples of the innovative plant-engineering concepts derived and the results achieved with them.

Verwertungsquoten übererfüllt

Was kann die Aufbereitung bei der Altfahrzeugverwertung leisten?

Am Standort Espenhain bei Leipzig betreibt die SCHOLZ Recycling GmbH ein Aufbereitungszentrum für Altfahrzeug-, Misch- und Sammelschrotte. Bereits vor Inkrafttreten des Altfahrzeuggesetzes in Deutschland im Jahre 2006 hatte man begonnen, eine leistungsfähige Anlage zur Aufbereitung der Shredder-Leichtfraktion mit dem Ziel zu errichten, die geforderten Recyclingquoten für Altfahrzeugschrotte zu erfüllen. In den folgenden Jahren galt es, mit den steigenden Anlagendurchsätzen die Sortierung von Hand entscheidend zurückzudrängen und mit neuen Anlagenkonzeptionen das Ausbringen der NE-Metalle und der legierten Stähle zu erhöhen. Außerdem galt es, gut absetzbare Sekundärbrennstoffe zu erzeugen. Dabei mussten die mögliche künftige Nutzung der Kunststoffe und Veränderungen, die sich im Automobilbau vollzogen berücksichtigt werden. Im vorliegenden Artikel werden die abgeleiteten, innovativen Anlagenkonzeptionen und die damit erzielten Ergebnisse auszugsweise vorgestellt.

Authors • Autoren:

Prof. Gert Schubert ^{*}; Volker Grunert^{**}; Hans-Georg Jäckel ^{*}; Kay Weißflog ^{**}; Philip Gießner^{**}

^{*}TU Bergakademie Freiberg, Deutschland

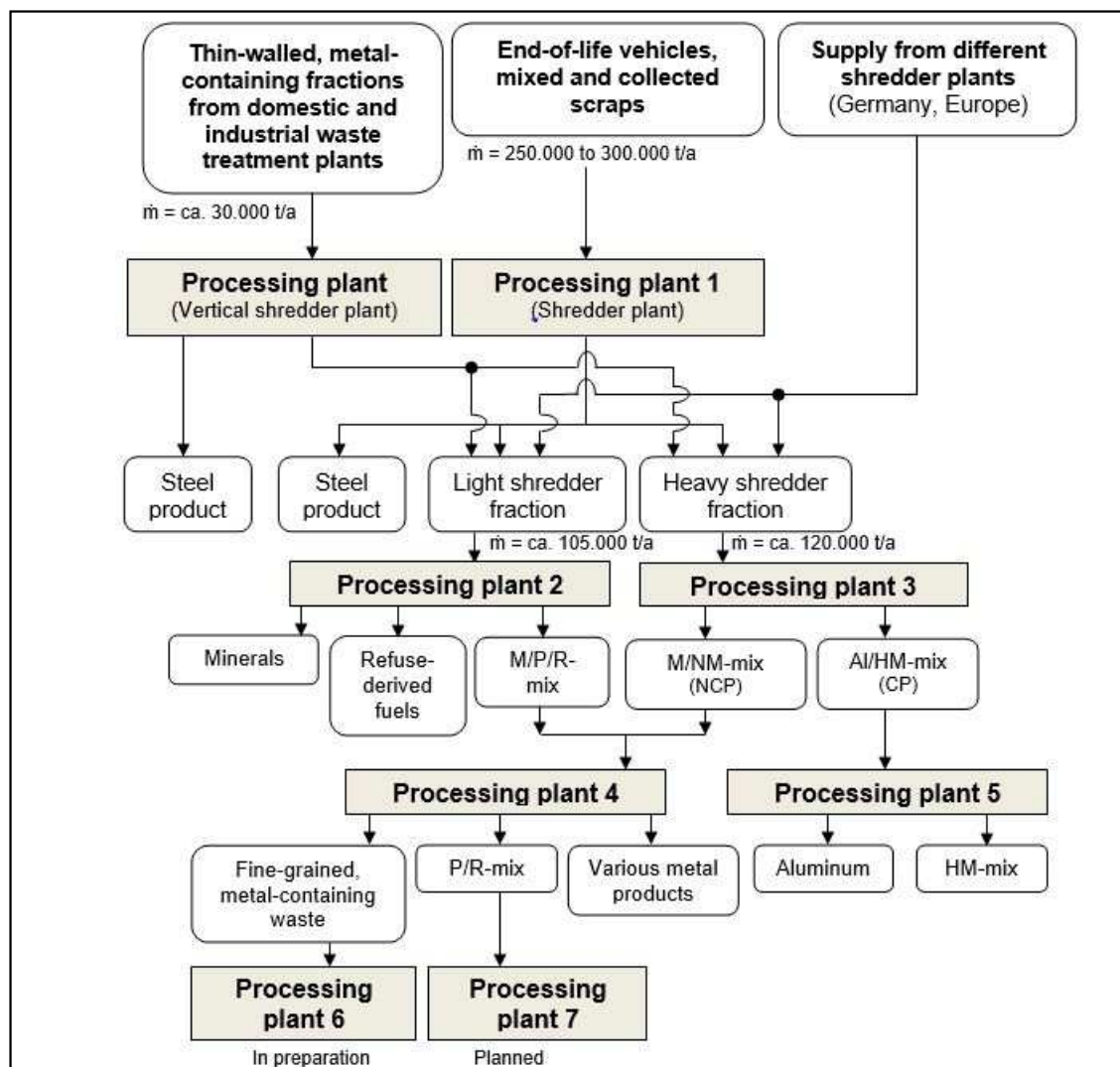
^{**}SCHOLZ Recycling GmbH Essingen, Deutschland



© Scholz Recycling

Die Verarbeitung von Altfahrzeugschrotten regelt in Deutschland das Altfahrzeuggesetz (AltfahrzeugV). Unter § 5 Entsorgungspflichten ist festgelegt, dass ab dem 01.01.2006 mindestens 80 % der Fahrzeugleermasse einer Wiederverwendung bzw. stofflichen Verwertung und insgesamt 85% einer Verwertung (einschließlich energetischer Verwertung) zugeführt werden müssen. Im Jahre 2015 stiegen die Quoten auf 85 bzw. 95 M-%. Die Altfahrzeuge werden zunächst in einem Demontagebetrieb (Altfahrzeug-Verwerter) von Schadstoffen befreit und trockengelegt, d.h. Ausbau von Batterie und Reifen, Entschärfen der Airbags sowie Ablassen aller Betriebsflüssigkeiten. Darüber hinaus kann der Verwerter Ersatzteile für den Wiedereinsatz entnehmen. Die Restkarossen werden nachfolgend im Allgemeinen gepresst und an Aufbereitungsanlagen verkauft. Um die o.g. Recyclingquoten erfüllen zu können, hat die SCHOLZ Recycling GmbH am Standort Espenhain bereits vor Inkrafttreten der gesetzlichen Regelungen begonnen, leistungsfähige Aufbereitungsanlagen zu errichten. Dabei musste berücksichtigt werden, dass der Altfahrzeuganteil am gesamten zu verarbeitenden Stahlleichtschrott nur rd. $\leq 15\%$ (2005) bzw. rd. $\leq 34\%$ (2009) beträgt. Die überwiegende Schrottmenge besteht somit aus dem sog. Misch- und Sammelschrott (vorbehandelte Haushaltsgroßgeräte, außer Kühlschränke; Schrotte aus

The processing of end-of-life vehicle scrap is governed in Germany by the End-of-life Vehicles Act (AltfahrzeugV). Article 5, Disposal Obligations, stipulates that, from 1 January 2006, not less than 80 % of a vehicle's unladen weight must be routed to reuse or materials-route recycling and a total of 85% to at least some form of recycling (including energy-route valorisation). In 2015, the rates were raised to 85 and 95% by mass, respectively. The end-of-life vehicles are firstly cleansed of pollutants and drained of fluids at a dismantling company (end-of-life vehicle recycler) – in other words, the battery and tyres are removed, the airbags are deactivated, and all operating fluids are drained off. In addition, the recycler may remove parts for reuse. The remaining body-shells



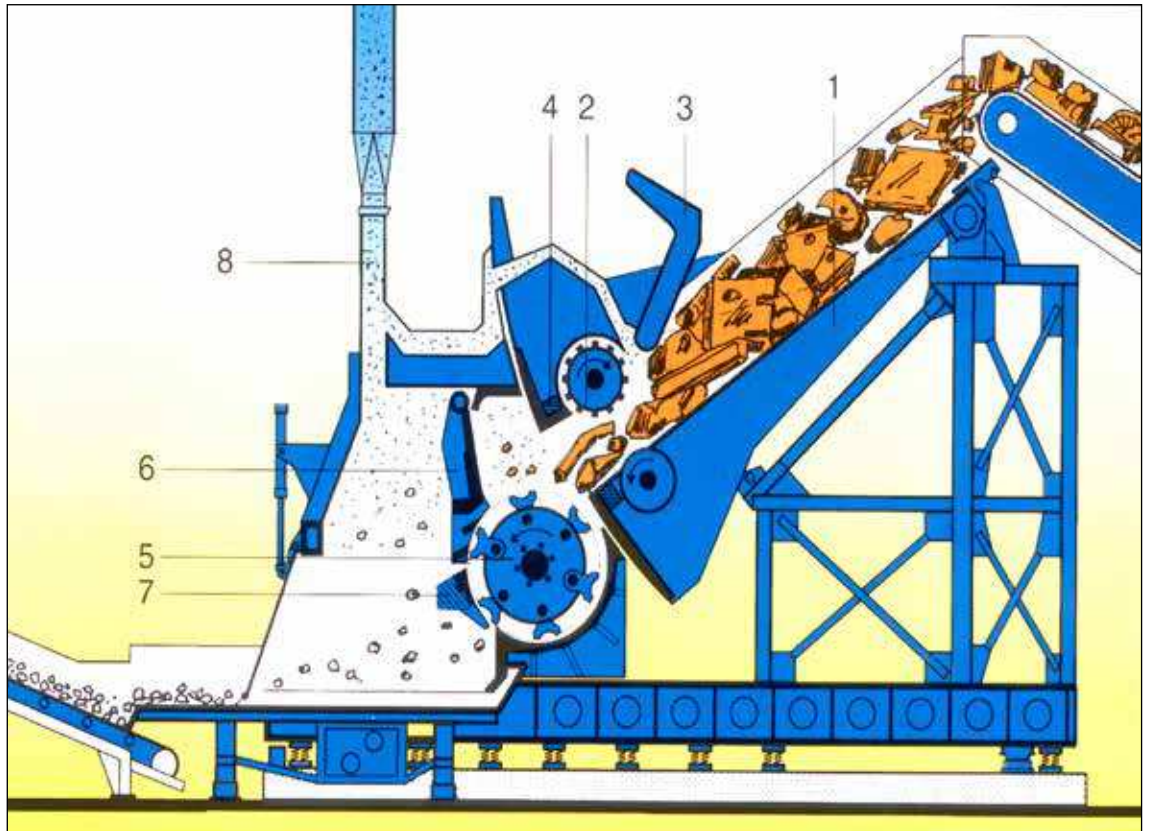
1 Processing technology concept for light steel scrap
 M – metals, total; Al – aluminium; HM – heavy metals, total; NM – non-metals; P – plastics; R – rubber; CP – conductive product; NLP – non-conductive product
 1 Aufbereitungskonzeption für Stahlleichtschrotte
 M – Metalle, gesamt; Al – Aluminium; SM – Schwermetalle, gesamt; NM – Nichtmetalle; K – Kunststoffe; G – Gummi; LP – leitfähiges Produkt; NLP – nichtleitfähiges Produkt

© TU Bergakademie Freiberg

2 Kondirator-type swing-hammer shredder, manufacturer: METSO Lindemann Düsseldorf (source: Company brochure) (1) Movable feed chute; (2) Drive roller; (3) Movable pressure lid; (4) Pressure lever with anvil; (5) Rotor with impact elements; (6) Vertical screen (movable); (7) Horizontally movable anvil; (8) Exhauster duct

2 Hammerreißer, Bauart Kondirator, der Fa. METSO Lindemann Düsseldorf (Quelle: Firmenprospekt)

(1) Bewegliche Zuführschurre; (2) Treibrolle; (3) beweglicher Pressdeckel; (4) Druckschwinge mit Amboss; (5) Rotor mit Schlagelementen; (6) Vertikalrost (beweglich); (7) horizontal verschiebbarer Amboss; (8) Absaugkanal



are then generally press-compacted and sold to processing plants.

In order to be able to meet the above-mentioned recycling rates, SCHOLZ Recycling GmbH began, even before the legal provisions came into force, to construct high-throughput processing plants. It was necessary here to bear in mind that the end-of-life vehicle share of the total amount of light steel scrap was only some $\leq 15\%$ (2005), and later around $\leq 34\%$ (2009). The predominant quantity of scrap thus consists of so-called mixed and collected scrap (pre-treated large domestic appliances, with the exception of refrigerators; scrap from domestic waste collections; pre-treated small domestic appliances), plus commercial and industrial scrap.

A graduated processing route has been conceived to permit the processing of the many diverse forms of scrap. This necessarily results in a complex plant conception (Figure 1). A number of the relevant plant configurations are examined in more detail below.

Processing Plant 1 – Production of a clean steel product

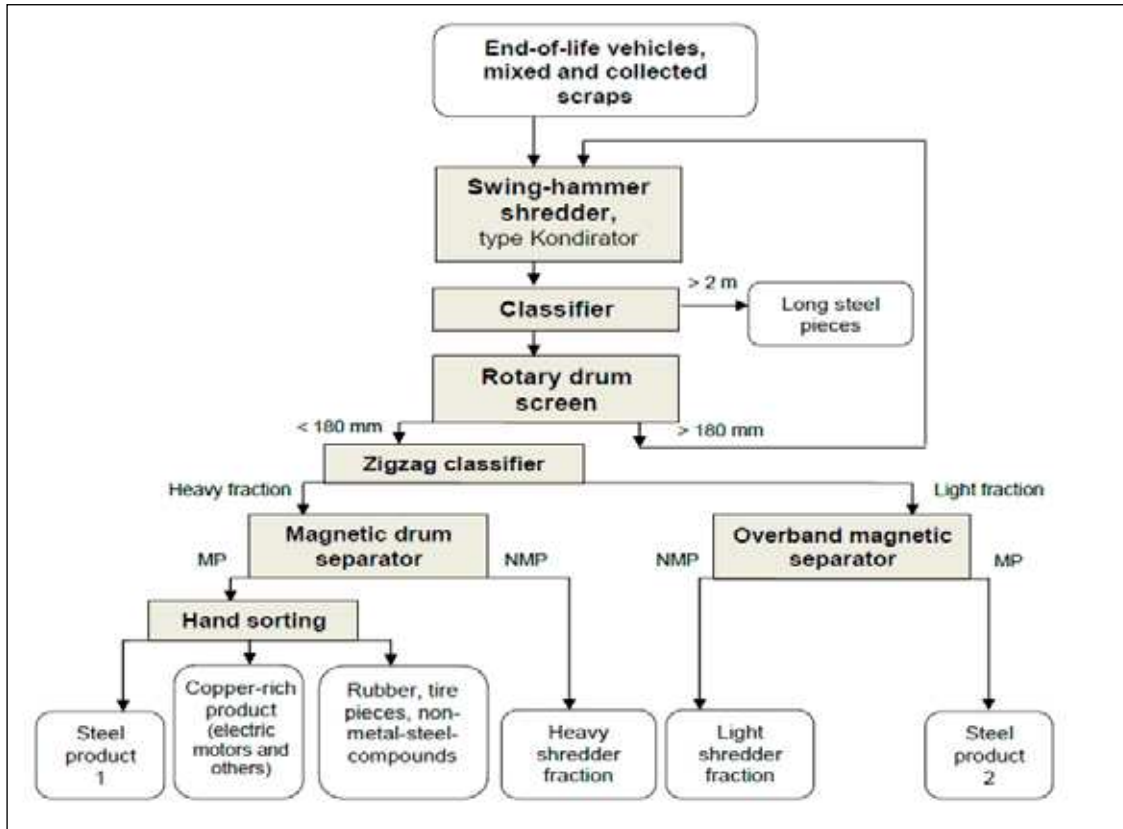
Preparation of light steel scrap firstly requires the greatest possible breakdown of the feed material into its individual components. Swing-hammer shredders with a horizontal or vertical rotor are suitable in principle for this purpose. Thanks to the complex stresses occurring in such a machine (tensile stress, in particular, combined with bending and torsion), a relatively good level of breakdown is achieved. The METSO Lindemann, Düsseldorf „Kondirator“ (Figure 2) installed at Espenhain is an appropriate route if the light steel scrap customarily used in motor-vehicles is to be processed simultaneously with

Haushaltsammlungen; vorbehandelte Haushaltskleingeräte) sowie Schrotten aus Gewerbe und Industrie.

Um die vielfältigen Schrotte aufbereiten zu können, wurde eine stufenweise Aufbereitung konzipiert. Diese führt zwangsläufig zu einer komplexen Anlagenkonzeption (Bild 1). Nachfolgend wird auf einige der zugehörigen Anlagen näher eingegangen.

Aufbereitungsanlage 1 – Herstellung eines sauberen Stahlprodukts

Die Aufbereitung der Stahlleichtschrotte verlangt zunächst einen weitestgehenden Aufschluss des Aufgabematerials in die Einzelkomponenten. Dafür sind prinzipiell Hammerreißer mit einem horizontal oder vertikal angeordneten Rotor geeignet. Infolge der darin auftretenden komplexen Beanspruchungen (insbesondere Zugbeanspruchung in Verbindung mit Biegung und Torsion) wird ein relativ guter Aufschlussgrad erreicht. Sollen mit dem in Automobilen üblicherweise eingesetzten Stahlleichtschrott gleichzeitig auch dickwandigere Stahlschrotte aufbereitet werden, so bietet sich dafür der in Espenhain installierte Kondirator, Bauart METSO Lindemann, Düsseldorf (Bild 2) an. Dieser besitzt jedoch gegenüber dem klassischen Hammerreißer (Shredder) mit 175 mm deutlich größere Rostöffnungen, die zwangsläufig zu einem größeren Anteil von nicht aufgeschlossenen Metall-Metall- und Metall-Nichtmetall-Verbunden im Zerkleinerungsprodukt führen. Um Störungen in den nachfolgenden Ausrüstungen zu vermeiden und die obere Stückgröße zu begrenzen, wurden dem Kondirator ein spezielles Klassiergerät für sehr lange Stücke und eine Trommelsiebmaschine nachgeschaltet (Bild 3). Die der Klassierung nachfolgende Aeroströmssortierung vollzieht sich in einem Zick-Zack-Sichter bei einer



© TU Bergakademie Freiberg

3 Process flow sheet for production of clean steel scrap, schematic. MP – magnetic product; NMP – non-magnetic product
3 Verfahrensfliessbild für die Herstellung eines sauberen Stahlschrotts, schematisch. MP – magnetisches Produkt; NMP – unmagnetisches Produkt

thicker-walled types of steel scrap. Compared to a conventional swing-hammer shredder, this machine features significantly larger screen-deck apertures, at 175 mm, however, which inevitably result in a larger portion of non-broken-down metal/metal and metal/non-metal composites in the comminution product. In order to avoid problems in the downstream equipment and to limit the upper particle size, a special classifier for extremely large particles and a screening drum were installed downstream the Kondirator (Figure 3). The air-flow sorting installed downstream the classifying equipment takes place in a zigzag classifier at an average air velocity of around 15 m/s. The thin walled steel scrap is extracted from the floats thus produced by means of an overbelt magnetic separator, resulting in a relatively low-metal shredder lights fraction. The sinks from the zigzag classifier then pass to a bottom-feed magnetic drum separator, the steel product from which is then manually picked. The shredder heavy fraction then forms the non-magnetic product (see Table 1).

Extensive analysis of the resultant steel scrap indicated that there is only a relatively low Cu content present in the steel. Some 65% of the particles of steel in the 35 to 60 mm (bar sizer) particle-size class had, for example, a Cu content of < 0.02% and only 10% a Cu content of > 0.10% (Figure 4), while the average Cu content was 0.051%.

Similar results were also obtained with other particle-size classes. There are thus orientation points for a process for the decisive reduction of the Cu content of the steel scrap. Automatic picking of the steel scrap based solely on X-ray fluorescence analysis achieved only partial successes.

mittleren Luftgeschwindigkeit von ca. 15 m/s. Aus dem entstehenden Steiggut wird mittels eines Überbandmagnetscheiders der dünnwandige Stahlschrott abgetrennt, wodurch eine relativ metallarme Shredder-Leichtfraktion entsteht. Das Sinkgut des Zick-Zack-Sichters gelangt zu einem Trommelmagnetscheider mit unterer Aufgabe, dessen Stahlprodukt nachfolgend von Hand geklaubt wird. Das unmagnetische Produkt bildet die Shredder-Schwerfraktion (Tab. 1).

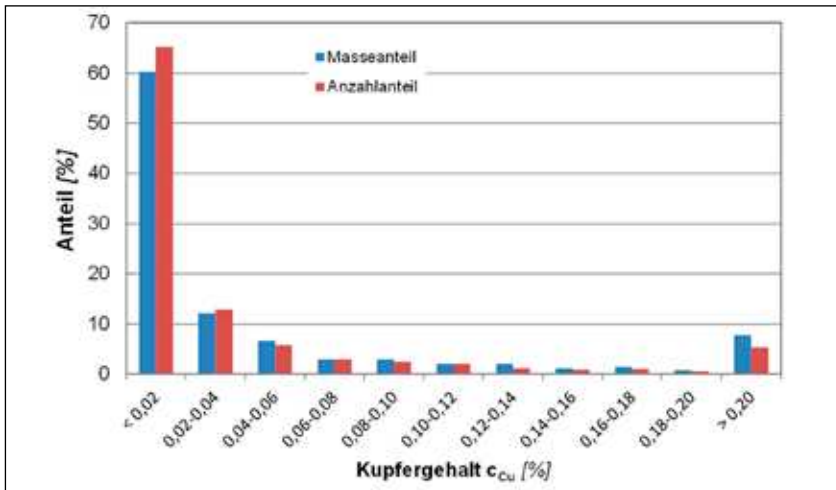
Aufwändige Untersuchungen des entstehenden Stahlschrotts ergaben, dass nur ein relativ geringer Cu-Inhalt im Stahl gelöst vorliegt. So besaßen 65% der Stahlstücke der Stückgrößenklasse 35 – 60 mm (Stangensizer) einen Cu-Gehalt von < 0,02% und nur 10% einen von > 0,10% (Bild 4), der mittlere Cu-Gehalt betrug 0,051%.

Mit anderen Stückgrößenklassen ergaben sich ähnliche Ergebnisse. Somit liegen Ansatzpunkte für ein Verfahren vor, den Cu-Gehalt der Stahlschrotte entscheidend zu reduzieren. Eine automatische Klaubung der Stahlschrotte allein auf Basis der Röntgenfluoreszenz-Analyse führt nur zu Teilerfolgen.

Table 1: Mass balance for Processing Plant 1 (2018) – End-of-life vehicle content 19.8%

Tabelle 1: Massebilanz für die Aufbereitungsanlage 1 (2018) – Altfahrzeuganteil 19,8%

Produkte	Masseanteil [%]	Anfall [t/a]
Products	Percentage by mass [%]	Yield [t/a]
Stahlschrott Steel scrap	72,7	154.531
Shredder-Leichtfraktion Shredder lights	14,3	30.482
Shredder-Schwerfraktion Shredder heavy fraction	13,0	27.707
Aufgabegut Feed input	100,0	212.720



4 Cu content in particles of steel (measuring method: laser-induced plasma spectroscopy (LIPS); number of particles of steel examined: 788
4 Cu-Gehalt der Stahlstücke (Messmethode: laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIPS); Anzahl der untersuchten Stahlstücke: 788

The precondition for long-term operation of the „Kondirator“ system was adherence to the stipulated emissions data in the facility’s waste air. It proved possible, by injecting water into the comminution chamber, optimising the Venturi scrubber and comprehensive waste-water cleaning by means of dissolved-air flotation, among other provisions, to meet the specified waste-air emissions limits (Table 2).

Processing Plant 2 – Processing technology for shredder lights

The conceptual process takes account of the frequently extremely high and greatly fluctuating mixed and collected scrap content in the material fed to the „Kondirator“. Thanks to this, significantly higher amounts of mineral constituents pass into the shredder lights, compared to „pure“ end-of-life vehicle scrap. On this basis, a plant-engineering concept pursuing the following objectives was developed:

a) Production of a landfill-suitable mineral product
The decisive factor in maximum separation of the mineral constituents is the largest possible „fluidisation“ of the shredder lights, combined with the breakdown of clogging, the detachment of fine-particled adhering matter and the comminution of the coarse-particled mineral components (glass, etc.). Subsequent screen classifying at $w \approx 3$ mm results in a screen underflow of $> 80\% < 1$ mm, which is used as landfill construction material. The recovery of an Fe concentrate from the

Voraussetzung für den langfristigen Betrieb der Kondiratoranlage war das Einhalten der Emissionswerte in der Abluft der Anlage. Durch das Eindüsen von Wasser in den Zerkleinerungsraum, die Optimierung des Venturiwäschers sowie eine umfassende Abwasserreinigung mittels Druckentspannungsflotation u.a. Maßnahmen gelang es, die vorgegebenen Grenzwerte in der Abluft einzuhalten (Tabelle 2).

Aufbereitungsanlage 2 – Aufbereitung der Shredder-Leichtfraktion

Das konzipierte Verfahren berücksichtigt den häufig sehr hohen und stark schwankenden Anteil an Misch- und Sammelschrotten im Aufgabegut des Kondirators. Durch diesen gelangen gegenüber den „reinen“ Altfahrzeugschrotten deutlich höhere Anteile an mineralischen Bestandteilen in die Shredder-Leichtfraktion. Davon ausgehend wurde ein Anlagenkonzept entwickelt, das folgende Zielstellungen verfolgt:

a) Herstellung eines deponiefähigen mineralischen Produkts
Entscheidend für eine maximale Abtrennung der mineralischen Bestandteile ist eine weitestgehende Auflockerung der Shredder-Leichtfraktion, verbunden mit dem Auflösen der Verfilzungen, dem Lösen von feinkörnigen Anhaftungen sowie dem Zerkleinern der grobkörnigen mineralischen Bestandteile (Glas u.a.). Eine nachfolgende Siebklassierung bei $w \approx 3$ mm führt zu einem Siebdurchgang mit $> 80\% < 1$ mm, der als Deponieersatzbaustoff Anwendung findet. Grundsätzlich ist auch denkbar, aus dem Feingut mittels Schwachfeld-Magnetscheidung ein Fe-Konzentrat für den Hochofeneinsatz zu gewinnen.

b) Erzeugung eines Sekundärbrennstoffs für den Einsatz in Zementwerken und Ersatzbrennstoff-Kraftwerken
Das Ziel, einen heizwertreichen, weitestgehend metallfreien Brennstoff zu erzeugen, gelingt mittels Aerostromsortierung. Bei geringen Luftgeschwindigkeiten werden in einem Zick-Zack-Sichter vor allem Flusen, Schaumstoffe, Folien, Holz und dünnwandige Kunststoffe im Steiggut ausgetragen (Bild 5a). Ihre weitestgehend quantitative Abtrennung gelingt bei relativ niedrigen Feststoffbeladungen ($< 0,5$ kg/m³) und durch zweistufige Sichtung. Unvermeidlich ist der gleichzeitige Austrag sehr geringer, meist drahtförmiger Metallanteile, die nur nach ihrer Verkugelung in einer Turborotormühle abgetrennt werden könnten. Der entstehende Ersatzbrenn-

Table 2: Results of emissions analyses by the independent DEKRA technical inspectorate
Tabelle 2: Ergebnisse der Abluftuntersuchungen der Prüfgesellschaft DEKRA

Substanz	durchschnittliche Konzentration [mg/Nm ³]	maximale Konzentration [mg/Nm ³]	Grenzkonzentration [mg/Nm ³]
Substance	Average concentration [mg/Nm ³]	Maximum concentration [mg/Nm ³]	Limit concentration [mg/Nm ³]
Staub Particulates	1,4	2,1	20
Flüchtige organische Verbindungen (VOC) Volatile organic compounds (VOC)	32,5	44,4	50
Benzol Benzene	< 0,11	0,15	1
Toluol Toluene	< 0,91	4,41	20

finer for use in blast furnaces using weak-field magnetic separation is also conceivable in principle.

b) Production of a refuse-derived fuels for use in cement plants and alternative-fuelled power-generating plants

The aim of producing a high-energy, very largely metal-free, fuel is achieved by means of air-flow sorting. Fluff, foams, films, wood and thin plastic items in the floats are extracted in a zigzag classifier at low air velocities (Figure 5a). The most extensive quantitative separation is achieved at relatively low solids burdens (< 0.5 kg/m³) and by means of two-stage classifying. The simultaneous extraction of extremely small metal contents, generally in the form of wire, which could be separated out only after its spheroidization in a turbo-rotor mill, is unavoidable. The resultant substitute fuel (Floats 1 and 2) has a calorific value (HI) of 18 MJ/kg DM (dry matter) with a Cl content of around 1%.

c) Most complete possible accumulation of the thick-walled plastic items, steels, all NF metals and their composites in an intermediate product

The relatively low average air velocity in the second zigzag classifier, too, inevitably results in a high metal yield in the resultant sinks (steels, NF metals, metal-containing composites – mixture of metal/plastics/rubber). The 2 to 0 mm particle-size class was analysed at a low solids burden in a laboratory zigzag classifier.

The process flow sheet developed on the basis of the above-mentioned objectives and of extensive analyses and tests is shown in Figure 6, and corresponding results in Table 3.

Processing technology for the shredder heavy fraction

Processing Plant 3 – Production of an aluminium/heavy metals mixture

The shredder heavy fraction must firstly be classified (Figure 7) in order to achieve high efficiency in the downstream sorting processes. This is accomplished in multiple stages, a high moisture level having negative effects on the separation intensity of classifying at 2 mm. Tried-and-proven equipment is used for magnetic separation and eddy-current sorting. Practically all the resultant products, with the exception of the < 2 mm screen fraction and the magnetic products, are further processed in downstream facilities.

Produkte	Masseanteil [%]	Anfall [t/a]
Products	Percentage by mass [%]	Yield [t/a]
Mineralisches Produkt Mineral product	56,5	59.000
Sekundärbrennstoff (Steiggut 1 und 2) Refuse-derived fuel (Floats 1 and 2)	28,4	29.600
Metall/Kunststoff/Gummi-Gemische • davon Metalle, ges. Metals/plastics/rubber mixtures • of which metals, total	14,4 4,14 ¹⁾	15.060 4.320
Filterstaub Filter dust	0,2	230
Kunststoffe, handgeklaut Plastics, manually picked	0,5	480
Summe Total	100,0	104.370

▲ Table 3: Mass balance of the processing plant for shredder lights (2018 results)

1) 2,27% Stahl; 1,87% NE-Metalle, ges.

c) Weitestgehend vollständige Anreicherung der dickwandigen Kunststoffe, der Stähle, aller NE-Metalle und ihrer Verbunde in einem Zwischenprodukt

Die relativ geringe mittlere Luftgeschwindigkeit auch im zweiten Zick-Zack-Sichter führt zwangsläufig zu einem hohen Metallausbringen (Stähle, NE-Metalle, metallhaltige Verbunde) in den entstehenden Sinkgütern (Metall/Kunststoff/Gummi-Gemisch). Untersucht wurde die Stückgrößenklasse: 2 – 0 mm in einem Labor-Zick-Zack-Sichter bei geringer Feststoffbelastung. Das auf der Grundlage der o.g. Zielstellungen und umfangreicher Untersuchungen entwickelte Verfahrensfließbild zeigt Bild 6, entsprechende Ergebnisse Tabelle 3.

Tabelle 3: Massebilanz der Aufbereitungsanlage für die Shredder-Leichtfraktion (Ergebnisse von 2018)

1) 2,27% steel; 1,87% NF metals, total

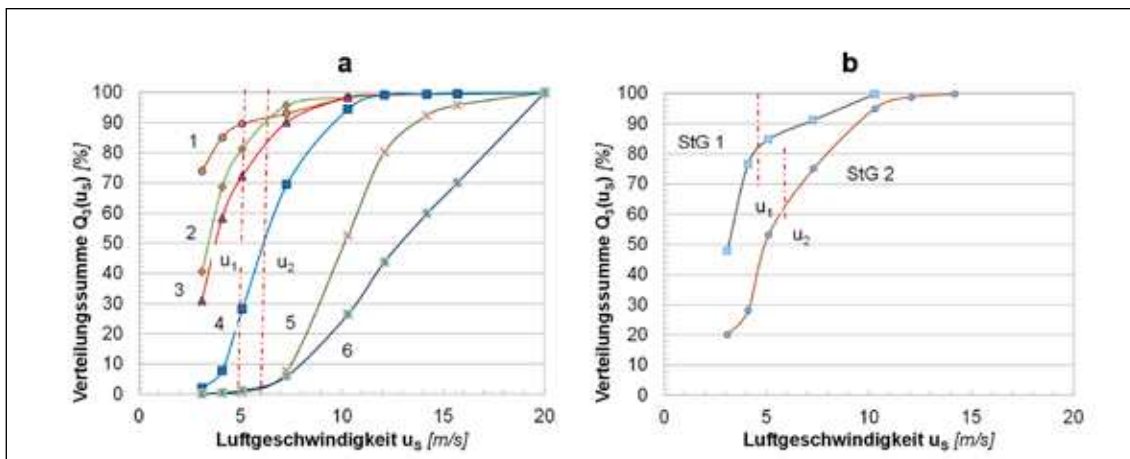
Aufbereitung der Shredder-Schwerfraktion

Aufbereitungsanlage 3 – Herstellung eines Aluminium-Schwermetall-Gemisches

Um eine hohe Effektivität der nachfolgenden Sortierprozesse zu erreichen, muss die Shredder-Schwerfraktion zunächst klassiert werden (Bild 7). Diese erfolgt mehrstufig, wobei sich eine hohe Feuchte negativ auf

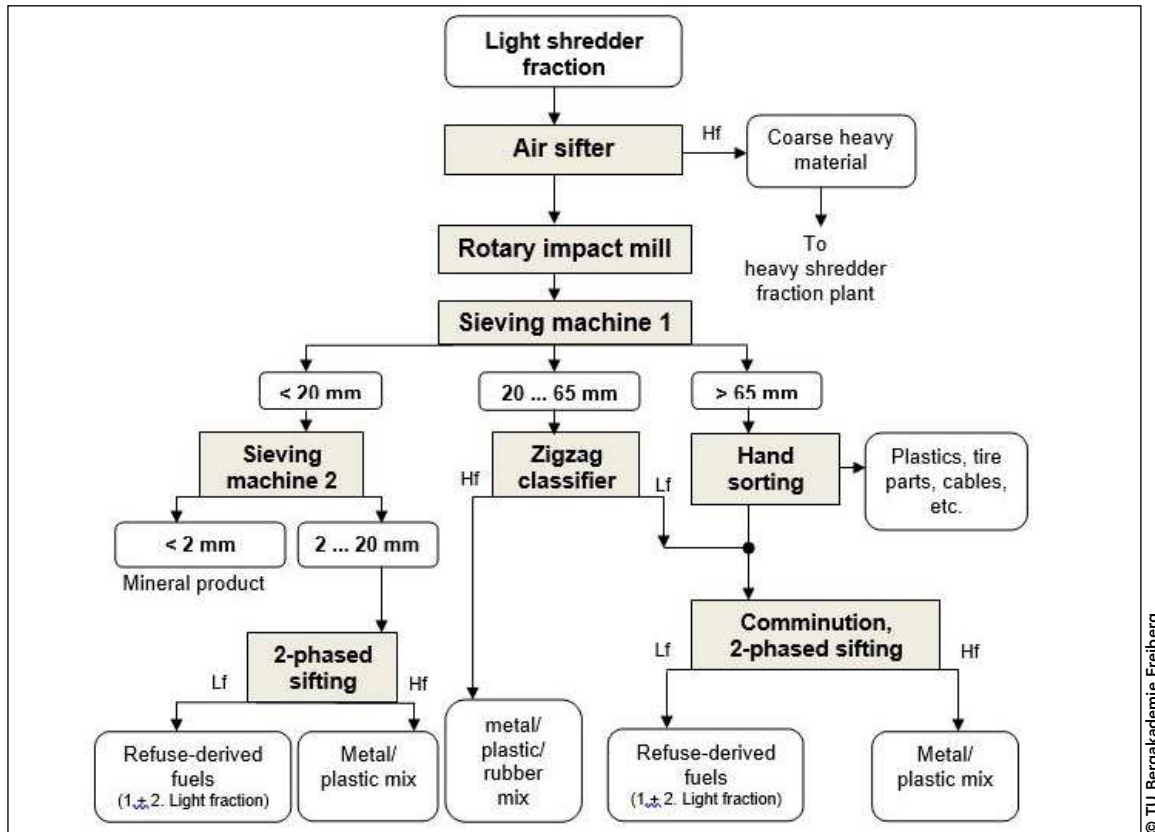
▼ 5 Distributions of sink velocities of the principal constituents of the shredder lights (Figure 5a) and floats (Figure 5b) at average air velocities ($u_1 = 5.4 \text{ m/s}$ – Floats 1 and $u_2 = 6.5 \text{ m/s}$ – Floats 2) 1 – product < 2 mm; 2 – Fluff; – 3 Foam; 4 – Wood; 5 – Plastics; 6 – Metals

5 Verteilungen der Sinkgeschwindigkeit der Hauptbestandteile der Shredder-Leichtfraktion (Bild 5a) und der Steiggüter (Bild 5b) bei mittleren Luftgeschwindigkeiten ($u_1 = 5,4 \text{ m/s}$ – StG 1 und $u_2 = 6,5 \text{ m/s}$ – StG 2) 1 – Produkt < 2 mm; 2 – Flusen; – 3 Schaumstoff; 4 – Holz; 5 – Kunststoff; 6 – Metalle



© TU Bergakademie Freiberg

6 Process flow sheet for preparation of shredder lights, schematic
6 Verfahrensfießbild für die Aufbereitung der Shredder-Leichtfraktion, schematisch



© TU Bergakademie Freiberg

Processing Plant 4 – Recovery of the remaining metals and preparation of a high-plastics product

Several metal-containing, high-plastics waste flows of greatly differing composition were produced in the course of the previous processing of shredder light and heavy fractions. Further processing of these needed to attain the following aims:

- ▶ Maximum recovery of the metals content in the form of saleable products
- ▶ Production of a plastics/rubber mixture suitable for further sorting of plastics
- ▶ Preparation of a refuse-derived fuel containing as little as possible of the recyclable plastics

die Trennschärfe der Klassierung bei 2 mm auswirken. Für die Magnetscheidung und Wirbelstromsortierung wurden bewährte Ausrüstungen eingesetzt. Fast alle entstehenden Produkte, ausgenommen die Siebfraktion < 2 mm und die magnetischen Produkte, werden in nachfolgenden Anlagen weiter aufbereitet.

Aufbereitungsanlage 4 – Gewinnung der restlichen Metalle und Herstellung eines kunststoffreichen Produkts

Im Verlaufe der bisherigen Aufbereitung der Shredder-Leicht- und -Schwerfraktion entstanden mehrere, sehr unterschiedlich zusammengesetzte metallhaltige, kunststoffreiche Abfälle. Ihre weitere Aufbereitung hatte folgende Zielstellungen zu erfüllen:

- ▶ Maximale Rückgewinnung des Metallinhalts in Form verkaufsfähiger Produkte
- ▶ Herstellung eines Kunststoff/Gummi-Gemischs, das für eine weitere Kunststoffsortierung geeignet ist
- ▶ Erzeugung eines Sekundärbrennstoffs, der möglichst wenige der verwertbaren Kunststoffe enthält

Umfangreiche Voruntersuchungen ließen erkennen, dass mit Hilfe der Schwimm-Sink-Sortierung gute Voraussetzungen geschaffen werden, die o.g. Zielstellungen zu erfüllen.

Die Schwimm-Sink-Sortierung, durchgeführt in einer Magnettrübe bei einer Trübedichte von $r_T = 1,5 \text{ g/cm}^3$, führt zu einem sehr metallarmen Schwimmgut. Bei der Sortierung der Stückgrößenklasse 5 – 20 mm ergeben sich Metallgehalte < 0,5%, in den größeren Stückgrößenklassen treten durch Verhakungen der Kupferdrähte etwas höhere Cu-Verluste auf. Der Gehalt an brennbaren Bestandteilen im Sinkgut liegt bei 10%. Durchgeführte Dichteanalysen zeigten, dass die im Sinkgut enthaltenen

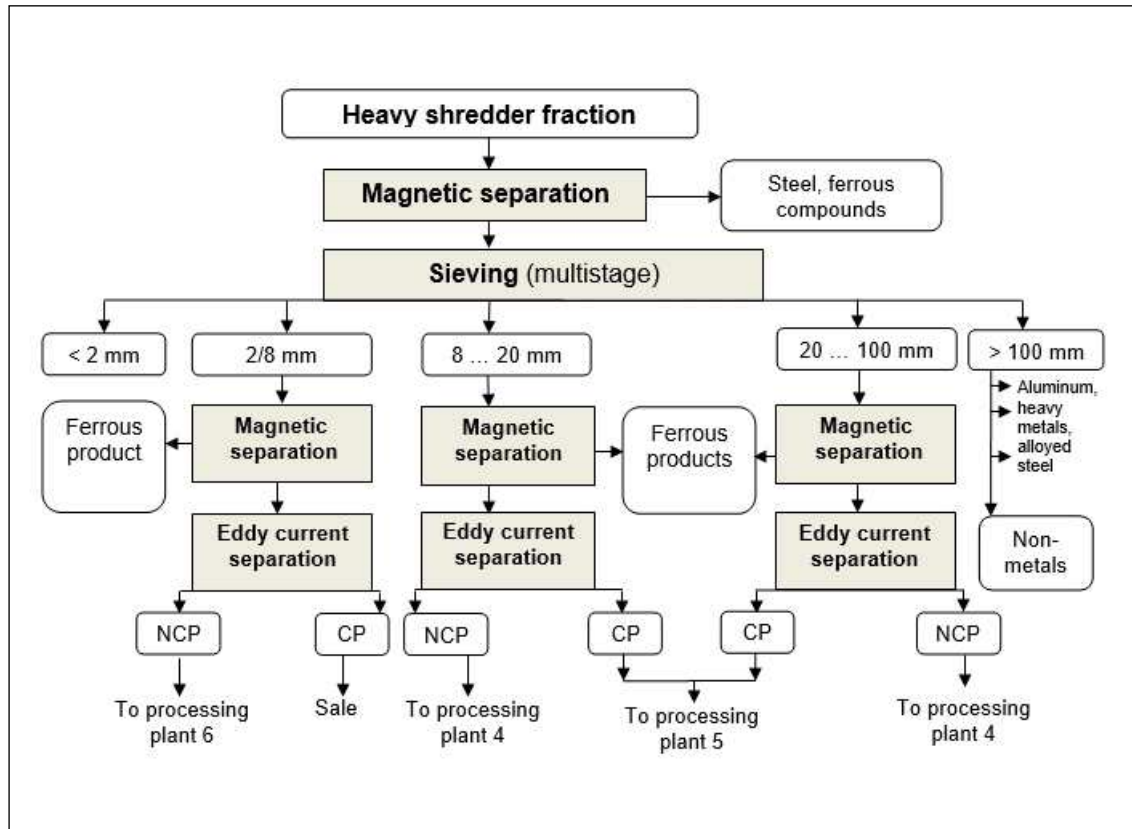
Table 4: Recycling rates for end-of-life vehicle scrap (2018)

¹⁾ according to official definitions
Tabelle 4:

Verwertungsquoten für die Altfahrzeugschrotte (2018)

¹⁾ laut behördlicher Festlegungen

	Masseanteil [%]	
	Stoffliche Verwertung	Energetische Verwertung
	Percentage by mass [%]	
	Materials-route valorisation	Energy-route valorisation
Demontagebetriebe Vehicle dismantling company	7,5	-
Metalle (Stahl, NE-Metalle) Metals (steel, NF metals)	70,0 ¹⁾	-
NE-Metalle, legierter Stahl NF metals, alloyed steel	5,3	-
Deponieersatzbaustoff Landfill construction material	6,3	-
Kunststoffe Plastics	0,8	-
Sekundärbrennstoff Refuse-derived fuel	-	7,0
Summe/ Total	89,9	96,9



7 Process flow sheet for the processing plant for production of an Al/heavy-metal mixture, schematic CP – conductive product; NCP – non-conductive product
7 Verfahrensfließbild der Aufbereitungsanlage für die Herstellung eines Al/Schwermetallgemisches, schematisch CP – leitfähiges Produkt; NCP – nichtleitfähiges Produkt

© TU Bergakademie Freiberg

Extensive preliminary tests indicated that float/sink sorting creates good preconditions for the attainment of the above-mentioned objectives.

Float/sink sorting performed in a magnetite medium at a density of $\rho_T = 1.5 \text{ g/cm}^3$ supplies an extremely low-metals float fraction. Metal contents of $< 0.5\%$ occur in sorting of the 5 to 20 mm particle-size class, while slightly higher Cu losses occur in the coarser particle-size classes as a consequence of „catching“ of copper wires. Combustible-constituent content in the sinks is close to 10 %. Density analyses indicated that the combustible constituents contained in the sinks were almost exclusively of a density of $> 1.55 \text{ g/cm}^3$. The very high separation intensity of the float/sink process was thus confirmed. The magnetite losses which occurred were definitively determined by the foam content in the floats product; losses of $< 1 \text{ kg/t}$ are associated with the sinks. Technical implementation of the above-mentioned targets was accomplished in two separate systems, for the 5 to 20 mm and 20 to 100 mm particle-size classes. **Figure 11** shows the process flow sheet for the 20 to 100 mm particle-size class. It proved possible to design the equipment for the 5 to 20 mm particle-size class rather more simply.

Processing Plant 5 – Float/sink sorting of the aluminium/heavy metal mixture

Float/sink sorting and automatic picking on the basis of X-ray transmission analysis are processes available for the sorting of aluminium/heavy metal mixtures. A two-stage float/sink sorting process was selected on the basis of the separation results obtained in commercial-scale studies using the two sorting processes, the desired throughput and potential use for other separation tasks (**Figure 8**).

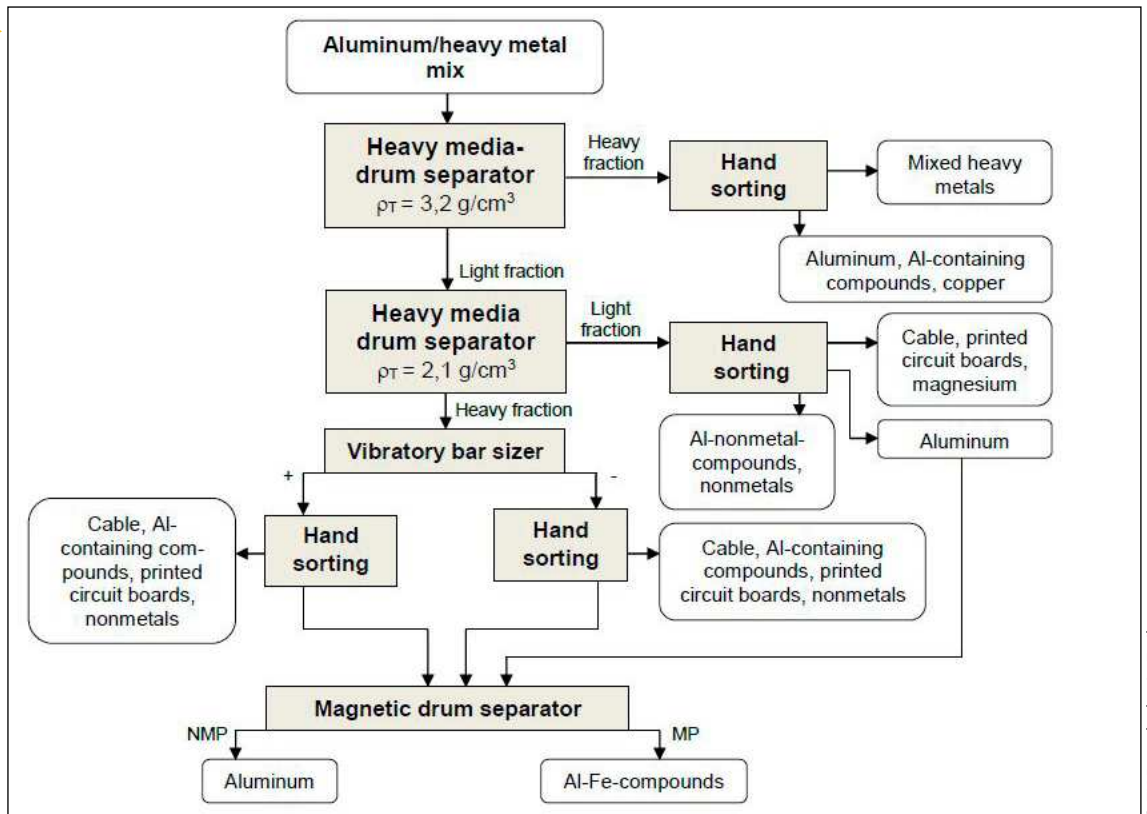
brennbaren Bestandteile fast ausschließlich eine Dichte $> 1,55 \text{ g/cm}^3$ besaßen. Damit bestätigte sich die sehr hohe Trennschärfe des Schwimm-Sink-Prozesses. Die aufgetretenen Magnetitverluste werden entscheidend durch den Schaumstoffgehalt im Schwimmprodukt bestimmt, mit dem Sinkgut sind Verluste von $< 1 \text{ kg/t}$ verbunden. Die technische Umsetzung der vorgenannten Ziele erfolgte für die Stückgrößenklasse 5 – 20 mm und 20 – 100 mm in zwei getrennten Anlagen **Bild 11** zeigt das Verfahrensfließbild für die Stückgrößenklasse 20 – 100 mm. Die Anlage für die Stückgrößenklasse 5 – 20 mm konnte in ihrem Ausrüstungsaufwand etwas einfacher gestaltet werden.

Aufbereitungsanlage 5 – Schwimm-Sink-Sortierung des Aluminium-Schwermetall-Gemisches

Für die Sortierung von Aluminium/Schwermetall-Gemischen bieten sich die Schwimm-Sink-Sortierung und die automatische Klaubung auf der Basis der Röntgentransmissionsanalyse an. Auf der Grundlage der mit beiden Sortierprozessen im Rahmen großtechnischer Untersuchungen erreichten Trennergebnisse, der geplanten Durchsätze und des möglichen Einsatzes für andere Trennaufgaben wurde eine zweistufige Schwimm-Sink-Sortierung gewählt (**Bild 8**).

Die erste Stufe erfolgt in einer FeSi-Schwertrübe mit einer Trübedichte von etwa $3,2 \text{ g/cm}^3$. Wird diese unterschritten, gelangen zu viel Aluminium und aluminiumhaltige Verbunde in das Sinkgut (**Bild 9**). Die FeSi-Verluste betragen 4 bis 6 kg/t, wovon ca. 85 % auf Anhaftungen sowie nicht bzw. nur teilweise entleerte Rohre und gefaltete Bleche zurückzuführen sind. Das entstehende Sinkgut wird nachfolgend

8 Process flow sheet for the float/sink machine for sorting of the Al/heavy-metals mixture, schematic
MP – magnetic product;
NMP – non-magnetic product
8 Verfahrensbild der Schwimm-Sink-Anlage für die Sortierung des Al/Schwermetall-Gemisches, schematisch
MP – magnetisches Produkt; NMP – unmagnetisches Produkt



© TU Bergakademie Freiberg

The first stage takes place in an FeSi dense medium with a medium density of around 3.2 g/cm^3 . If this density is not attained, too much aluminium and aluminium-containing composites will be transferred into the sinks (Figure 9). FeSi losses amount to 4 to 6 kg/t, about 85 % being attributable to adhering fouling, as well as piping and folded sheet metal either not or only partially drained of liquids. The resultant sinks are then cleansed of aluminium and aluminium-containing composites and picked for copper, in order to achieve higher revenue. The product designated as „mixed metal“ consists of the remaining copper, brass, zinc, lead, alloyed steel and heavy-metal-containing composites. A magnetite suspension with a density of around 2.1 g/cm^3 is a suitable medium for the second sorting stage. Magnetite losses are of the same order of magnitude as in the first stage. The resultant sinks (density class 2.1 to 3.2 g/cm^3) are classified using a bar sizer, in order to facilitate downstream manual picking. A screen overflow to screen underflow ratio of around $2/3$ to $1/3$ by mass proved to be highly advantageous in terms of picking efficiency. The floats (density class up to 2.1 g/cm^3) consist predominantly of Al/NF metal composites and non-metals, and also of free „fluidised“ Al malleable and cast alloys featuring corresponding open and closed cavities. The latter are sorted out manually and subjected to magnetic separation together with the „clean“ 2.1 to 3.2 g/cm^3 density class. This supplies an Al product with a very low Fe content. Analyses of the particle density of printed-circuit boards (PCBs) with no, with few and with many electronic components demonstrated that the PCBs have a broad density distribution (Figure 10). They are predominantly in the 2.1 to 3.2 g/cm^3

von Aluminium und aluminiumhaltigen Verbunden befreit sowie auf Kupfer geklaubt, um höhere Erlöse gewinnen zu können. Das als Mischmetall ausgewiesene Produkt besteht aus dem restlichen Kupfer, aus Messing, Zink, Blei, legiertem Stahl sowie schwermetallhaltigen Verbunden.

Für die 2. Sortierstufe eignet sich eine Magnetittrübe mit einer Trübedichte von rd. $2,1 \text{ g/cm}^3$. Die Magnetitverluste liegen in der gleichen Größenordnung wie in der 1. Stufe. Das entstehende Sinkgut (Dichteklasse $2,1 - 3,2 \text{ g/cm}^3$) wird mittels Stangensizer klassiert, um die nachfolgende Handklaubung zu erleichtern. Ein Masseverhältnis Siebüberlauf zu Siebdurchgang von etwa $2/3$ zu $1/3$ erwies sich hinsichtlich der Klaubeleistung als sehr vorteilhaft.

Das Schwimmgut (Dichteklasse $2,1 \text{ g/cm}^3$) besteht überwiegend aus Al/NE-Metall-Verbunden und Nichtmetallen, aber auch aus aufgeschlossen frei vorliegenden Al-Knet- und -Gusslegierungen mit entsprechenden offenen und geschlossenen Hohlräumen. Letztere werden von Hand aussortiert und gemeinsam mit der „sauberen“ Dichteklasse $2,1$ bis $3,2 \text{ g/cm}^3$ einer Magnetscheidung unterzogen. Diese liefert ein Al-Produkt mit einem sehr niedrigen Fe-Gehalt.

Untersuchungen zur Stückdichte von Leiterplatten ohne, mit wenigen und mit vielen Bauelementen ergaben, dass die Leiterplatten in einer breiten Dichteverteilung vorliegen (Bild 10). Überwiegend gelangen sie jedoch in die Dichteklasse $2,1 - 3,2 \text{ g/cm}^3$, so dass sie statt von Hand auch automatisch mit Hilfe einer Farb-CCD-Kamera geklaubt werden könnten.

Aufbereitungsanlage 6 – Metallgewinnung aus den feinkörnigen, metallarmen, mineral-

density class, however, with the result that they can also be picked automatically using a colour CCD camera, instead of manual picking.

Processing Plant 6 – Recovery of metals from the fine-particled, low-metal, high-mineral, plastics-containing waste flows

Low-metals waste flows with greatly fluctuating mineral and organic component contents are produced in Processing Plants 3 and 4. The development of a process both suitable for this and, at the same time, cost-efficient, constituted an enormous challenge. This plant was, nonetheless, commissioned in December 2018. The process, developed in the course of many years, was ultimately patented in May 2019.

Processing technology for plastics/rubber mixtures

The plastics/rubber mixtures produced in Processing Plant 4 contain 50 to 70 % plastics, 20 to 30 % rubber and 5 to 10 % wood. The Cl content of the mixture is between 1.5 and 3%, with both plastics (PVC etc.) and types of rubber containing chlorine. The calorific value of the mixture reaches figures of > 28 MJ/kg DM.

Before any activity for the further processing of the plastics/rubber mixtures is started, orientation points for sale of the high-chlorine products inevitably generated must be defined, since the recovery of a high-quality plastic (PP, PE, ABS, PS, etc.) and/or of a low-chlorine refuse-derived fuel (RDF) is necessarily linked to the accumulation of Cl in the remaining matter.

Automatic picking on the basis of X-ray transmission and float/sink sorting at a medium density of $r_T =$ approx. 1.20 g/cm^3 is a route suitable for the production of a low-chlorine RDF. The resultant product (density class -1.20 g/cm^3) could also be used as granulate in blast furnaces. Where the emphasis is on the recovery of high-quality plastics mixtures, only density separation at a medium density of $r_T = 1.08 \text{ g/cm}^3$ could be considered up to now. Automated picking of the economically valuable plastics has not up to now been possible at a rational level of effort and expense, since these plastics are predominantly black when used in automotive applications.

Overall result

It has been shown that the processing plants constructed in Espenhain have made it possible to overfulfill the recycling rates legally stipulated for end-of-life vehicles since 2015 (Table 4).

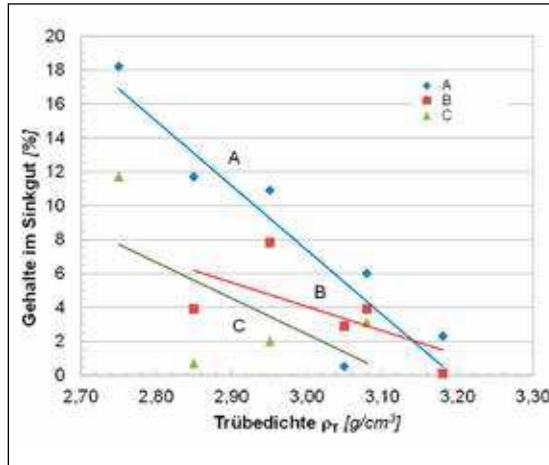
The extremely good results obtained are explained by the plant-engineering concepts selected, which

- ▶ permit an extremely high metals yield
- ▶ transfer the glass content of the end-of-life vehicles entirely to the mineral product and
- ▶ deliver a saleable refuse-derived fuel

Only around 3% by mass need to be counted as losses; in other words, the targets of the circular economy are met to a high degree.

Future prospects

Recycling organisations are currently being confronted with ever more new challenges, thanks to increasing



◀ 9 Al misplacements in the sinks as a function of medium density A – Aluminium, Al malleable and casting alloys; B – Al/Fe composites; C – Al/NF metal composites
9 Abhängigkeit der Al-Fehlasträge im Sinkgut von der Trübedichte A – Aluminium, Al-Knet- und Gusslegierungen; B – Al/Fe-Verbunde; C – Al/NE-Metall-Verbunde

© TU Bergakademie Freiberg

reichen und kunststoffhaltigen Abfällen

In den Aufbereitungsanlagen 3 und 4 entstehen metallarme Abfälle mit stark wechselnden Anteilen an Mineral- und Organik-Komponenten. Die Entwicklung eines dafür geeigneten, gleichzeitig wirtschaftlichen Aufbereitungsverfahrens stellte eine enorme Herausforderung dar. Im Dezember 2018 konnte die Aufbereitungsanlage in Betrieb genommen werden. Das über viele Jahre entwickelte Verfahren wurde schließlich im Mai 2019 patentiert.

Aufbereitung der Kunststoff/Gummi-Gemische

Die in der Aufbereitungsanlage 4 entstehenden Kunststoff/Gummi-Gemische enthalten 50 bis 70% Kunststoffe, 20 bis 30% Gummi und 5 bis 10% Holz. Der Cl-Gehalt des Gemischs liegt zwischen 1,5 und 3%, wobei als Chlorträger sowohl Kunststoffe (PVC u.a.) als auch Gummisorten auftreten. Der Brennwert des Gemisches erreicht Werte > 28 MJ/kg TS.

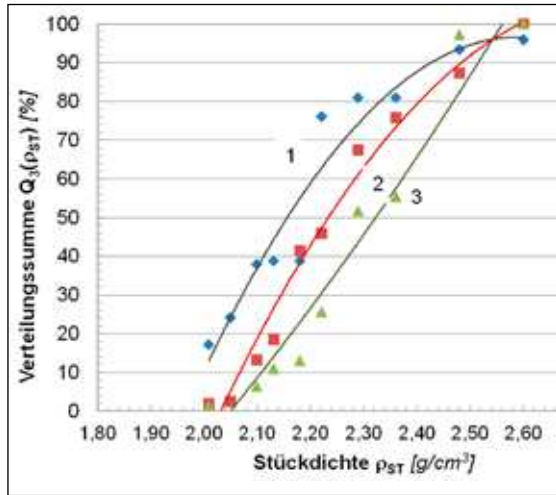
Vor Beginn jeder Aktivität, die Kunststoff/Gummi-Gemische weiter aufzubereiten, müssen Ansatzpunkte für einen Absatz der zwangsläufig entstehenden chlorreichen Produkte bestehen, denn die Gewinnung eines hochwertigen Kunststoffs (PP, PE, ABS, PS u.a.) bzw. eines chlorarmen Sekundärbrennstoffs (SBS) ist mit einer Cl-Anreicherung im verbleibenden Rest verbunden.

Für die Herstellung eines chlorarmen SBS bietet sich die automatische Kläubung auf der Basis der Röntgentransmission und die Schwimm-Sink-Sortierung bei einer Trübedichte von $r_T =$ ca. $1,20 \text{ g/cm}^3$ an. Das entstehende Produkt (Dichteklasse $-1,20 \text{ g/cm}^3$) könnte auch als Hochofengranulat eingesetzt werden. Steht die Gewinnung hochwertiger Kunststoffgemische im Vordergrund, kommt bisher nur die Dichtentrennung bei einer Trübedichte von $r_T = 1,08 \text{ g/cm}^3$ in Betracht. Die automatische Kläubung der ökonomisch wertvollen Kunststoffe gelingt bisher mit verträglichem Aufwand nicht, da diese in automobilen Anwendungen überwiegend eine schwarze Farbe besitzen.

Gesamtergebnis

Es konnte gezeigt werden, dass mit den in Espenhain errichteten Aufbereitungsanlagen die seit 2015 für Altfahrzeuge gesetzlich geforderten

10 Particle-density distribution of printed-circuit boards with no (1), with few (2) and with many electronic components (3)
10 Stückdichteverteilung der Leiterplatten ohne (1), mit wenigen (2) und vielen Bauelementen (3)



Verwertungsquoten übererfüllt werden können (Tabelle 4). Die sehr guten Ergebnisse liegen in den gewählten Anlagenkonzeptionen begründet, die

- ▶ ein sehr hohes Metallausbringen ermöglichen
- ▶ den Glasinhalt der Altfahrzeuge vollständig in das mineralische Produkt überführen und
- ▶ einen absetzbaren Sekundärbrennstoff liefern

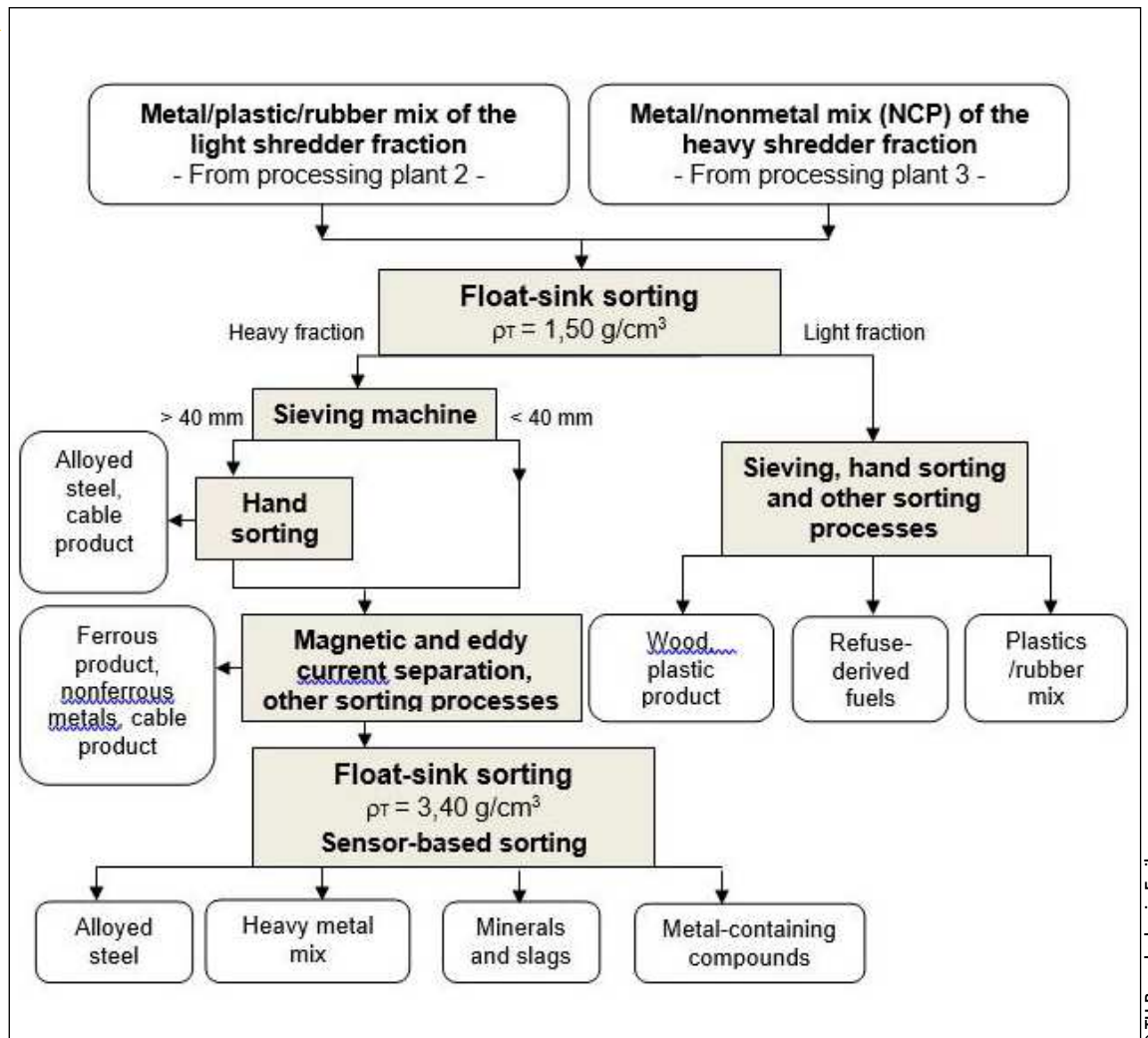
Nur rund 3 M.-% müssen als Verlust gerechnet werden, d. h. die Ziele der Kreislaufwirtschaft sind in hohem Maße erreicht worden.

Ausblick

Durch die zunehmende Elektromobilität und den steigenden Einsatz von Li-Ionen-Batterien in vielen netzunabhängigen Geräten und Apparaten werden die Aufbereitungsbetriebe aktuell vor neue Herausforderungen gestellt. Besonders der verstärkte Einsatz von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) im Automobilbau und ihre teilweise Anwendung als Metall/CFK-Verbund führen zu neuen Anforderungen an die Zerkleinerungs- und Sortiertechnik, aber vor allem auch an die Analytik. Die Scholz Recycling GmbH stellt sich diesen Anforderungen und hat bereits mit entsprechenden Forschungsarbeiten zu einigen der künftig zu lösenden Aufgaben begonnen.

electromobility and the rising use of Li-ion batteries in numerous mobile devices and other equipment. The increasing use of carbon-fibre-reinforced plastics (CFRP) in automotive engineering, as well as their use in some cases as metal/CFRP composites, is generating new demands on comminution and sorting equipment, and, above all, on analytical methods. Scholz Recycling GmbH is pleased to face these challenges and has already initiated corresponding research into a number of the tasks requiring solution in the future.

11 Process flow sheet for preparation of metal-containing, high-plastics waste flows, greatly simplified
11 Verfahrensflißbild für die Aufbereitung der metallhaltigen, kunststoffreichen Abfälle, stark vereinfacht



Importance of secondary raw materials early recognized

Prof. Dr.-Ing. habil. em. Gert Schubert, TU Bergakademie Freiberg University of Resources, reaches 80

Bedeutung der Sekundärrohstoffe früh erkannt

Prof. Dr.-Ing. habil. em. Gert Schubert, TU Bergakademie Freiberg, wurde 80

More than 50 years ago, Prof. Heinrich Schubert, director of the Institute of Mechanical Process Engineering and Mineral Processing (MVTAT) at the TU Bergakademie Freiberg University of Resources, recognised the great importance of the useful and recyclable materials found in scrap and metal-containing waste.

Logically enough, he initiated, as early as 1974, the establishment of a lectureship for „secondary resources“ at his institute. This field was further promoted during 1991/92 and from then on formed the core of research in the separate department of „Mineral Processing / Recycling“ at the Institute for MVTAT. Upon the retirement of Prof. H. Schubert in 1992, his pupil Gert Schubert, of the TU Bergakademie Freiberg University of Resources, was appointed professor and entrusted with the leadership of this department. He successfully continued the ongoing research work with Prof. Heinrich Schubert's process-orientated focus with great commitment and far-ranging detailed knowledge on, in particular, processes for breakdown comminution of metal-containing composite structures and the sorting of the material mixtures thus created. It was, not least of all, his practical, industrially orientated understanding, and the recognition that the recovery of secondary resources would gain even more importance in the future, that resulted in the fact that many of his test results could be directly implemented in industry in the form of new process developments. With more than fifty degree, bachelor's and masters theses, Prof. Gert Schubert shaped and promoted, in particular, cooperation with SCHOLZ Recycling GmbH Espenhain, the results of which are today reflected in many large-scale facilities, both already implemented and also continuously further optimised, for the processing of even only slightly metal-containing mixed products. Even after his retirement, Prof. Gert Schubert continued to provide his knowledge to the company as a consultant, a function which he still performs.

We wish here, retrospectively, to sincerely congratulate Prof. Gert Schubert on his 80th birthday, to wish him all health and the continuation of his great creative powers for the benefit of science and industry. The pre-pended article, we trust, will shed more light on Prof. Gert Schubert's many scientific achievements.

Authors: Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel; Dr. rer. nat. Brigitte Hoffmann

Vor mehr als 50 Jahren hat Prof. Heinrich Schubert als Direktor des Institutes für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik (MVTAT) der TU Bergakademie Freiberg die große Bedeutung der in Schrotten und metallhaltigen Abfällen enthaltenen Wertstoffe erkannt.

Folgerichtig initiierte er schon 1974 die Einrichtung einer Dozentur „Sekundärrohstoffe“ in seinem Institut. In den Jahren 1991/92 wurde das Fachgebiet weiter aufgewertet und bildete fortan den Schwerpunkt der Forschung am separaten Lehrstuhl „Aufbereitungstechnik und Recycling“ des Institutes für MVTAT. Mit der Emeritierung von Prof. H. Schubert 1992 wurde dessen Schüler Gert Schubert von der TU Bergakademie als Professor berufen und mit der Leitung des genannten Lehrstuhls beauftragt. Mit großem Engagement und einem umfangreichen Detailwissen insbesondere zu den Prozessen der Aufschlusszerkleinerung metallhaltiger Verbundstrukturen sowie der Sortierung der entstandenen Werkstoffgemische führte er die Forschungsarbeiten im prozessorientierten Sinne Prof. Heinrich Schuberts erfolgreich fort. Nicht zuletzt sein praktisches, industrienahes Verständnis und die Erkenntnis, dass die Bedeutung der Gewinnung von Sekundärrohstoffen in Zukunft noch mehr zunehmen wird, führten dazu, dass außerordentlich viele seiner Versuchsergebnisse in Form von Verfahrensentwicklungen direkt in die Industrie umgesetzt werden konnten. Durch über 50 Diplom-, Bachelor- und Master-Arbeiten förderte Prof. Gert Schubert konzeptionell vor allem die Zusammenarbeit mit der SCHOLZ Recycling GmbH Espenhain, deren Ergebnisse sich heute in vielen realisierten und ständig weiter optimierten Großanlagen zur Aufbereitung selbst geringfügig metallhaltiger Mischprodukte widerspiegeln. Auch nach seiner Emeritierung stellte Prof. Gert Schubert sein Wissen dem Unternehmen als Berater zur Verfügung und ist immer noch in dieser Funktion tätig.

Wir gratulieren nachträglich herzlich zu seinem achtzigsten Geburtstag, wünschen ihm beste Gesundheit und noch recht viel Schaffenskraft zum Wohle der Wissenschaft und der Wirtschaft. Der vorangestellte Beitrag möge ein Licht auf die wissenschaftliche Leistung von Prof. Gert Schubert werfen.

Autoren: Dr.-Ing. H.-Georg Jäckel; Dr. rer. nat. Brigitte Hoffmann



Let's design
a better world.

From new development models of the circular economy to technological solutions for the management and protection of resources: an international platform to foster the growth of an innovative entrepreneurial ecosystem and help territories to create a more sustainable future.

ECOMONDO
THE GREEN TECHNOLOGY EXPO

**3 - 6
NOV.
2020**

RIMINI
EXHIBITION
CENTRE, ITALY

Organised by

**ITALIAN
EXHIBITION
GROUP**
Providing the future



In collaboration with



Simultaneous with

KEY ENERGY
THE RENEWABLE ENERGY EXPO



ecomondo.com

For info and request for complimentary tickets please contact:
Balland Messe-Vertrieb GmbH - Hendrik Taise - h.taise@balland-messe.de - www.balland-messe.de