

# Waste Management



## Waste Management, Volume 1

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni  
 ISBN: 978-3-935317-48-1  
 Erschienen: 2010  
 Hardcover: 623 Seiten  
 Sprache: Englisch, Polnisch und Deutsch  
 Preis: 35.00 EUR

## Waste Management, Volume 2

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Luciano Pelloni  
 ISBN: 978-3-935317-69-6  
 Erschienen: 2011  
 Hardcover: 866 Seiten, mit farbigen Abbildungen  
 Sprache: Englisch  
 Preis: 50.00 EUR

## Waste Management, Volume 3

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Stephanie Thiel  
 ISBN: 978-3-935317-83-2  
 Erschienen: 2012  
 Hardcover: etwa 780 Seiten, mit farbigen Abbildungen  
 Sprache: Englisch  
 Preis: 50.00 EUR

## Waste Management, Volume 4

Herausgeber: Karl J. Thomé-Kozmiensky, Stephanie Thiel  
 ISBN: 978-3-944310-15-2  
 Erschienen: 2014  
 Hardcover: 521 Seiten, mit farbigen Abbildungen  
 Sprache: Englisch  
 Preis: 50.00 EUR

## CD Waste Management, Volume 2

Sprache: Englisch, Polnisch und Deutsch  
 ISBN: 978-3-935317-70-2  
 Preis: 50.00 EUR

## CD Waste Management, Volume 3

Sprache: Englisch  
 ISBN: 978-3-935317-84-9  
 Preis: 50.00 EUR

**160.00 EUR**  
 statt 285.00 EUR

## Paketpreis

Waste Management, Volume 1 • Waste Management, Volume 2 • CD Waste Management, Volume 2  
 Waste Management, Volume 3 • CD Waste Management, Volume 3 • Waste Management, Volume 4



Bestellungen unter [www.vivis.de](http://www.vivis.de)  
 oder

Dorfstraße 51  
 D-16816 Nietwerder-Neuruppin  
 Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10  
 E-Mail: [tkverlag@vivis.de](mailto:tkverlag@vivis.de)

**vivis**  
 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

# Innovative Metallaufbereitung beim Recycling – ausgewählte Anwendungsbeispiele –

Siegmar Schäfer und André Schäfer

1.	Innovative Metallaufbereitung beim Recycling – Problemstellungen .....	537
2.	ANDRITZ MeWa Technologie der Metallaufbereitung .....	538
2.1.	Zerkleinerungstechnik – Maschinen und Wirkprinzipien.....	538
2.2.	Metallaufbereitung – Zusammenstellung realisierter Anwendungen..	541
3.	Ausgewählte Anwendungsbeispiele des Metallrecyclings .....	542
3.1.	Ölfilteraufbereitung .....	542
3.2.	Kühlgeräterecycling mit einstufiger Zerkleinerung.....	544
3.3.	Aufbereitung voluminöser Späne aus der mechanischen Fertigung....	546
4.	Zusammenfassung .....	548
5.	Literatur .....	548

## 1. Innovative Metallaufbereitung beim Recycling – Problemstellungen

Kreislaufwirtschaft und Ressourceneffizienz sind kennzeichnend für eine nachhaltige Volkswirtschaft. Beide Konzepte basieren auf der Wiederverwendung von Produkten und dem Recycling. Das Recycling wird allgemein als Verwertungsverfahren definiert, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen aufbereitet werden [5].

In der Praxis treten mittlerweile vielfach Probleme auf, die das Recycling erschweren. So sind die metallischen und metallhaltigen Abfälle oft aus unterschiedlichen Stoffen zusammengesetzt und sie weisen komplexe bzw. schwer aufzulösende Verbindungsverhältnisse bezüglich der Stoffkomponenten auf.

Ein herausragendes Merkmal beim Metallrecycling ist jedoch, dass die Metalle fast immer ohne Qualitätsunterschiede sowohl aus primären als auch sekundären Rohstoffen gewonnen werden können. Dabei ist die Herstellung von Metallen aus sekundären Quellen über das Recycling meist mit wesentlich geringeren Umweltproblemen verbunden als die Primärproduktion auf der Basis bergbaulicher Gewinnung der Erze sowie nachfolgender Aufbereitung und Verhüttung [1].

Für eine innovative Metallaufbereitung beim Recycling lassen sich aus aktueller Sicht folgende Problemstellungen bzw. Hauptaufgaben nennen:

- Die Eigenschaften des Aufgabegutes – wie Abmessungen bzw. Stückgrößen und Wanddicken, stoffliche Zusammensetzung, enthaltene Störstoffe sowie bei der Verarbeitung teilweise auftretende Explosionsgefahr – sind vielfältig und erfordern zunehmend spezielle technische Lösungen.
- Der Aufschluss der im Aufgabegut vorhandenen Stoffkomponenten ist entscheidende Voraussetzung für den effektiven Einsatz nachgeschalteter Trennprozesse.
- Es besteht die Forderung, ein Produkt herzustellen, das den Anforderungen hinsichtlich Stückgröße, Stückgrößenverteilung, Stückform und Schüttdichte für die Weiterverarbeitung gerecht wird.
- Weiterhin sind ein hohes Wertstoffausbringen und die Vermeidung bzw. Reduzierung des Anfalls von Abfällen von besonderer Bedeutung.
- Vom Anlagenbauer fordert man trotz der komplizierter werdenden Randbedingungen bei den Metallrecycling-Projekten die Bereitstellung wirtschaftlich betreibbarer Anlagentechnik.

Aus der Aufzählung dieser Punkte wird ersichtlich, dass für eine innovative Metallaufbereitung beim Recycling der Zerkleinerungsprozess die Schlüsselstellung besitzt. Schlussfolgernd werden daher im Beitrag die Zerkleinerungstechniken in den Mittelpunkt gestellt und anhand von Beispielen die Möglichkeiten der effektiven Anwendung beim Metallrecycling verdeutlicht.

## 2. ANDRITZ MeWa Technologie der Metallaufbereitung

### 2.1. Zerkleinerungstechnik – Maschinen und Wirkprinzipien

Eine breite Anwendung bei der Metallaufbereitung im Zusammenhang mit dem Recycling haben die folgenden Zerkleinerungsmaschinen erlangt:

- Universal-Zerkleinerer UC als robuste Rotorschere für spezielle Anwendungen im Bereich der Vorzerkleinerung des Aufgabegutes,
- Universal-Granulator UG in verschiedenen Bauformen zur stückgrößen- und stückformoptimierten Nachzerkleinerung,
- Universal-Querstromzerspaner QZ als sehr vielseitiges Aggregat für die Aufschlusszerkleinerung.

Um die Einsatzmöglichkeiten der vorgenannten drei Technik-Komponenten zu verdeutlichen, werden nachfolgend der jeweilige konstruktive Aufbau und das Wirkprinzip in kurzer Form dargestellt.

Das Bild 1 zeigt einen Universal-Zerkleinerer UC 2000, der als Zwei-Wellen-Schneidwerk mit elektromotorischen Antrieben von 2 x 75 kW Antriebsnennleistung und jeweils zwischengeschalteter Hydraulikkupplung und Getriebe sowie einer hydraulischen Nachdrückeinrichtung bei der Aufgabegutzuführung ausgerüstet ist. Diese auch als Rotorscheren bezeichneten Vorzerkleinerungsmaschinen haben sich in unterschiedlichen Baugrößen bei einer Reihe von Anwendungen auf dem Gebiet des Metallrecyclings aufgrund ihrer spezifischen Vorteile bewährt und werden weiterhin zum Einsatz gebracht.

Hinsichtlich der Erläuterung des Wirkprinzips der Rotorschere wird auf [2] verwiesen.



Bild 1: Universal-Zerkleinerer UC 2000 mit Zwei-Wellen-Schneidwerk und hydraulischer Nachdrückeinrichtung (vereinfachte Darstellung ohne Aufgabeschacht)

Im Bild 2 ist ein Universal-Granulator UG 1600 mit einer elektrischen Antriebsnennleistung von 110 kW und als Bauform mit Pendelnachdrückeinrichtung dargestellt. Diese vorwiegend zur Nachzerkleinerung eingesetzte Zerkleinerungsmaschine arbeitet nach dem Prinzip einer rotierenden Schlagschere. In [4] bezeichnet G. Schubert einen derartigen Granulator nach der dominierenden Beanspruchungsart auch als Radialspalt-Rotorschere mit Blockmessern.

Das Aufgabegut wird von den Rotormessern erfasst und in Wechselwirkung mit den Statormessern unter der Voraussetzung der Einhaltung eines minimalen Schnittpaltes auf Scherung beansprucht. Die Messer sind im Hinblick auf die hohen Zerkleinerungskräfte bei der Metallaufbereitung als kompakte Blockmesser mit bis zu vier nutzbaren Arbeitskanten jeweils für den Rotor und den Stator konstruktiv gleich gestaltet. Bei Abnutzung der Arbeitskante können die Statormesser in Relation zu den Rotormessern mehrfach nachgestellt werden.

Den Arbeitsraum des Granulators schließt unterhalb des Rotors ein austauschbares Sieb ab. Die Größe der Sieböffnungen hat wesentlichen Einfluss auf den Durchsatz und bestimmt entscheidend die Stückgröße des zerkleinerten Gutes. Außerdem ist der sich beim Universal-Granulator mit Pendelnachdrückeinrichtung einstellende ausgeprägte Gutumlauf im Arbeitsraum wichtig für das angestrebte Zerkleinerungsergebnis.

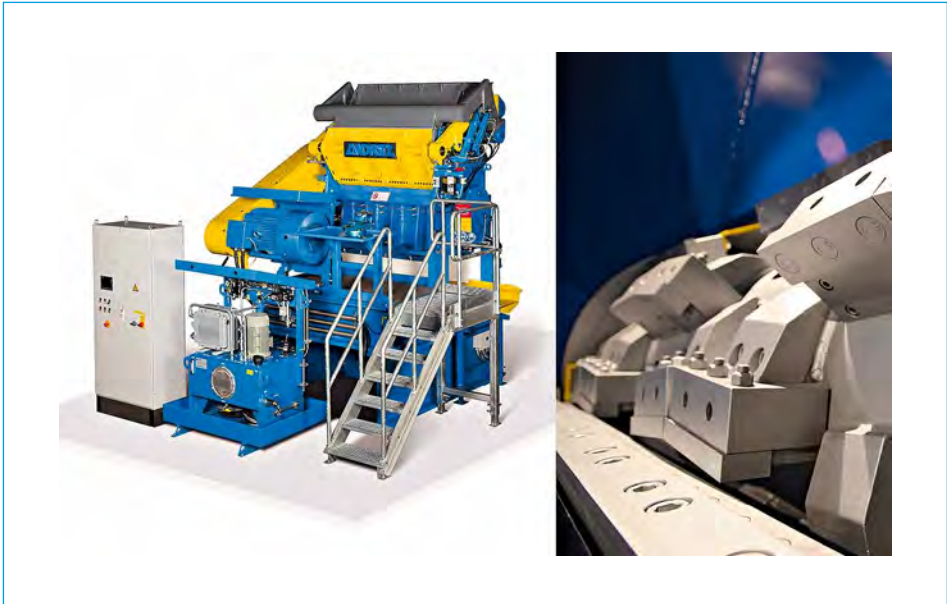


Bild 2: Universal-Granulator UG 1600 mit Pendelnachdrückeinrichtung und Blockmessern

Den schematischen Aufbau des Universal-Querstromzerspaners zeigt das Bild 3. Die Gutaufgabe erfolgt über Kopf in einen zylinderförmigen Arbeitsraum. Der Gutaustrag ist seitlich angeordnet.

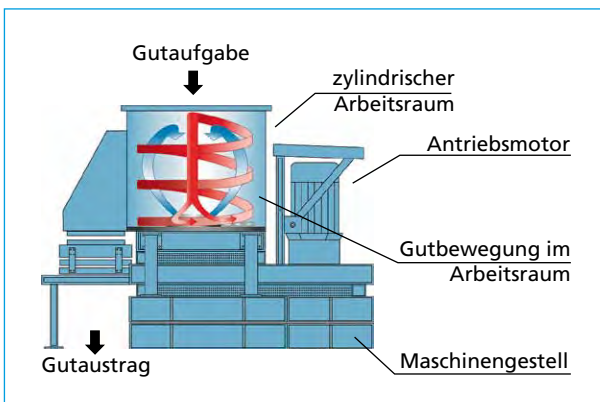


Bild 3:

Schematischer Aufbau des Querstromzerspaners

Charakteristisch für das Wirkprinzip des Querstromzerspaners sind der Energieeintrag und die Gutbeanspruchung durch flexible und eine Drehbewegung ausführende Werkzeuge bzw. Arbeitsorgane, die das Aufgabegut im Ergebnis von Primärstoßvorgängen beschleunigen und eine ausgeprägte Gutbewegung im Arbeitsraum erzeugen. Der Aufschluss von Verbunden erfolgt ganz wesentlich durch sekundäre Schlag- und Prallbeanspruchung sowie Reibung zwischen den Gutpartikeln. Unterschiedliche Eigenschaften der Gutbestandteile können somit gezielt zur Erreichung des angestrebten Aufbereitungsergebnisses genutzt werden [3].



Bild 4: Arbeitsorgan bzw. Beschleunigungselement des QZ in der Grundform

Dieses komplexe Wirkprinzip sowie die vorhandenen Möglichkeiten zur Einstellung der Betriebsart und Maschinenparameter des Querstromzerspaners erweisen sich als eine effektive Ausgangsbasis für Anwendungen und Problemlösungen beim Metallrecycling.

Im Bild 4 ist das Arbeitsorgan bzw. Beschleunigungselement des Querstromzerspaners in der Grundform, das heißt als Kette, dargestellt. Weitere Ausführungsformen wurden entwickelt und werden in Abhängigkeit vom Aufgabegut eingesetzt.

## 2.2. Metallaufbereitung – Zusammenstellung realisierter Anwendungen

Die außerordentliche Vielfalt der Problemstellungen, die bei der Metallaufbereitung für das Recycling gelöst werden muss, wird vor allem bei den konkreten Anwendungen deutlich.

Nachfolgend eine Aufzählung von Beispielen, für die auch unter Mitwirkung der Autoren ingenieurtechnische Lösungen in den letzten Jahren erarbeitet, Technikumsversuche durchgeführt und Anlagen mit den unter Punkt 2.1. vorgestellten Maschinen bzw. Komponenten der Zerkleinerungstechnik realisiert wurden:

- Aufbereitung von PKW- und LKW-Ölfiltern,
- Recycling von Kühlgeräten,
- Aufbereitung voluminöser Drehspäne,
- Verarbeitung von Elektro- und Elektronikschrott bzw. Teilfraktionen dieser Schrotte,
- Aufbereitung von Katalysatoren aus Altagautos,
- Anlagen für das Spraydosenrecycling,
- Aufbereitung von Metall-Kunststoff-Fraktionen aus MBA sowie MPS- und EBS-Anlagen,

- Aufbereitung von Dosen- bzw. Verpackungsschrott,
- Kabelrecycling,
- Aufbereitung von Metallkrätze,
- Akku- und Batterieaufbereitung,
- Zerkleinerung von Motorblöcken, Zylinderköpfen und Gehäusen aus Aluminium mit dem Ziel der Freilegung von Buchsen und anderen Anhaftungen,
- Aufschluss von Verbundwerkstoffen unterschiedlicher Art und Herkunft,
- Aufbereitung von Produktionsabfällen aus Aluminium, Kupfer, Messing u.a.,
- Aufbereitung von Überlandkabel mit Drähten aus Aluminium und Stahlseele,
- Aufbereitung von Spuckstoff-Zöpfen aus der Papierindustrie.

Die drei erstgenannten Anwendungen der Metallaufbereitung beim Recycling werden im Weiteren etwas ausführlicher vorgestellt.

### 3. Ausgewählte Anwendungsbeispiele des Metallrecyclings

#### 3.1. Ölfilteraufbereitung

Ausgetauschte PKW- und LKW-Ölfilter gelten einerseits als Sonderabfall. Aber andererseits sind die in Ölfiltern enthaltenen Metalle wesentlicher Ausgangspunkt für ein lohnendes Recycling durch mechanische Aufbereitung. Bereits im Jahre 1995 wurde Europas erste Ölfilter-Recyclinganlage erfolgreich in Betrieb genommen. Neben der damals vorherrschenden ausschließlich zweistufigen Zerkleinerung der Ölfilter mit Universal-Zerkleinerer für die Vorzerkleinerung und Universal-Granulator zur Nachzerkleinerung ist durch technische Weiter- und Neuentwicklung die nur einstufige Zerkleinerung mit außerordentlich leistungsfähigen Universal-Granulatoren möglich geworden.

Einen Eindruck von der Beschaffenheit der ausgetauschten Ölfilter im Anlieferungszustand zur Aufgabe in die Recyclinganlage vermittelt Bild 5.

Die Zusammensetzung der Ölfilter für das Recycling kann wie folgt charakterisiert werden (Angaben in Masse-Prozent):

- etwa 60 Prozent Metallfraktion
- etwa 20 Prozent Altöl
- etwa 20 Prozent EBS-Fraktion (Filterpapier, Gummi und weitere Kunststoffe)

Weiterhin muss beachtet werden, dass sich teilweise Störstoffe, wie z.B. massive Metallteile, in den angelieferten Ölfiltern befinden.



Bild 5:

Anlieferungszustand der Ölfilter für das Recycling

Anhand des Anlagenfließbildes zeigt Bild 6 die wesentlichsten Verfahrensstufen einer modernen Ölfilter-Recyclinganlage mit einstufiger Zerkleinerung. Das Aufgabegut wird zunächst zur Aushaltung von Störstoffen vorsortiert. Hauptverfahrensstufe der Anlage ist die einstufige Aufschlusszerkleinerung der Ölfilter mit einem speziell entwickelten Universal-Granulator. In der nachfolgenden Prozessstufe erfolgt die Abscheidung des Altöles in einer Spezialzentrifuge. Anschließend werden aus dem verbleibenden Materialstrom durch Magnetscheidung die Fe-Fraktion und über NE-Metall-Separation die Nichteisenmetalle als die beim Ölfilter-Recycling besonders wichtigen Wertstoff-Fractionen gewonnen. Die Restfraktion, bestehend aus Filtermaterial, Gummi und weiteren Kunststoffen, ist als Ersatzbrennstoff (EBS) einsetzbar.

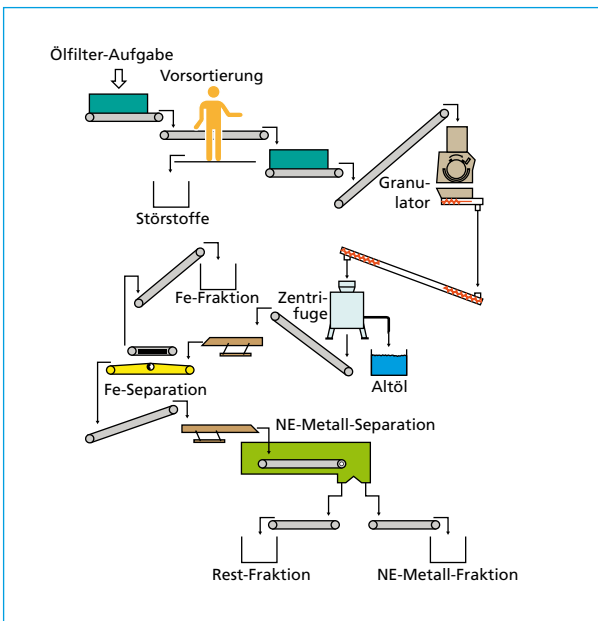


Bild 6:

Anlagenfließbild für das Ölfilterrecycling





Bild 7:

Fraktionen der aufbereiteten Ölfilter; im Bild von links nach rechts: Metall-, Altöl- und EBS-Fraktion

Die Fraktionen der aufbereiteten Ölfilter sind im Bild 7 dargestellt. Die qualitativ hochwertige Metallfraktion hat kaum noch Altöl- und andere Anhaftungen. Sie kann deshalb sehr gut vermarktet werden.

### 3.2. Kühlgeräterecycling mit einstufiger Zerkleinerung

Anlagen zum Recycling von Kühlgeräten besitzen aufgrund des ständigen Anfalls von Altgeräten und der für die Verwertung erlassenen gesetzlichen Bestimmungen große Bedeutung. Zwei Prämissen sind entscheidend für das Kühlgeräterecycling. Einerseits geht es vor allem darum, durch Rückgewinnung der Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) aus dem Kältemittelkreislauf sowie PUR-Schaum der Kühlgeräteisolierung Umweltschäden zu vermeiden. Außerdem sollen die in den Kühlgeräten enthaltenen Metall- und Kunststoff-Fraktionen als Wertstoffe wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden.

Bild 8 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer innovativen Aufbereitungsanlage mit einer nur einstufigen Zerkleinerung der Kühlgeräte mit dem Querstromzerspaner.

Das abgedichtete und mit Stickstoff inertisierte System Querstromzerspaner einschließlich der Kühlgerätezuführung verarbeitet die Kühlgeräte chargenweise und garantiert durch das Wirkprinzip sowie die Möglichkeit der Variation der Betriebsparameter die Herstellung sehr gut aufgeschlossener Metall- und Kunststoff-Fraktionen sowie einer für die Weiterverarbeitung geeigneten PUR-Mehl-Fraktion.

Durch Siebklassierung wird das PUR-Mehl als Feinfraktion vom übrigen Stoffstrom abgetrennt. Mit einer anschließenden Matrixentgasung durch Wärmebehandlung gewinnt man aus dem PUR-Mehl FCKW und Pentan zurück. Der Rest-FCKW-Gehalt in dieser Fraktion kann dadurch auf  $< 0,1$  Prozent reduziert werden. Damit wird dieses Verfahren höchsten Umweltauforderungen gerecht. Der besondere Vorteil einer derartigen Technologie besteht auch darin, dass moderne Kühlgeräte, deren Isolierstoffe mit Pentan geschäumt sind, gleichzeitig mit FCKW-Geräten verarbeitet werden können.

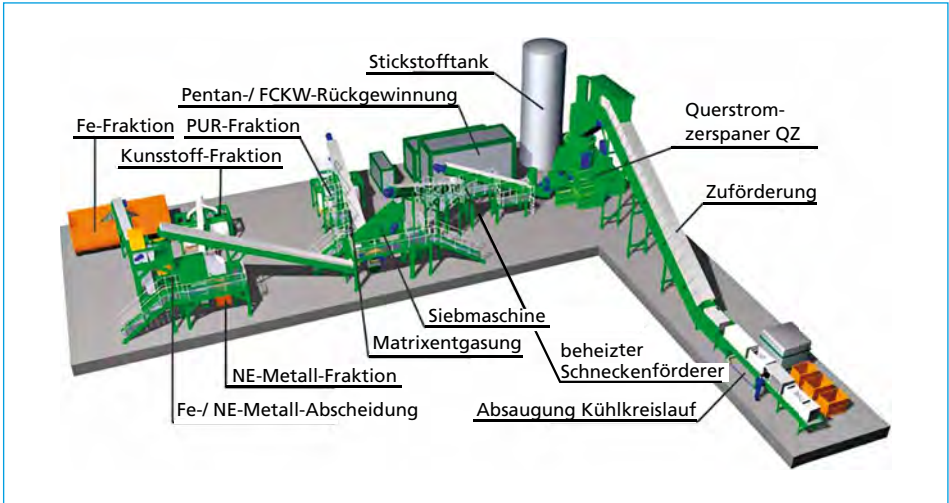


Bild 8: Aufbereitungsanlage für Kühlgeräte mit Querstromzerspaner

Das Grobgut der Siebklassierung wird im abschließenden Anlagenteil in die qualitativ hochwertigen Fraktionen Kunststoffe, Fe- und NE-Metalle getrennt.

Im Bild 9 sind die festen Output-Fraktionen der Kühlgeräteaufbereitung mit dem Querstromzerspaner dargestellt.



Bild 9:

Output-Fraktionen der Kühlgeräteaufbereitung mit dem Querstromzerspaner QZ; im Bild oben von links nach rechts: Kunststoff-, NE-Metall- und Fe-Fraktion, unten: PUR-Mehl-Fraktion

Die Vorteile des Kühlgeräterecyclings mittels einstufiger Zerkleinerung im Querstromzerspaner im Vergleich zu Technologien, die mehrstufige Shredder-Systeme anwenden, sind:

- Optimale Aufschlusszerkleinerung der Kühlgeräte infolge der Nutzung des Wirkprinzips. Die Einzelfraktionen sind gut separierbar.
- Eine Nachzerkleinerung ist nicht erforderlich.

- Massive Störstoffe bereiten kaum Probleme, damit hohe Anlagenverfügbarkeit.
- Sehr gute Gasdichtheit des Aggregats und problemlose Anbindung an gasdichte Peripherie möglich. Dadurch geringer spezifischer Stickstoffverbrauch und kaum FCKW-Abgabe in die Umwelt.
- Werkzeugwechsel kann innerhalb kurzer Zeit erfolgen. Somit kurze Stillstandszeiten.
- Geringer Verschleiß und niedrigere Verschleißkosten.

Der Durchsatz derartiger Anlagen zum Kühlgeräterecycling beträgt je nach Baugröße der Anlagenkomponenten 60 bis 120 Kühlgeräte pro Stunde.

### 3.3. Aufbereitung voluminöser Späne aus der mechanischen Fertigung

Als Novität bei der Aufbereitung voluminöser Späne, die meist aus Spezialbereichen der mechanischen Bearbeitung, wie der Radsatzfertigung für die Eisenbahn, kommen, ist der Einsatz des Querstromzerspaners zur Zerkleinerung dieses schwierig zu verarbeitenden Aufgabegutes einzuordnen.

Im Bild 10 sind derartig voluminöse Späne dargestellt. Die Späne bereiten in diesem Zustand sowohl Schwierigkeiten bei Transportprozessen und eignen sich nicht für den Einsatz in der Metallurgie. Sie müssen zerkleinert und entsprechend aufbereitet werden.



Bild 10:

Voluminöse Späne aus der mechanischen Fertigung als Input-Fraktion für den Querstromzerspaner

Eine schneidende Zerkleinerung derartiger Späne wäre mit hohem Verschleiß verbunden und somit unwirtschaftlich. Außerdem muss auch bei der Aufbereitung von Spänen immer wieder mit massiven metallischen Störstoffen gerechnet werden. Beide Probleme sind in diesem Fall durch Anwendung des Querstromzerspaners sehr gut beherrschbar.

Eine realisierte Anlage zur Aufbereitung voluminöser Späne mit dem Querstromzerspaner zeigt Bild 11.



Bild 11:

Anlage zur Aufbereitung von Spänen mit dem Querstromzerspaner

Für derartige Anlagen kommen primär Querstromzerspaner der Baugröße QZ 2000 und bei geringeren Durchsätzen auch der QZ 1600 zum Einsatz. Optimal für das gewünschte Zerkleinerungsergebnis und hohe Durchsätze ist die Verarbeitung der Späne im Durchlaufbetrieb bei teilweise geöffnetem Auslasschieber des Querstromzerspaners. Mit dem QZ 2000 werden dabei Durchsätze von 10 bis 15 t/h und mit dem QZ 1600 noch 5 bis 10 t/h erreicht.

Die aufbereiteten Späne nach der Zerkleinerung sind im Bild 12 dargestellt. Um die Stückgröße der zerkleinerten Späne weiter zu verringern, kann bei speziellen Anwendungen auch der Chargenbetrieb genutzt werden.

In der nachfolgenden Prozessstufe erfolgt die Klassierung der zerkleinerten Späne bei Trennkorngrößen im Bereich von vorzugsweise 30 bis 40 mm. Das Grobkorn wird zum Querstromzerspaner wieder zurückgeführt und weiter zerkleinert. Aus der Feinfraktion der zerkleinerten Späne werden qualitativ hochwertige Spänebriketts hergestellt, die in der Metallurgie sehr gefragt sind.



Bild 12:

Aufbereitete Späne nach der Verarbeitung im Querstromzerspaner

## 4. Zusammenfassung

Ausgehend von Problemstellungen der Metallaufbereitung beim Recycling und der Tatsache, dass die Herstellung von Metallen aus sekundären Quellen über das Recycling meist wesentlich umweltfreundlicher und kostengünstiger ist, werden im Beitrag ausgewählte Beispiele des Metallrecyclings präsentiert. Dabei wird die Schlüsselstellung einer leistungsfähigen Zerkleinerungstechnik für die innovative Metallaufbereitung besonders deutlich.

In diesem Zusammenhang haben die vorgestellten Zerkleinerungsmaschinen Universal-Zerkleinerer bei der Vorzerkleinerung, Universal-Granulator zur stückgrößen- und stückformoptimierten Nachzerkleinerung sowie Querstromzerspaner als sehr vielseitiges Aggregat für die Aufschlusszerkleinerung eine breite Anwendung gefunden. Der Trend zur Realisierung wirtschaftlich betreibbarer Spezialanlagen für das Metallrecycling ist unter Berücksichtigung der komplexen Eigenschaften des zur Verfügung stehenden Aufgabegutes unverkennbar.

## 5. Literatur

- [1] Reck, B. K.: Funktionelles und nicht-funktionelles Recycling am Beispiel Edelstahl. In: Thome-Kozmiensky, K. J.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Bd. 7. Neuruppin: TK Verlag Karl Thome-Kozmiensky, 2014, S. 309-319
- [2] Schäfer, S.: Zerkleinerungstechnik – Voraussetzung für die Ersatzbrennstoffherstellung. In: Thome-Kozmiensky, K. J. (Hrsg.): Reformbedarf in der Abfallwirtschaft. Neuruppin: TK Verlag Karl Thome-Kozmiensky, 2001. S. 403-410
- [3] Schäfer, S.; Schäfer, A.: Neue Möglichkeiten für die Aufschlusszerkleinerung beim Recycling durch den Universal-Querstromzerspaner. In: Thome-Kozmiensky, K. J.; Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Bd. 3. Neuruppin: TK Verlag Karl Thome-Kozmiensky, 2010, S. 287-299
- [4] Schubert, G.: Stand der Technik bei der Elektronikschrott-Aufbereitung. Freiberg: SIDAF, 3. Fachtagung Elektro- und Elektronikschrottaufbereitung, 2002.
- [5] Thomé-Kozmiensky, K.J.: Verfahrenstechniken für das Recycling. In: Thome-Kozmiensky, K. J., Goldmann, D. (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe, Bd. 7. Neuruppin: TK Verlag Karl Thome-Kozmiensky, 2014. S. 51-65

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann (Hrsg.):  
**Recycling und Rohstoffe – Band 8**

ISBN 978-3-944310-20-6 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky  
Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2015  
Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,  
Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky  
Erfassung und Layout: Ginette Teske, Sandra Peters, Carolin Bienert, Janin Burbott,  
Max Müller, Cordula Müller  
Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.