

# Einsatz einer Kompaktsortieranlage zur Rückgewinnung von Metallen aus Shredderrückständen

## Teilbeitrag: Ressourcenschonungspotenziale durch Verwertung der Schredderleichtfraktion

Dipl.-Ing. Regina Kohlmeyer, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau,  
Fachgebiet III 1.2 Produktverantwortung, Vollzug ElektroG und BattG

### 1. Einleitung

In den über 40 Millionen Personenkraftwagen, die auf deutschen Straßen fahren, stecken viele Wertstoffe - Stahl, Kupfer, Leichtmetalle, Blei, Edelmetalle, Glas, Reifen und Kunststoffe. Jährlich fällt knapp eine halbe Million davon als Altfahrzeuge an, im Jahr der "Abwrackprämie" sogar die vierfache Menge. Ein großer Anteil der Altfahrzeuge wird stofflich verwertet. Insbesondere die Verwertung der im Fahrzeug enthaltenen Metalle ist seit langem etabliert. Betrachtet man die Metallgehalte der Schredderleichtfraktion, wird klar, dass es weitere noch ungenutzte Potenziale für die Verwertung von Metallen aus Altfahrzeugen gibt.

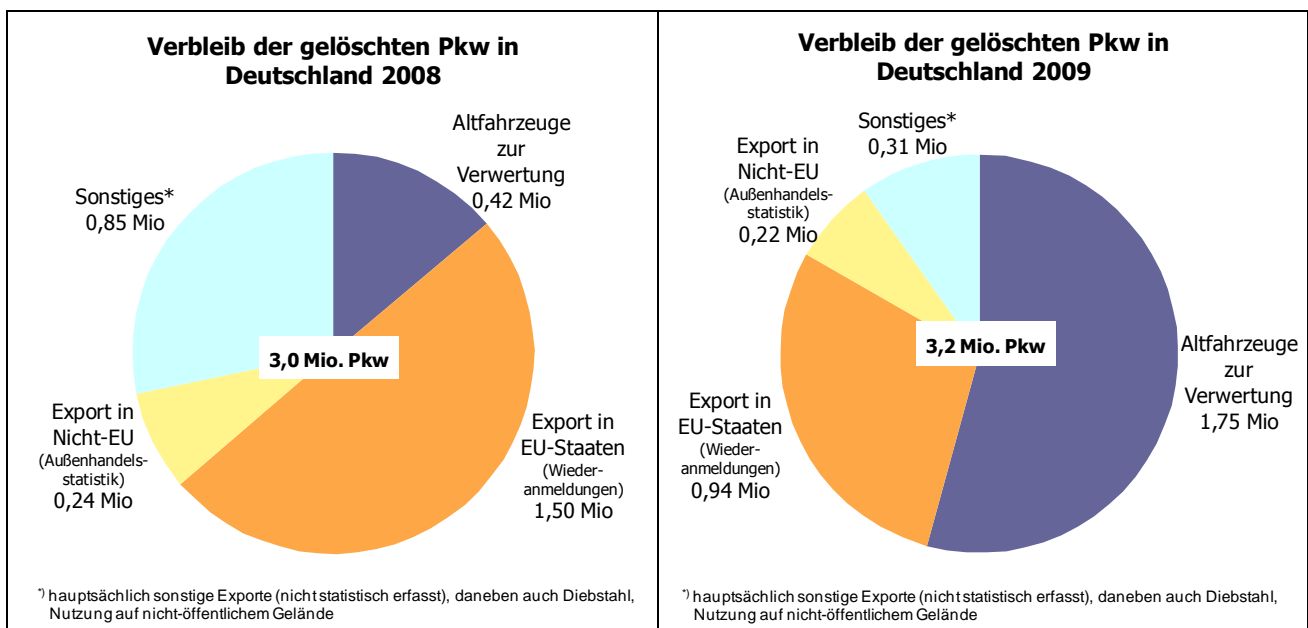
Eines der Ziele der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie ist es, die Rohstoffproduktivität bis 2020 gegenüber 1994 zu verdoppeln [Bundesregierung 2002]. Die verstärkte Verwertung von Metallen aus Abfällen wie der Schredderleichtfraktion trägt entsprechend durch die Schließung der Stoffkreisläufe und die Substitution von Primärrohstoffen zu Rohstoffproduktivität und Ressourcenschonung bei.

### 2. Mengenströme Altfahrzeuge

Altfahrzeuge sind ein relevanter Abfallstrom und eine große Quelle für Sekundärrohstoffe: EU-weit fielen im Jahr 2008 6,4 Millionen Altfahrzeuge an [Eurostat].

In Deutschland stellt sich die Situation folgendermaßen dar: Jährlich werden rund 3 Millionen Pkws endgültig stillgelegt [KBA 2010b]. Davon wurden in den letzten Jahren bei rückläufigem Trend knapp eine halbe Million Stück als Altfahrzeuge verwertet; im Jahr 2008 waren es 420.000 Stück [Destatis 2008b], siehe Abbildung 1. Die übrigen Fahrzeuge wurden größtenteils exportiert: Die Hälfte der endgültigen Stilllegungen (1,5 Millionen) wurde 2008 als Gebrauchtwagen in andere EU-Staaten, allen voran Polen (700.000), gefolgt von Tschechien (170.000), exportiert [KBA 2009]. Mit insgesamt einer Viertelmillion Pkw war der Export Gebrauchtwagen in Nicht-EU-Staaten von geringerer Bedeutung [Destatis 2008a]. Der Verbleib von 850.000 Fahrzeugen war statistisch nicht erklärbar.

Im Jahr 2009 beherrschte bekanntermaßen die “Abwrackprämie” die Altfahrzeugverwertung. In der Gegenüberstellung in Abbildung 1 werden die Änderungen zum Jahr 2008 sichtbar: Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes betrug die Anzahl der Altfahrzeuge etwa 1,75 Millionen [Destatis 2009b]. Gleichzeitig ging die Menge der exportierten Gebrauchtwagen zurück: Das Kraftfahrtbundesamt [KBA 2010] verzeichnete Wiedereinzulassungen von Gebrauchtfahrzeugen in anderen EU-Staaten in einem Umfang von noch knapp einer Million (davon 430.000 in Polen). Laut Außenhandelsstatistik [Destatis 2009a] zeigte sich der Gebrauchtwagen-Export in Drittländer mit 220.000 Stück kaum von der “Abwrackprämie” beeinflusst. Außereuropäische Hauptzielregionen sind mit einem Anteil von jeweils einem Drittel die Staaten der ehemaligen Sowjetunion und Westafrika.



**Abbildung 1 Verbleib der endgültig stillgelegten Pkw in Deutschland 2008 und 2009 (vorläufige Daten)**  
 [KBA 2009], [KBA 2010a], [KBA 2010b], [Destatis 2008a], [Destatis 2008b], [Destatis 2009a], [Destatis 2009b]

### 3. Metallgehalte von Fahrzeugen

In den Jahren 2006 /2007 /2008 gelangten schwerpunktmäßig Altfahrzeuge aus der Mitte der 1990er Jahre in die Altfahrzeugverwertung. Für die Fahrzeuge (Klassen M1 und N1), die 1995 erstmals in Deutschland zugelassen wurden, ermittelten die Fahrzeughersteller einen durchschnittlichen Metallgehalt von 75,9 %, aufgeteilt in 68,5 % Eisen-/Stahlwerkstoffe und 6,4 % Nichteisen-Werkstoffe [BMU/ UBA 2010].

Seit Mitte der 1990er Jahre hat sich der durchschnittliche Gesamt-Metallgehalt der Pkws kaum geändert. Allerdings ist ein Trend zur Abnahme des Stahlanteils zugunsten des Nichteisenmetallgehalts zu beobachten – unter anderem verursacht durch Entwicklungen im Leichtbau.

Der Zinkgehalt stieg in den letzten zwei Jahrzehnten durch zunehmendes Verzinken der Karossen [Goldmann, Gierth 2008]. Durchschnittlich 25 kg Kupfer sind in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor verbaut, davon unter anderem 12,3 kg im Verbrennungsmotor und Antriebsstrang mit Lichtmaschine und Anlasser und 4,6 kg im Aufbau (Karosserie) [IZT zitiert nach Fraunhofer 2010]. 1,8 kg Kupfer finden sich mittlerweile in der Elektronik, 4,5 kg im Kabelbaum. In Elektrofahrzeugen sind zukünftig sogar bis zu 70 kg Kupfer zu erwarten [Fraunhofer 2010].

Durch den zunehmenden Einsatz von Fahrzeugelektronik enthalten Fahrzeuge immer mehr feine und feinste Kupferlitzen [Goldmann, Gierth 2008] und auch, in geringen, aber relevanten Mengen, Edelmetalle wie Silber, Gold und Palladium. Auch die in letzter Zeit viel diskutierten Seltenen Erden können in Kraftfahrzeugen angetroffen werden, beispielsweise im Katalysator, der Windschutzscheibe, der Fahrzeugelektronik, in Hybrid-/Elektrofahrzeugen auch in den Traktionsbatterien und im Elektromotor [SZ 2010]. Displays, die zunehmend auch in Kraftfahrzeugen eingebaut werden, enthalten unter anderem Indium. Mehrere Gramm Palladium bzw. Platin sind in den Abgaskatalysatoren enthalten.

#### 4. Altfahrzeugverwertung

Bei der zweistufigen Altfahrzeugbehandlung in Demontagebetrieben und Schredderanlagen werden verschiedene Bauteile und Materialien separiert und zum großen Teil der Verwertung zugeführt, sodass in Deutschland seit einigen Jahren die Quoten der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG in Höhe von 80% für Wiederverwendung/ Recycling und 85% für Wiederverwendung/ Verwertung erreicht bzw. übertroffen werden, siehe Abbildung 2.

Im Jahr 2008 wurden in Deutschland folgende Altfahrzeug-Verwertungsquoten erreicht:

- 89,2 % für die Wiederverwendung und das Recycling und
- 92,9 % für die Wiederverwendung und die Verwertung.

Erwartungsgemäß tragen die Metalle mit 73,6 % (siehe Abbildung 2) den Löwenanteil zu den Altfahrzeug-Verwertungsquoten bei. Etwa 10 Prozentpunkte werden in Demontagebetrieben als Metallbauteile (beispielsweise Katalysator, Bleibatterie) für die Wiederverwendung bzw. das Recycling gewonnen, der übrige Anteil wird in Schredderanlagen für die Verwertung separiert. In Schredderanlagen werden Altfahrzeuge gemeinsam mit weiteren Schrotten aufbereitet. Der Anteil der Restkarossen am Input der Schredderanlagen sind verringerte sich in Deutschland in den letzten Jahren auf weniger als 10 % (2008, Ausnahme 2009 – “Abwrackprämie”).

Die Gewinnung von Stahlschrott und NE-Metallen aus den Inputmaterialien stellt das Hauptziel der Schredderanlagen dar, ist seit langem integraler Bestandteil der Metallwirtschaft und verläuft prinzipiell sehr effizient. Eisen/ Stahl werden über Magnetscheidung gewonnen, aus der Schredderschwerfraktion, die ungefähr 3-8 % des

Schredderinputs ausmacht [Goldmann, Gierth 2008], werden in der Regel mittels Schwimm-Sink-Technik NE-Metalle gewonnen.

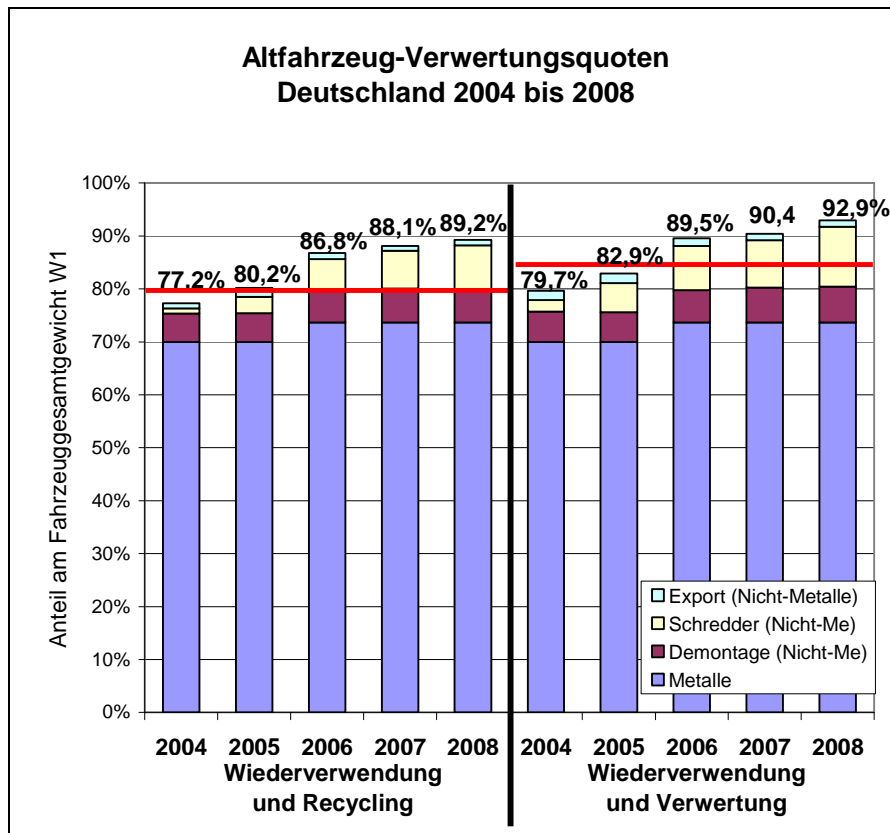


Abbildung 2 Beiträge der Demontagebetriebe, der Schredderanlagen und der Verwertung im Ausland zu den Altfahrzeug-Verwertungsquoten 2004 bis 2008 [BMU/UBA 2010]

Doch trotz der hohen bereits erreichten Verwertungsquoten und der etablierten Stahl- und NE-Metallaufbereitung gibt es auch heute noch weitere Potenziale zur Steigerung der Kreislaufführung – auch im Metallbereich. Der Gesetzgeber war in der Begründung der Altfahrzeugverordnung von 2002 davon ausgegangen, dass 97% der in einem Fahrzeug enthaltenen Metalle wiederverwendet bzw. recycelt werden [Bundesregierung 2002, S. 27]. Danach ist mit "Metallverlusten" von etwa 3 % der Metalle zu rechnen. Diese Verluste resultieren überwiegend daraus, dass der noch enthaltene Restmetallgehalt der Schredderleichtfraktion nicht vollständig verwertet wird.

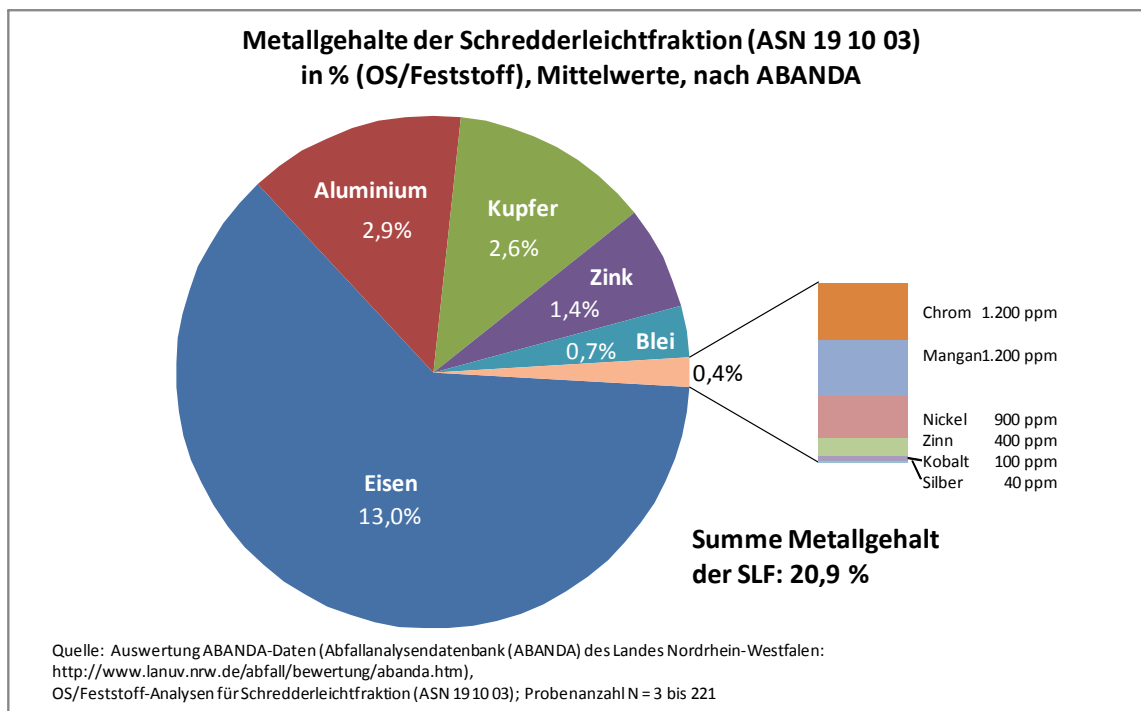
### 5. Metallgehalte der Schredderleichtfraktion

Die in den Schredderanlagen anfallende Menge an Schredderleichtfraktion beträgt seit mehreren Jahren zwischen 450.000 t/a und 500.000 t/a, siehe Abbildung 4.

Der Arbeitskreis Kfz-Recycling der 4. niedersächsischen Regierungskommission schätzte unter Berufung auf verschiedene Studien den Metallanteil, der in der Schredderleicht-

und in der Schredderschwerfraktion nach der NE-Metallseparation verbleibt und mit dieser beseitigt wird, auf 10 % bis 15 % [AK Kfz-Recycling 2002]. Mittlerweile enthält die Schredderleichtfraktion (ohne weitere Aufbereitung) sogar etwa 15 bis 20 % Metalle, da mit steigenden Anforderungen an das Schredderschrott-Produkt und geringeren tolerierbaren Fremdstoffgehalten, der durchschnittliche Metallaustrag in die Schredderleichtfraktion in der Regel höher ausfällt.

[Goldmann 2009] nennt Werte von 13 % Eisen, Stahl und Rost und 4 % NE-Metalle (Aluminium, Kupfer, Blei und Zink). Eine Auswertung der analysierten Metallgehalte der Schredderleichtfraktion (Abfallschlüsselnummer 19 10 03) aus der Abfallanalytendatenbank des Landes Nordrhein-Westfalen ABANDA ergab durchschnittliche Metallgehalte, die sich auf 21 % summieren, siehe Abbildung 3 und Tabelle 1. (Für die mengenmäßig relevantere Schredderleichtfraktion 19 10 04 ergab ABANDA aufgrund der weit geringeren Anzahl an dokumentierten Metallanalysen (maximal N=7) kein aussagekräftiges Bild.)



**Abbildung 3 Metallgehalte der Schredderleichtfraktion (ASN 19 10 03). Mittelwerte, in % Originalsubstanz (OS)/Feststoff. Auswertung von ABANDA-Daten [ABANDA]**

Dabei belegen die hohen Schwankungsbreiten – bei Kupfer beispielsweise von 0 bis 40 % - die Heterogenität der Schredderleichtfraktion. Genaue Interpretationen sind schwierig, da die ABANDA-Daten keine Aussagen über die jeweilige Herkunft der Schredderleichtfraktion, über eine mögliche vorherige Aufbereitung bzw. einen eventuellen zeitlichen Trend der Metallgehalte der Schredderleichtfraktion liefern. Nichtsdestoweniger werden die Größenordnungen der enthaltenen Metalle klar: Neben

einem Eisengehalt von durchschnittlich 13 % sind u.a. 2,9 % Aluminium und 2,6 % Kupfer in der Schredderleichtfraktion enthalten.

**Tabelle 1 ABANDA: Statistik über die Analysen einer Abfallart: Schredderleichtfraktion (ASN 19 10 03), Analytikwerte verschiedener Metalle je auf 2 gültige Stellen gerundet [ABANDA]**

Metall	Analysen-anzahl	Minimum	Mittelwert	Maximum	Standard-abweichung
Eisen	92	0,00%	<b>13,0%</b>	40%	9,9%
Aluminium	59	0,55%	<b>2,9%</b>	11%	2,5%
Kupfer	221	0,00%	<b>2,6%</b>	41%	5,6%
Zink	219	0,00%	<b>1,4%</b>	10%	1,2%
Blei	149	0,04%	<b>0,68%</b>	6,5%	0,8%

## 6. Entsorgung der Schredderleichtfraktion

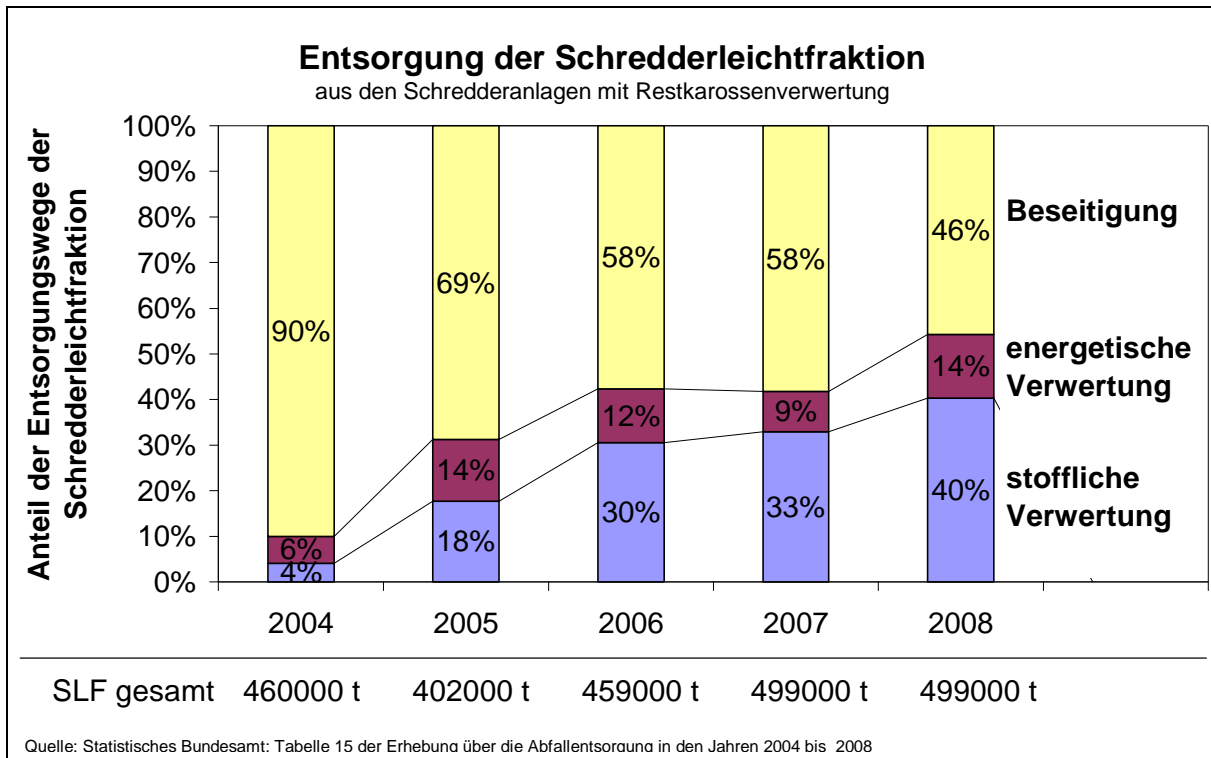
Ausgehend von den im vorigen Abschnitt aufgeführten mittleren Metallgehalten enthalten die ca. 500.000 t/a in Deutschland anfallende Schredderleichtfraktion ein Metallpotenzial von ca. 65.000 t/a Eisen/Stahl und 20.000 bis 40.000 t/a NE-Metalle. Inwieweit wird dieses bereits für ein Recycling gewonnen?

Nachdem im Jahr 2004 noch 90% der Schredderleichtfraktion beseitigt wurden, stieg der verwertete Anteil im Laufe der Jahre an und erreichte im Jahr 2008 40 % für Recycling und 14 % für die energetische Verwertung (siehe Abbildung 4).

Doch immer noch wurde fast die Hälfte der gesamten Schredderleichtfraktion beseitigt und auch die bekannten Wege der stofflichen Verwertung wie Bergversatz und Deponiebau ermöglichen kein Recycling der enthaltenen Restmetalle. Das "Deponieverbot" der neuen Deponieverordnung [DepV 2009] führte seit Mitte 2009 zu einer Umlenkung der Schredderleichtfraktion in andere Entsorgungswege, etwa die Abfallverbrennung.

Dennoch bleibt ein Teil der Metalle der Schredderleichtfraktion nicht ungenutzt. Insbesondere seit dem In-Kraft-Treten des ersten „Deponieverbots“ für unbehandelte bzw. heizwertreiche Abfälle im Juni 2005 und der Verwertungsquoten für Altfahrzeuge im Jahr 2006 gibt es diverse Post-Schredder-Aktivitäten, die auch in Richtung Metallverwertung wirken. Grundsätzlich sind zwei Ansätze zu beobachten, die betriebsexterne und die dezentrale Aufbereitung der Schredderückstände.

Die Schredderrückstandsaufbereitungsanlage der Scholz AG in Espenhain realisiert beispielsweise betriebsextern eine hohe Metallgewinnung durch die relativ komplexe Aufbereitung von Schredderleicht- und -schwerfraktion. Eine ebenfalls hohe Rückgewinnung der Restmetalle aus Schredderrückständen ermöglicht die VW-Sicon-Technik, die bisher allerdings in Deutschland noch nicht großtechnisch umgesetzt wurde.



**Abbildung 4** Letztendliche Entsorgungswege der Schredderleichtfraktion aus Schredderanlagen in Deutschland mit Restkarosserverwertung, 2004 bis 2008 [BMU/UBA 2010]

Daneben sind betriebsinterne (dezentrale) Aktivitäten diverser Schredderanlagen getreten. Aus der Schredderleichtfraktion werden mittels Magnetscheider und Wirbelstromscheider Eisen- und Nichteisenmetalle separiert, bevor sie endgültig entsorgt wird. Die Wirbelstromscheidung ermöglicht eine Gewinnung von etwa 2 % NE-Metallen, bezogen auf den Anlageninput.

### 7. Weitergehende Metallrückgewinnung aus der Schredderleichtfraktion und Ausblick

Lassen sich mittels Wirbelstromscheidung in dezentralen Anlagen, wie erwähnt, etwa 2 % NE-Metalle aus dem Anlageninput separieren, ist offensichtlich, dass bei NE-Metallgehalten von ca. 8 % in der Schredderleichtfraktion (siehe Abschnitt 5) hier noch weitere Potenziale schlummern.

**Mit Hilfe der Kompaktsortieranlage, die mit Mitteln des BMU im Umweltinnovationsprogramm gefördert wurde, können nun am Schredderstandort LSH Lübecker Schrotthandel GmbH in Lübeck weitere Metalle in einer dezentralen**

**Anlage für die Verwertung zurückgewonnen werden.** Die Realisierung dieses Vorhabens und seine Ergebnisse werden im Manuskriptteil von Herrn Tabel vorgestellt.

Einen anderen Ansatz zur Erschließung weiterer NE-Metalle aus Schredderrückständen wählte die TU Clausthal um Prof. Goldmann: Während die Kompaktsortieranlage mittels Sensortechnik Metalle aus den Fraktionen größer 20 bzw. 10 mm heraussortiert, befasst sich das BMBF-geförderte Vorhaben "Shredder-Sand" mit der Möglichkeiten, Kupfer, Blei und Zink aus den sogenannten Schreddersanden zu gewinnen, einer Feinfraktion aus der Schredderrückstandsaufbereitung mit Korngrößen < 1 mm. Diese Fraktion weist Buntmetallgehalte von 3,5 bis 5% auf, ist aber nicht mehr mit den trockenmechanischen Techniken wie Wirbelstromscheidung oder Sensortechnik sortierbar.

### Ausblick

Eine flächendeckende Rückgewinnung von Metallen, insbesondere NE-Metallen, wie sie sich dezentral zum Beispiel mittels der vorgestellten Kompaktsortieranlage oder zentral in speziellen Postschredderanlagen realisieren lässt, trägt zur Verringerung der bisherigen Metallverluste aus den Schredderrückständen bei. Dies ermöglicht im Altfahrzeugbereich eine Annäherung des verwerteten Metallgehalts von derzeit 73,6 % in Richtung des tatsächlichen durchschnittlichen Metallgehalts der Altfahrzeuge von 75,9 %. Damit werden höhere Altfahrzeug-Verwertungsquoten erreichbar.

Darüber hinaus wirkt sich die Verringerung der Metallverluste positiv auf Umwelt- und Klimaschutz aus, da die Sekundärproduktion von Metallen mit erheblich geringeren Umweltbelastungen verbunden ist als die Primärproduktion. Beispielsweise kommt das [UBA Wien 2010] für Österreichs Recyclingwirtschaft zu dem Schluss, dass bei der Produktion von einer Tonne Kupfer aus Sekundärmaterial etwa 85 % oder 4,75 t weniger Treibhausgase emittiert werden als bei einer reinen Kupfererzeugung aus Primärrohstoffen.

Und noch ein Blick auf die Edelmetalle: [Chancerel, Rotter 2009] ermittelten in einer modernen Aufbereitungsanlage für Elektroaltgeräte, dass die untersuchten Elektroaltgeräte (Sammelgruppe 3: Informations- und Kommunikationstechnik, Unterhaltungselektronik) durchschnittlich 43,5 kg/t Kupfer, 313 g/t Silber und 22 g/t Gold enthielten, von denen jedoch lediglich 60 % des Kupfers, nur 25 % des Goldes und gar nur 12 % des Silbers in Outputfraktionen gelangten, aus denen diese Metalle zurückgewonnen werden können. So gelangen beispielsweise 70 % des Goldes durch die Zerkleinerung im E-Schrott-Schredder und feine Verteilung in die Kunststoff- und in die Eisenmetallfraktion. Bei der anschließenden Stahlproduktion wird das Gold mit eingeschmolzen und im Produkt verdünnt. Eine Goldgewinnung ist nicht mehr möglich.

Der Input von Stahlschrottschredderanlagen reicht zwar bezüglich der Edelmetallgehalte nicht an die Sammelgruppe 3 der Elektroaltgeräte heran. Doch auch Altfahrzeuge enthalten sehr dünne Kupferkabel und auch Edelmetalle in merklichen Konzentrationen. In der Schredderleichtfraktion sind sie bereits zu finden, beispielsweise etwa 40 ppm Silber, siehe Abbildung 3. Während ihre Anteile aufgrund der steigenden



Elektronikmengen in Kraftfahrzeugen und Elektro(nik)geräten zukünftig steigen, wird ihre Rückgewinnung bisher noch nicht gezielt verfolgt, sie gehen derzeit „dissipativ“ verloren.

Aufgrund der hohen Umweltbelastungen der Primärproduktion von Kupfer, Silber, Gold, Palladium und weiteren dieser „Spurenmetalle“ und – nicht zuletzt – aufgrund ihrer zunehmenden Bedeutung für Umwelttechnologien, besteht aus Umweltsicht ein hohes Interesse an einer Steigerung der Recyclingrate. Vor dem Hintergrund des Wandels hin zu einer ressourcenschonenden und kohlenstoffarmen Wirtschaft [EU-Kommission 2011a] und dem damit einhergehenden veränderten Rohstoffbedarf sowie der Diskussion um Rohstoffversorgungssicherheit [EU-Kommission 2011b], besteht auch aus wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Sicht ein langfristiges Interesse an einer verbesserten Rückgewinnung.

Hier sind neue Ansätze und Vorstöße gefragt, welche beispielsweise eine gezielte Separierung aus den Schredderrückständen, aber auch eine Optimierung der Demontagetiefe kupfer- und edelmetallhaltiger Bauteile vor dem Schreddern umfassen können.

## 8. Literatur

- [ABANDA] Abfallanalysendatenbank (ABANDA) des Landes Nordrhein-Westfalen, Schredderleichtfraktion 191003, Gesamtprobenumfang N=1229:  
<http://www.lanuv.nrw.de/abfall/bewertung/abanda.htm>, Zugriff 2.3.2011.
- [AltfahrzeugG-Entwurf 2002] Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes über die Entsorgung von Altfahrzeugen (Altfahrzeug-Gesetz – AltfahrzeugG). Mit Begründung. Bundestags-Drucksache 14/8343 vom 25.02.2002.  
<http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/14/083/1408343.pdf>, Zugriff 6.3.2011
- [AK Kfz-Recycling 2002] Kommission der niedersächsischen Landesregierung „Umweltmanagement und Kreislaufwirtschaft“ (4. Regierungskommission): Abschlussbericht des Arbeitskreises 16 „Kfz-Recycling“, Hannover, 2002.  
<http://www.umwelt.niedersachsen.de/download/5967>, Zugriff 6.3.2011
- [BMU/UBA 2010] BMU/UBA: Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2008 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG,  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/germany\\_elv\\_quota\\_qualityreport.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/germany_elv_quota_qualityreport.pdf), Zugriff 1.2.2011
- [Bundesregierung 2002] Nationale Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung "Perspektiven für Deutschland", 2002.  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nachhaltigkeit\\_strategie.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nachhaltigkeit_strategie.pdf), Zugriff 4.3.2011
- [Chancerel, Rotter 2009] Perrine Chancerel, Vera Susanne Rotter: Edelmetallrückgewinnung aus Elektro- und Elektronikgeräten durch Aufbereitung. In: Müll und Abfall, Heft 2/2009, S. 78-82

Referent: Regina Kohlmeyer, Umweltbundesamt | Vortrag: Kompaktsortieranlage zur Rückgewinnung von Metallen aus Shredderrückständen

- [DepV 2009] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 27.04.2009, BGBl. I S. 900, zuletzt geändert am 26.11.2010, BGBl. I S. 1643. [http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/depv\\_2009/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/depv_2009/gesamt.pdf), Zugriff 6.3.2011
- [Destatis 2008a] Statistisches Bundesamt: Außenhandelsstatistik 2008, 8-Steller, Gebrauchtwagen, Länderverzeichnis
- [Destatis 2008b] Statistisches Bundesamt: Tabelle 14 der Erhebung über die Abfallentsorgung im Jahr 2008, Wiesbaden 2010
- [Destatis 2009a] Statistisches Bundesamt: Außenhandelsstatistik 2009, 8-Steller, Gebrauchtwagen, Länderverzeichnis
- [Destatis 2009b] Statistisches Bundesamt: Vorläufige Abfallstatistik 2009, Wiesbaden 2011
- [EU-Kommission 2011a] Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Ressourcenschonendes Europa – eine Leitinitiative innerhalb der Strategie Europa 2020. KOM(2011) 21 endgültig. Brüssel, 26.1.2011. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0021:FIN:DE:PDF>, Zugriff 8.3.2011
- [EU-Kommission 2011b] Europäische Kommission: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Grundstoffmärkte und Rohstoffe: Herausforderungen und Lösungsansätze. KOM(2011) 25 endgültig. Brüssel, 2.2.2011. [http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/communication\\_de.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/raw-materials/files/docs/communication_de.pdf), Zugriff 8.3.2011
- [Eurostat] EUROSTAT: Altfahrzeuge, Wiederverwendungs- und Verwertungsquote. Daten 2006-2008, Stand 21.1.2011, erreichbar über <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/waste/data/wastestreams/elvs>
- [Fraunhofer 2010] Gerhard Angerer, Alexandra Mohring, Frank Marscheider-Weidemann, Wietschel: Kupfer für Zukunftstechnologien. Studie des Fraunhofer ISI. Karlsruhe, Juli 2010, [http://isi.fraunhofer.de/isi-de/e/download/publikationen/Bericht\\_FSEM\\_Cu.pdf](http://isi.fraunhofer.de/isi-de/e/download/publikationen/Bericht_FSEM_Cu.pdf)
- [Goldmann, Gierth 2008] Daniel Goldmann und Eike Gierth: Rückgewinnung von Metallen aus feinkörnigen mineralischen Abfällen. In: K. J. Thomé-Kozmiensky (Hrsg.): Recycling und Rohstoffe Band 1, 2008, S. 239-253
- [Goldmann 2009] Daniel Goldmann: Energie- und CO2-Einsparungspotenziale durch intelligente Nutzung speziell aufbereiteter Abfallströme. Präsentation, [http://www.fakultaeten.tu-clausthal.de/fileadmin/fakultaet2/Aktuelles/Vortrag\\_Goldmann\\_2009.pdf](http://www.fakultaeten.tu-clausthal.de/fileadmin/fakultaet2/Aktuelles/Vortrag_Goldmann_2009.pdf) (Zugriff 6.3.2011)
- [KBA 2009] Kraftfahrtbundesamt: Wiederanmeldungen von Gebrauchtwagen im Ausland. Persönliche Auskunft vom 23.4.2009
- [KBA 2010a] Kraftfahrtbundesamt: Wiederanmeldungen von Gebrauchtwagen im Ausland. Persönliche Auskunft vom 26.03.2010
- [KBA 2010b] Kraftfahrtbundesamt KBA: Fahrzeugklassen und Aufbauarten – Löschungen bzw. Außerbetriebsetzungen in den Jahren 1950 bis 2010 nach Fahrzeugklassen ([http://www.kba.de/cln\\_005/nn\\_191240/DE/Statistik/Fahrzeuge/](http://www.kba.de/cln_005/nn_191240/DE/Statistik/Fahrzeuge/))

Referent: Regina Kohlmeyer, Umweltbundesamt | Vortrag: Kompaktsortieranlage zur Rückgewinnung von Metallen aus Shredderrückständen

- [Ausserbetriebsetzungen/FahrzeugklassenAufbauarten/a\\_fzkl\\_zeitreihe.html](http://www.kba.de/cln_016/nn_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen_node.html?__nnn=true)) und Anteil der endgültigen Stilllegungen (ca. 40%)  
([http://www.kba.de/cln\\_016/nn\\_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen\\_node.html?\\_\\_nnn=true](http://www.kba.de/cln_016/nn_125264/DE/Statistik/Fahrzeuge/Ausserbetriebsetzungen/ausserbetriebsetzungen_node.html?__nnn=true))
- [SHREDDER-SAND] Plakat des BMBF-Forschungsprojekts "SHREDDER-SAND: Rückgewinnung feinkörniger NE-Metallphasen", FKZ 033R001A, [http://www.r-zwei-innovation.de/media/001\\_Poster\\_Shredder-Sand\\_2.pdf](http://www.r-zwei-innovation.de/media/001_Poster_Shredder-Sand_2.pdf), Zugriff 3.3.2011
- [SZ 2010] Seltene Metalle fahren mit. In: Süddeutsche Zeitung, 6./7.11.2010, S. 28-29
- [UBA Wien 2010] Helmut Frischenschlager, Brigitte Karigl, Christoph Lampert, Werner Pölz, Ilse Schindler, Maria Tesar, Herbert Wiesenberger, Brigitte Winter: Klimarelevanz ausgewählter Recycling-Prozesse in Österreich, Report REP 03-03 des Umweltbundesamts Österreich, Wien 2010.  
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0303.pdf>, Zugriff 6.3.2011