



# Notwendigkeit der Entkopplung von Pyrolyse und Schmelzen beim Al Recycling

B. Jaroni, B. Friedrich

G. Rombach

RWTH Aachen University  
IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling  
Intzestraße 3  
52056 Aachen, Germany

Hydro Aluminium Deutschland GmbH  
Friedrich-Wöhler-Straße 2  
53117 Bonn, Germany

---

**Keywords:** Chamber furnace, pyrolysis, aluminum recycling, energy saving

---

## Abstract

Das Aluminiumrecycling steht unter dem Druck von steigenden Energie- und Rohstoffpreisen, neben steigenden Schrottpreisen, bei sinkender Schrottverfügbarkeit sowie dem geringen momentanen Aluminiumpreis (LME 1.667,15 €, Sept. 2011) ist die benötigte Energie der wichtigste Kostenfaktor beim salzfreien Recycling von Aluminium. Die bei den Recyclingprozessen im Mehrkammerofen eingesetzte Energie, meist in Form von Erdgas, ist eine der Kostenschrauben die durch die Ofenfahrweise beeinflusst werden kann. Durch die Kombination von einem modernem, innovativem Ofendesign und verbessertem Prozessverständnis ist die Möglichkeit gegeben bei einer gleichzeitigen Einsparung von Energie den Einsatz von höher kontaminierten Schrotten zu ermöglichen.

Einer der wesentlichen Prozessschritte hierfür ist die Pyrolyse. Im Design der Öfen als auch in der Ofenfahrweise steht der Pyrolysevorgang stets in Konkurrenz zum Ofendurchsatz. Bei weiter steigenden Energiepreisen ist allerdings von einer Verschiebung der Prioritäten auszugehen.

Einen wesentlichen Einfluss auf das thermische de-coating bzw. die Pyrolyse hat die freie Oberfläche, gemeint sind die der Atmosphäre zugänglichen Flächen des eingesetzten Materials sowie die thermische Leitfähigkeit des meist paketierte Schrottes. Erste Untersuchungen haben gezeigt, dass das gängige Paketieren von Aluminiumschrotten sich negativ auf die Pyrolyse und die Ausbeute auswirkt [5]. Des Weiteren konnte heraus gestellt werden, dass bei verbesserten Pyrolysebedingungen der Einfluss von organischen Komponenten auf die Metallausbringung stark verringert werden kann.

# 1 Einführung

In modernen Zweikammeröfen werden Schrotte auf eine Rampe innerhalb des Ofens chargiert um hier vorzuwärmen und um im gleichen Zuge organische Schrottkomponenten bzw. Anhaftungen zu entfernen. Über einen Pyrolyseprozess werden diese in die Gasphase überführt und können dort energetisch genutzt werden, indem diese Schwelgase aus der Schrottkammer abgezogen und in der Heizkammer nachverbrannt werden. Durch die Pyrolyse der organischen Verunreinigungen, die meist in Form von Lack, Papier oder Ölen vorliegen, wird die Schmelzausbeute erhöht, da es zu keinen Wechselwirkungen zwischen Schmelze und Organik mehr kommen kann. Neben der bekannten Aluminiumcarbidgebildung zählen zu den durch Organik verursachten Verlusten eine verstärkte Aluminiumoxidbildung durch lokale Überhitzung sowie ein erhöhter Gehalt an metallischem Aluminium in der Krätze. Durch thermochemische Modellierung kann gezeigt werden, dass es bei einer Verbrennung von Organik an der Badoberfläche zu einer Bildung von Aluminiumoxycarbid kommen kann. Durch die geringe Haltbarkeit dieser Verbindungen und dem nicht trivialen Nachweis konnte dies aber in der Praxis noch nicht bestätigt werden.

Beim Aluminiumrecycling versteht man unter de-coating bzw. Pyrolyse die Überführung von festen und flüssigen organischen Schrottkomponenten in die Gasphase unter Ausschluss von Sauerstoff bzw. mit geringen Sauerstoffgehalten in der Ofenatmosphäre. Abbildung 1 skizziert die Vorgänge beim de-coating von lackierten Aluminiumblechen. Im ersten Schritt werden die langkettigen Kohlenwasserstoffe thermisch zersetzt und in die Gasphase überführt, zurück bleibt eine Kohlenstoff-Rußschicht und oxidische Beschichtungsbestandteile (z.B.  $\text{TiO}_2$ ). Wenn im System Sauerstoff vorhanden ist wird auch der verbliebene Kohlenstoff in  $\text{CO}/\text{CO}_2$  umgewandelt. Hierbei handelt es sich um eine exotherme Reaktion, während die reine Pyrolyse bei nicht Beachtung der Pyrolysegasnachverbrennung eine endotherme Reaktion darstellt.

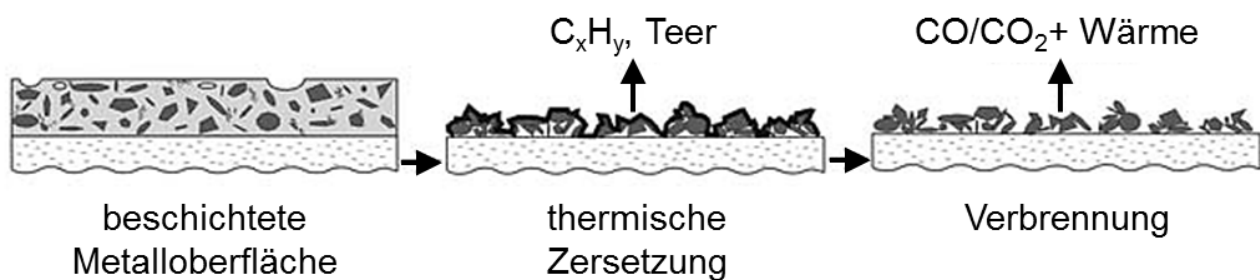


Abbildung 1: Vorgänge bei der thermischen Vorbehandlung von beschichteten Komponenten, nach [1], [2]

Die organischen Verunreinigungen sind hierbei ähnlich wie ein Festbrennstoff zu behandeln. Betrachtet man den Energiegehalt typischer organischer Komponenten von Aluminiumschrotten, so wird das exotherme Potential dieser deutlich (vgl. Tabelle 1). Im idealisierten Fall werden zum Schmelzen von einer Tonne Aluminium und dem Erreichen einer Prozesstemperatur von  $700\text{ °C}$   $650\text{ kWh}$  benötigt, je nach eingesetzter Legierung unterliegt dieser Wert kleineren Schwankungen



[3]. Hieraus resultiert, dass die thermische Nutzung von organischen Verunreinigungen eine beachtenswerte Energieeinsparung in sich birgt.

Tabelle 1: Typischer Energiegehalt organischer Schrottkomponenten, nach [3]

Schrottart	Anteil Organik in %	Anteil Metall in %	Energie- gehalt in kWh/t
Dosenschrott	3	97	225
Techn. Folien	7	93	630
Dosendeckel	8	92	598
Fensterprofile	21	79	1890

Neben der Option zur Nutzung dieses Potentials trägt auch die Vermeidung von Krätzebildung durch das vorherige de-coating zu einer indirekten Einsparung von Energie bei. Gelingt es durch innovative Ansätze und eine veränderte Ofenfahrweise auch höher kontaminierte Schrotte in Mehrkammeröfen einzusetzen, kann auf Schmelzsatz verzichtet werden und die Energieeffizienz des Recyclings weiter gesteigert werden sowie bisher nicht verwendete Schrottsorten für den Mehrkammerofen als Rohstoffquelle nutzbar zu machen.

## 2 Experimentelle Arbeiten

Ziele der am IME durchgeführten Demonstrationsversuche sind die Erstellung einer Massenbilanz, die Betrachtung der Einflüsse von Schrottoberflächen und organischer Kontaminationen auf die Aluminiumausbeute. Die Versuche werden in einem TBRC (Top Blowing Rotary Converter) durchgeführt, dieser hat ähnliche Eigenschaften wie ein kippbarer Drehtrommelofen. Die Versuche finden salzfrei statt, da typische Mehrkammerofenschrotte eingesetzt werden. Eine Bilanzierung der eingesetzten Energie steht bei dieser ersten Versuchsserie nicht im Fokus. Die Versuche sollen zeigen, dass der Einfluss der Schrottbeschaffenheit eine höhere Beachtung erfordert, um die nicht vollständig vermeidbare Krätzebildung zu minimieren und auf diese Weise den Energiebedarf zu senken.

### 2.1 Materialcharakterisierung

In der betrachteten Versuchskampagne werden drei Schrottarten verwendet, paketierte Lithographieschrotte mit einem hohen Papieranteil und paketierte Dosenschrotte. Um eine Aussage über den Einfluss der Paketierung auf die Pyrolyse und den Schmelzprozess treffen zu können, werden die Dosenschrotte sowohl in paketieter als auch in geschreddeter Form eingesetzt. Die mittlere Kantenlänge des geschredderten Materials liegt bei unter 50 mm, so kann der Schrott über ein automatisches Bunkersystem ohne ein Öffnen des Deckels chargiert werden. Die paketierte Dosenschrotte variieren hingegen leicht in Abmessung und Gewicht. Durch den vorgeschalteten



Kompaktierprozess der Dosen ist neben Lacken (Korrosionsschutz, optische Gestaltung) anhaftendes Schmieröl die wesentliche organische Verunreinigung. Da es sich um Produktionsschrotte handelt, sind keine Lebensmittelreste am chargierten Material anhaftend. Einen Auszug der Eigenschaften der verwendeten Dosenpakete zeigt Tabelle 2. Zur Ermittlung eines Mittelwertes werden exemplarisch 9 Pakete untersucht.

Tabelle 2: Eigenschaften paketierter Dosenschrott [4]

Paket	Gewicht / kg	x / cm	y / cm	z / cm	Volumen / cm <sup>3</sup>	Dichte / g/cm <sup>3</sup>	Porosität
1	11,88	20,5	23	35	16502,5	0,72	0,733
2	11,27	20,5	22	35	15785	0,71	0,735
3	11,64	20,5	22	35	15785	0,74	0,727
4	9,58	17,5	20,5	35	12556,25	0,76	0,717
5	9,51	17,5	20,5	35	12556,25	0,76	0,719
6	23,8	30	30	19,5	17550	1,36	0,496
7	21,6	30	31	31	28830	0,75	0,722
8	14,6	30	30	30	27000	0,54	0,800
9	13,6	28,5	30,5	30,5	26512,12	0,51	0,811
<b>Mittelwert</b>	14,16	23,89	25,50	31,78	19230,79	0,76	0,718

Die geringe Paketdichte und die hieraus resultierend hohe Porosität (Gl. 1) sind die bestimmenden Eigenschaften. Diese wirken sich direkt auf die thermische Vorbehandlung sowie den Einschmelzvorgang aus.

$$\delta_g = 1 - \frac{\rho_{Paket}}{\rho_{Al}} \tag{1}$$

$\delta_g$  = Porosität;  $\rho_{Paket}$  = Dichte Schrottpaket;  $\rho_{Al}$  = Dichte Aluminium

In der Literatur wird bei Dosenschrott aus der Produktion von einem durchschnittlichen Lackanteil von 2-3 % ausgegangen; unklar ist hierbei, ob das beim Paketieren verwendete Schmieröl in die Messungen eingeflossen ist [3]. Eigene Messungen haben für den hier verwendeten Dosenschrott einen Organik Anteil von 1,8-3,5 % gezeigt. Die starke Variation läßt sich auf unterschiedliche Kompaktierpraktiken, Lackierungen und Schmieröle zurückführen.

Die theoretische Dichte der Lithographiepakete ist geringer als die der Dosenpakete, zwar ist die Blechstärke mit 0,3 mm größer als die der Dosen, in den Paketen findest sich aber Lagenweise Papier, aus dem Lithographieprozess. Abbildung 2 zeigt das bei den Versuchen eingesetzte Material.



a) Paketiertes Dosenmaterial

b) Geschreddertes Dosenmaterial

c) Lithographie Pakete

Abbildung 2: Einsatzmaterial der Demonstrationsversuche

## 2.2 Beschreibung des IME Demonstrations-TBRCs

Der Demonstrations-TBRC am IME hat einen Durchmesser von 1300 mm im mittleren Teil des Gefäßes, sowie 900 mm im oberen Randbereich., Die Gefäßhöhe beträgt 1465 mm. Der Ofenboden läuft halbschalenartig zu, um die Bodenbelastung zu minimieren.. Abbildung 3 zeigt schematischen den Ofen in der Front- und Seitenansicht mit geöffnetem Deckel, sowie eine Gießpfanne und die Gießschnauze, um die geringe Fallhöhe des Aluminiums beim Abguss zu verdeutlichen.

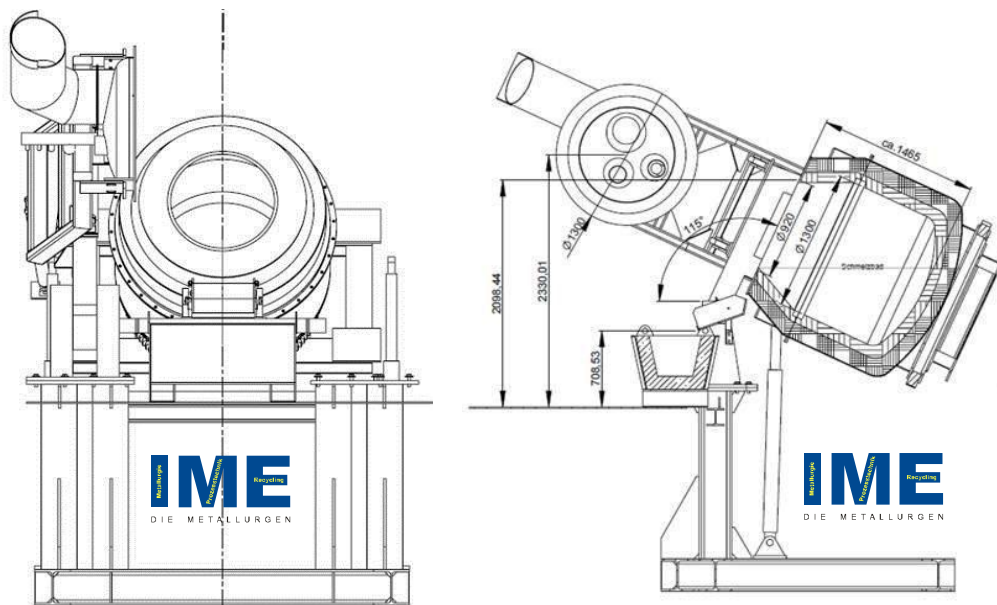


Abbildung 3: Schematische Ansicht des Aachener TBRCs inkl. Gießschnauze und -pfanne. Seitenansicht (links) und Frontansicht (rechts)



Bei den durchgeführten Versuchen wird mit einem Schmelzvolumen von ca. 370 l gearbeitet, um einen möglichst flachen Winkel des Ofens bei einer noch aussagekräftigen Einsatzmenge von ca. 1 t zu gewährleisten. Die maximale Brennerleistung beträgt 0,5 MW. Der Linde Erdgasbrenner sieht eine stufenlose Regelung zwischen Luft und Sauerstoff vor, sowie die Möglichkeit zwei Flammenlängen bei gleicher Brennerleistung zu verwenden. Zur Verkürzung der Flamme wird der zugeführte Erdgas- und Sauerstoffstrom in eine Drallbewegung versetzt, so dass die zugeführte O<sub>2</sub>- und Erdgasmenge konstant bleibt, die Flammenlänge aber abnimmt. Bei dem Brenner handelt es sich um einen Mündungsmischbrenner, eine Vormischung der Gase findet erst am Brenneraustritt statt. Die Brennersteuerung erlaubt die Voreinstellung zweier Brennerstufen, die manuell voreingestellt und nachjustiert werden können. Im Folgenden sind diese beiden Stufen als Brennerstufe 1 und Brennerstufe 2 angegeben.

Die Ofenabgase werden aus dem Ofen abgesaugt. Das stufenlose regelbare Gebläse verfügt über eine maximale Gebläseleistung von 28.000 Bm<sup>3</sup>/h bei 200°C bzw. 160 kW. Die heißen Abgase werden in einer Mischkammer mit Luft gequentscht, um auf diese Weise die Rauchgastemperatur zu senken. Die Menge an Quenschluft wird demnach der Prozessgastemperatur angepasst. Durch einen Lühr Sackfilter und einen Outotec-Abgas Wäscher wird das Prozessgas im Anschluss gereinigt. Bei Öffnung des Ofendeckels, während der Chargierung und des Abgusses kann zusätzlich eine Abzughaube für Sekundäremissionen hinzugeschaltet werden.

## 2.3 Versuchsplanung und -durchführung

Wie bei vorhergegangenen Laborversuchen werden in der Schmelzkampagne im TBRC Abgasanalysen hinsichtlich CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> und C<sub>ges</sub>-Gehalt durchgeführt. Die verwendeten Messgeräte werden von der Hydro Aluminium Rolled Products GmbH zur Verfügung gestellt.

Die Ofeninnenwand- und Schmelzbadtemperatur wird diskontinuierlich mit einem Pyrometer überwacht. Da für die Temperaturmessungen der Ofendeckel geöffnet werden muss, beinhaltet dieser Vorgang wie der Chargiervorgang eine kurzzeitige Erhöhung der Sauerstoffkonzentration im Ofen, die es während der Versuche zu vermeiden gilt (vgl. Abbildung 4 links).



Abbildung 4: Demonstrations-TBRC am IME, Aachen; Chargieren von Dosenpaketen (links) und Aluminium Abguss (rechts)

Die Versuche werden mit zwei verschiedenen Brennerleistungsstufen durchgeführt. Brennerstufe 1 wird im Vorfeld als Halteleistung eingestellt, während Brennerstufe 2 über wesentlich mehr Leistung verfügt, um einen schnellen Einschmelzvorgang zu gewährleisten. Die Einstellungen ergeben eine leicht unterstöchiometrische Fahrweise ( $\lambda < 1$ ), zur Stabilisierung der Flamme und aus steuerungstechnischen Gründen wird ein geringer Teil Luft der Drallflamme zugegeben. Tabelle 3 zeigt die eingestellten Gasmengen und die theoretische Leistung der beiden Brennerstufen.

Tabelle 3: Einstellungen der verwendeten Brennerstufen

Brennerstufe	Erdgas	O <sub>2</sub>	Leistung
	in m <sup>3</sup> /h	in m <sup>3</sup> /h	in kW
1	17	28	174,25
2	39	71	399,75

In Abbildung 5 ist exemplarisch ein Brennerleistungsprofil zu sehen. Brennerstufenwechsel kleiner 4 min werden im Diagramm nicht betrachtet. Das Profil ist für die Ofenfahrweise aller Versuche gültig. In der Phase vor der ersten Chargierung wird der Ofen auf Temperaturen zwischen 900 °C und 950 °C (Wandtemperatur) vorgeheizt, während der Pyrolyse wird nur mit verringerter Leistung gefahren, um eine vollständige Organik Entfernung zu gewährleisten. Um eine Unterkühlung der Schmelze entgegen zu wirken, wird vor jeder Schrott-Nachchargierung die Brennerleistung von 174,25 kW auf 399,75 kW erhöht. Zwischen Aluminiumabguss und Abkrätzen wird die Ofentemperatur nochmals erhöht, um ggf. noch vorhandenes flüssiges Aluminium von der Krätze zu trennen.

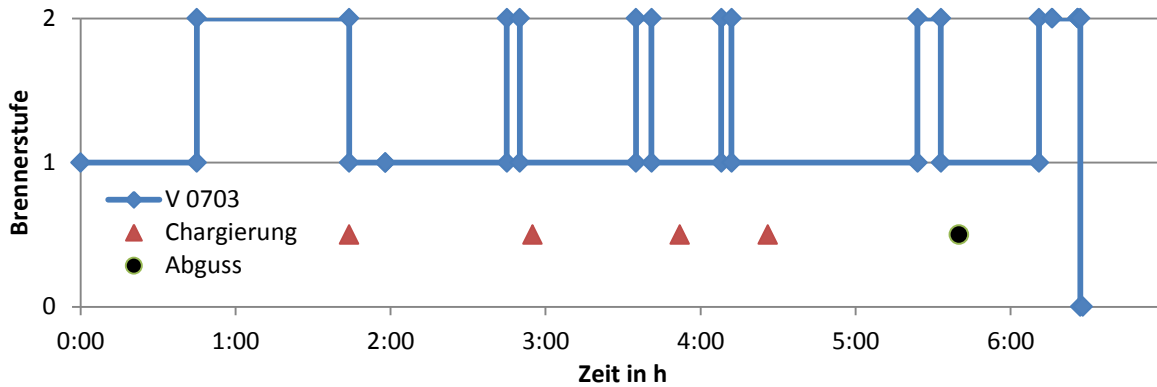


Abbildung 5: Beispiel eines Brennerleistungsprofils, Einsatz von Lithographie mit Papier (V6)

Einen Überblick über die durchgeführten Versuche gibt Tabelle 4. Neben den Brutto-Einsatzgewichten sind die Netto-Gewichte zu berücksichtigen, da diese den Metalleinsatz ohne den anhaftende Organik wiedergeben. Während bei den Dosenschrotten der Organikanteil analytisch bestimmt werden konnte, beruht dieser beim Lithographie Schrott auf Erfahrungswerten.

Tabelle 4: Versuchskampagne im Demonstrations-TBRC

Nr.	Einsatzmaterial	Einsatz	Organik	Einsatz exkl. Organik
		[kg]	[%]	[kg]
1	Dosenschrott	977	3	948
2	Dosenschrott	997	3	967
3	Schredder	883,2	3	857
4	Schredder	923,2	3	896
5	Litho	1108	7	1030
6	Litho	997,6	7	928

Die bei allen Versuchen genommenen Krätzeproben werden zur Bestimmung des Aluminiumgehaltes unter Salz umgeschmolzen. Hierbei wird 1 kg Krätze mit einem Salzfaktor von 2 und einem geschätzten Aluminiumgehalt von 50- 70 %, es liegt also starker Salzüberschuss vor.

## 2.4 Diskussion und Bewertung der Ergebnisse

Die Auswaagen der einzelnen Versuche sind in Tabelle 5 dargestellt. Bei der prozentualen Betrachtung der Ergebnisse ist zu beachten, dass diese sich, wenn nicht anders gekennzeichnet, auf den Gesamteinsatz inklusive Organik beziehen. Da die Versuchsergebnisse stark vom Handling der Schrotte und der Ofenfahrweise abhängen, werden im Weiteren nur die jeweiligen Wiederholungsversuche miteinander in Relation gesetzt. So können die Einflüsse des Handlings





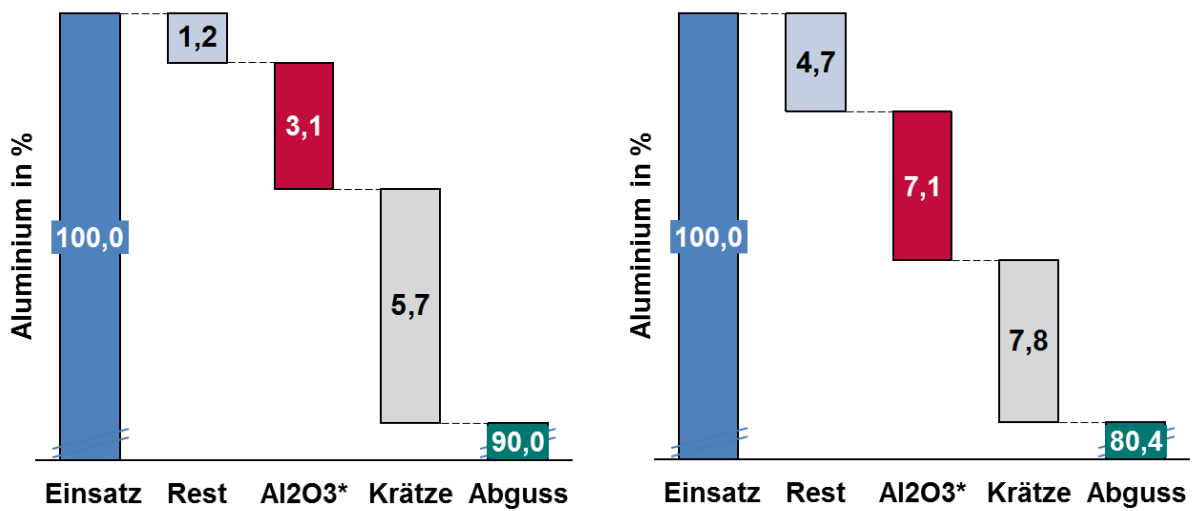
wie z.B. ein zu langer Chargiervorgang und ein damit verbundenes zu langes Sauerstoffüberangebot minimiert werden. Durch die stark unterschiedlichen Chargiervorgänge der einzelnen Schrotte kann jedoch nicht von einer Minimierung dieser Einflüsse über die gesamte Versuchsserie ausgegangen werden.

Tabelle 5: Auswaage der einzelnen Demonstrationsversuche am IME

Nr.	Material	Krätze	Aluminium	Ausbringung			Metallausbeute
		in kg	in kg	in kg	in %	exkl. Organik in %	exkl. Organik in %
1	Dosenschrott	168	738	906	92,73	95,60	77,87
2	Dosenschrott	184	778	962	96,49	99,47	80,45
3	Schredder	198	631	829	93,86	96,77	73,65
4	Schredder	92	803	895	96,95	99,94	89,67
5	Litho	142	894	1036	93,50	100,54	86,76
6	Litho	108	810	918	92,02	98,95	87,31

Die prozentualen Metallausbeuten unter vorherigem Abzug des Organikanteils zeigen Aluminiumausbringungen zwischen 80,45 % für paketierte Dosenmaterial über 87,31 % für Lithographieschrott bis hin zu 89,67 % für geschreddertes Dosenmaterial mit einer Kantenlänge kleiner 50 mm. Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass in den hier durchgeführten Versuchen der Organikanteil im Aluminiumschrott nur eine untergeordnete Rolle spielt, da dieser nicht mit der Metallausbeute korreliert. Hingegen scheint die Größe der freien Oberfläche bzw. der freien Grenzfläche zwischen Schrott und Atmosphäre eine entscheidende Rolle zu spielen. Bei einem direkten Vergleich von Dosenpaketen und geschredderten Dosenmaterial ist die Aluminium Ausbringung für das geschredderte Material um 11 Prozent bzw. 9 Prozentpunkte höher. Bezieht man die Beobachtung mit ein, dass die Lithographiepakete sich wesentlich schneller in einzelne Lagen teilen und somit die innenliegende Organik, in Form von Papier und Lack, schneller an Pyrolyse- oder Verbrennungsvorgängen teilnehmen können, so ist eine Verbindung zwischen frei zugänglicher Organik und eine Erhöhung der Ausbeute in Folge von einer vollständiger Organikentfernung zu erkennen.

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Verteilung von Aluminium auf die verschiedenen Stoffströme in Prozent. Unter „Rest“ ist hierbei die Verteilung von Aluminium auf nicht erfasste Stoffströme zu verstehen. Hier runter fallen der Austrag über den Abgasstrom, geringe Verluste während des Chargierens bzw. Dechargierens und Wägefehler. Der so nicht erfasste Aluminium-Stoffstrom verhält sich bei allen durchgeführten Versuchen vergleichbar, so dass ein Einfluss auf die Gesamtergebnisse ausgeschlossen werden kann.



\*Berechneter Wert, Aluminiumverlust durch Oxidbildung

Abbildung 6: Aluminiumverteilung für geschreddertes Material (links) und paketierte Dosenmaterial (rechts)

Der Metallgehalt der Krätzen variiert. Die Krätze aus Versuchen mit geschredderten Einsatzmaterial hat mit 5,7 % einen deutlich geringeren Metallgehalt als die Krätze, die beim Einsatz von paketierte Dosenmaterial (7,8 %) oder Lithographieschrott (8,5 %) entsteht. Dieser Effekt birgt den Vorteil, dass weniger metallisches Aluminium über die Krätzephase verloren geht. Neben den oxidischen Anteilen der Krätze stellt der metallische Aluminiumanteil der Krätze den größten Verlust dar. Da bei allen Versuchen das gleiche Abkrätzprozedere durchgeführt wurde, sind die Ergebnisse relativ zueinander vergleichbar. Für den industriellen Prozess können Sie jedoch lediglich als Richtwert gelten.

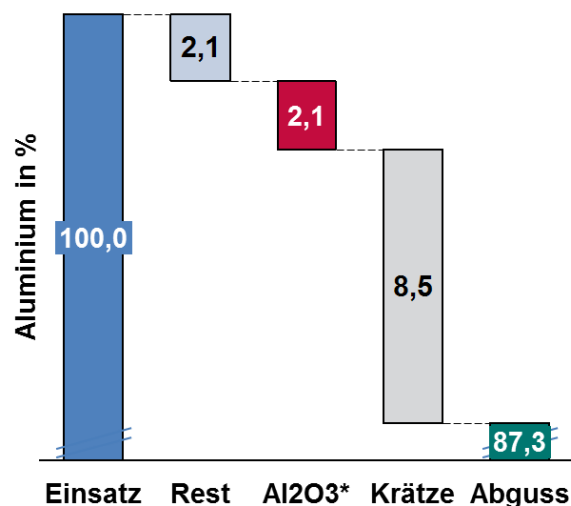


Abbildung 7: Aluminiumverteilung Lithographieschrott



Die Aluminiumgehalte der Krätze werden immer nach dem gleichen reproduzierbaren Verfahren über ein Umschmelzen der Krätze unter Salz bestimmt. Hierbei ist zu beobachten, dass der optische Eindruck der Krätze nicht mit den ermittelten Gehalten korreliert.

Abbildung 8 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt drei repräsentative Krätzeproben aus der Demonstrationskampagne. Die Probennahme erfolgt direkt aus dem Ofen. Die so gewonnen Proben werden in Masselformen verdichtet und gekühlt, um eine weitere Aluminiumoxidation und damit eine Verfälschung der Ergebnisse zu verhindern.

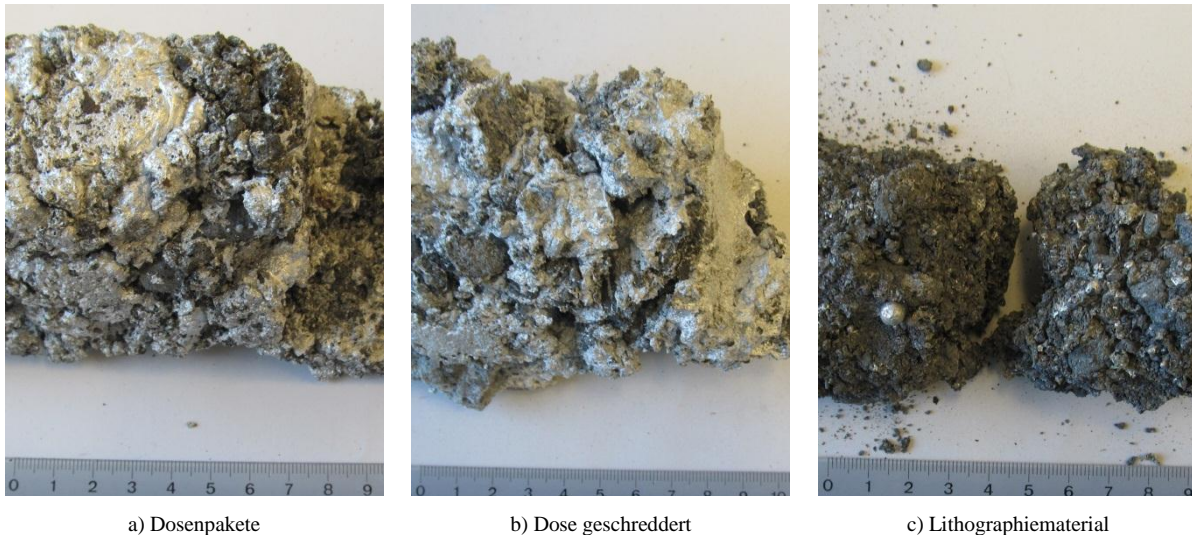


Abbildung 8: Krätzeprodukte aus den betrachteten Versuchen

### 3. Zusammenfassung und Ausblick

Als Resultat der Technikumsversuche und vorangegangener Laboruntersuchungen empfiehlt sich eine Trennung von Pyrolyse und Schmelzen aus metallurgischer und energetischer Sicht. Das bisher verfolgte Konzept der in der Heizkammer installierten Rampe zur thermischen Vorbehandlung kann insbesondere bei paketierte Schrotten eine vollständige Pyrolyse bei der durchschnittlich eingestellten Pyrolysezeit von 20 min nicht gewährleisten. Die Versuche haben gezeigt, dass eine größere Oberfläche des Eingangsmaterials die Pyrolyse begünstigt, von einer stark erhöhten Krätzebildung ist bei gerührten Schmelzen nicht auszugehen. Hinzu kommt, dass die so erzeugten Krätzen einen geringeren metallischen Aluminiumgehalt aufweisen. Um ein Abbrennen dieses metallischen Krätzeanteils zu verhindern, werden industriell aufwendige Verfahren, wie Krätzepressen, oder Argonkühler eingesetzt, bei niedrigen Metallgehalten kann hiervon allerdings Abstand genommen werden. Unter dem Gesichtspunkt steigender Energie und Schrottpreise sollte der Einsatz einer separaten Pyrolyse-Durchlauf-Kammer erneut diskutiert werden (vgl. Abbildung 8).

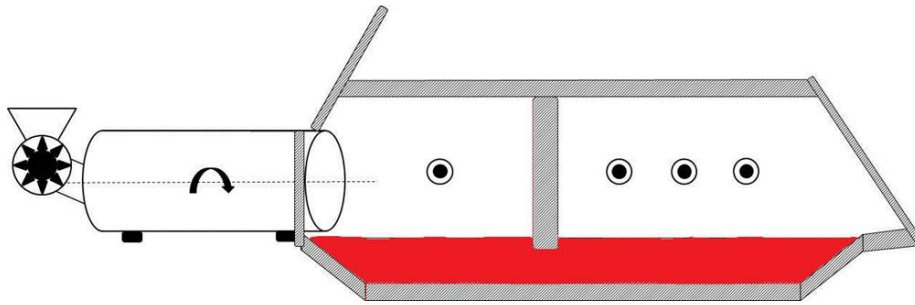


Abbildung 8: Skizze des Ofenkonzept mit Pyrolysetrommel

Im Gegensatz zu bekannten Vorwärmeschachtsystemen sollten die Schrottpakete vor der Pyrolyse geöffnet werden, um die Pyrolysezeit zu verringern. Durch diese Separation der Pyrolyse können unerwünschte Pyrolysegas-Peaks, wie sie aus konventionellen Aggregaten bekannt sind, vermieden werden. Um ein Aufschwimmen der entstandenen Schrottfraction zu verhindern, muss die Schmelze einer gewissen Turbulenz unterliegen. Als Nebeneffekt einer intensivierten Badbewegung wird die Einschmelzleitung erhöht. Die bisher durchgeführten Untersuchungen können die Problemstellung nur aus technischer Sicht bewerten; komplexe ökonomische Zusammenhänge fließen in die Betrachtungen nicht mit ein.

## 4. Danksagung

Die Autoren danken der Aluminium Rolled Products GmbH für die finanzielle Unterstützung dieser im Rahmen einer Dissertation durchgeführten Versuche sowie für die Bereitstellung von Einsatzmaterial und analytischem Gerät.

## Literatur

- [1] Schmitz, C. et al.,  
Handbook of Aluminium Recycling  
Vulkan-Verlag, 2006
- [2] Gisbertz, K., Jaroni, B., Rombach, G., Friedrich, B.  
Effects of Gaseous Pyrolysis Products on Aluminium Recycling Yield  
Int. Aluminium Journal, EAC Congress 2011, Special Edition, 12/2011
- [3] Kvithyld, A. et al.,  
Recycling Light Metals: Optimal Thermal De-coating  
JOM, Vol. 60, No. 8, p. 47-51, 2008
- [4] Schwalbe, M.,  
Grundlagen und Möglichkeiten der Verarbeitung von höher kontaminierten  
Aluminiumschrotten  
Erzmetall 64, No.3, S. 152.162, 2011



- [5] Flerus, B,  
Verhalten von paketierte Aluminiumschrotten im Mehrkammerofenprozess unter Berücksichtigung der Wärmeübergänge  
Abschlussarbeit, IME RWTH, 2011
- [6] Lucht, A., Jaroni, B., Rombach, G., Friedrich, B:  
Conditions of Pyrolytic Processes in Multi Chamber Furnaces for Aluminium Recycling  
Proceedings of EMC, Volume 1, 2011,