

>

Lesen Sie mehr auf hydro.com/de



LIBS-basierte Sortierung – Eine Lösung für Automobilschrott –

Claudius Laska, Georg Rombach und Nils Bauerschlag

1.	Verarbeitung und Sortierung von Aluminiumschrotten.....	558
2.	Grundsätzliche Schritte bei der Sortierung von Aluminiumschrotten....	559
3.	Ziel der LIBS-Sortierung von Automobilschrotten	560
4.	Dilemma im Hinblick auf die Schrottqualitäten.....	560
5.	LIBS-Sortierung bei der Hydro	562
6.	Erste Ergebnisse.....	563
7.	Fazit.....	564
8.	Quellen	565

Sensorgestützte Sortiersysteme zur Trennung von Aluminiumschrotten sind bereits seit langem in der Entwicklung. Laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIBS für engl. laser-induced breakdown spectroscopy) stellt in diesem Zusammenhang die neueste Technologie dar, die seit kurzem die Marktreife erreicht hat. Diese Technologie ist bis heute die Einzige, um verschiedene Aluminiumknetlegierungen wie 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen zu sortieren. Bereits 1991 konnte eine Erfassungsrate von 100 Stücken pro Sekunde in einer Schrottmischung demonstriert werden. [4]

Aufgrund der hohen Nachfrage an Aluminium für verschiedenste Anwendungen und die lange Lebensspanne vieler Produkte ist der durchschnittliche recycelte Anteil von Aluminiumprodukten nur etwa 25 % [3]. Um die hohen Anforderungen enger Materialspezifikationen erfüllen zu können werden nach gängiger Praxis der Chargenvorbereitung Schrotte mit Primärmetall und niedriglegiertem Schrott verdünnt. Dadurch gab es bis jetzt keinen großen Druck zur Markteinführung einer LIBS-basierten Legierungssortierung. Dieses hat sich mit der stark gewachsenen Produktion von Aluminiumblechen und Strangpressteilen für Automobilanwendungen geändert.

Nach den globalen Richtlinien zur CO₂-Reduktion wird der Leichtbau für Transportanwendungen in den nächsten Jahren deutlich zunehmen. In Europa wird der mittlere Aluminiumgehalt in PKWs von 156 kg (2016) bis zu 178 kg im Jahre 2025 ansteigen [1]. Dies entspricht einer zusätzlichen Nachfrage von fast 500.000 t basierend auf einer jährlichen Produktion von 17 Millionen Fahrzeugen. Bei dem Material handelt es sich hauptsächlich um Karosseriebleche. Es gibt sogar Szenarien, die von einer Nachfrage von 196 kg pro PKW (Bild 1) ausgehen.

Nur 50 % der Walzprodukte, die an die Presswerke der Automobilhersteller gehen, fließen in ein finales Produkt ein. Der Rest kommt als Schrottmischung von hauptsächlich 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen wieder zurück. Um eine sinnvolle Nutzung dieser Materialien in Gießereien zu ermöglichen, muss die Aluminiumindustrie Sortierlösungen basierend auf der LIBS Technologie implementieren. Die Hydro Aluminium Rolled Products GmbH hat daher in eine Pilotanlage am F&E Zentrum Bonn investiert, um eine industrielle Implementierung zu ermöglichen und zukünftig neue Sortiermöglichkeiten zu entwickeln. Dies soll auch die in der Sortierung anspruchsvollen End-of-Life Materialien einschließen.

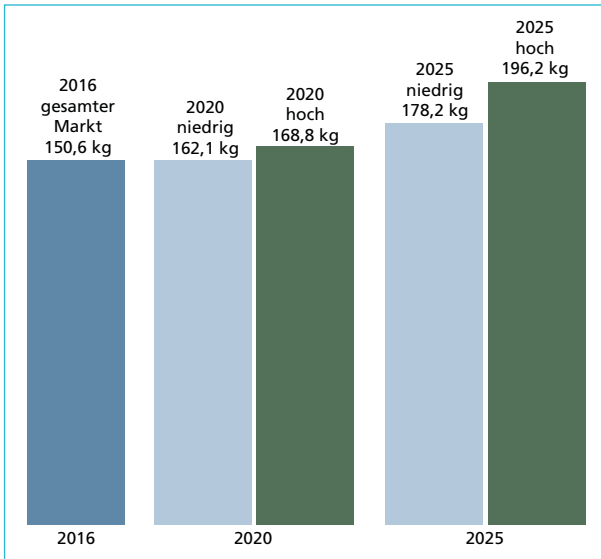


Bild 1:

Prognostizierte Entwicklung der Aluminiumgehalte in europäischen Fahrzeugen

Quelle: Ducker Worldwide: Aluminium Content in Cars. Summary report prepared for European Aluminium, June 2016

	2020		2025	
	niedrig	hoch	niedrig	hoch
	%			
CAGR (Jahr 2016)	1,9	2,9	1,9	3,0
Wachstum (Jahr bezogen auf 2016)	7,7	12,1	18,3	30,3

1. Verarbeitung und Sortierung von Aluminiumschrotten

Der erfolgreiche Einsatz von Aluminiumschrotten zum Umschmelzen und zum Recycling ist abhängig von den Zielspezifikationen der Produkte. Aluminiumschrott hat viele verschiedene Qualitäten im Hinblick auf Oberflächenverunreinigungen, Metallverunreinigungen und maßgeblich auf die Mischung von verschiedenen Legierungszusammensetzungen. In allen Fällen begrenzt das Ausmaß dieser Verunreinigungen den Einsatz in Gießereien, insbesondere für die Qualitäten der niedriglegierten Knetlegierungen. Eine hochentwickelte Verarbeitungs- und Sortierkette ist erforderlich bevor das Umschmelzen stattfindet. Das Ausmaß an Verunreinigungen in den Sekundärrohstoffen muss auf ein vernünftiges Maß reduziert werden. Außerdem ist eine hohe Wiedergewinnung von Aluminium für jeden einzelnen Prozessschritt zwingend.

Es gibt eine Vielzahl von Technologien, die zum Aussortieren von den für das Umschmelzen problematischen Verunreinigungen, zum Beispiel eisenhaltige Schrotte oder Kunststoffe, eingesetzt werden können. Für die Trennung von unerwünschten Aluminiumlegierungen im Schrott können Sortieranlagen auf Basis von Röntgentechnologie oder LIBS eingesetzt werden.

Sortierrückstände sind in den meisten Fällen nicht von großem Interesse für die Herstellung von Aluminium. Daher sollten Sortiertechnologien immer sicherstellen, dass das Sortierprodukt die richtigen Qualitäten aufweist, und dass sehr wenig Aluminium im Rahmen der Sortierung verloren geht.

2. Grundsätzliche Schritte bei der Sortierung von Aluminiumschrotten

Der erste Schritt in einer Sortierlinie für Aluminiumschrotte ist das Abscheiden von magnetisierbaren eisenhaltigen Schrotten mittels Magnetabscheider. Hierzu gibt es verschiedene am Markt verfügbaren Technologien z.B. Überbandmagnetabscheider oder Trommelmagnetabscheider. Diese Technologien werden in der Sortierkette manchmal kombiniert, um sicherzustellen, dass der Anteil an eisenhaltigen Schrotten im Sortierprodukt gering ausfällt. Nach der Magnetabscheidung folgt häufig ein Wirbelstromabscheider, der die Kunststoffe von dem Sortiergut trennen soll. Der nächste Schritt ist die Abscheidung von Schwermetallen wie Kupfer, Messing und Zink aus dem Aluminiumschrott. In den letzten zehn Jahren wurde die Röntgentechnologie zunehmend als Alternative zur Schwimm/Sink-Trennung eingesetzt. Außerdem können Röntgensysteme auch dazu verwendet werden, um zwischen verschiedenen Aluminiumlegierungen zu unterscheiden, wenn der Schwermetallgehalt eine gewisse Grenze überschreitet. Dementsprechend ist es zum einen möglich Gusslegierungen von Knetlegierungen zu trennen, aber auch 2.xxx- von 7.xxx-Legierungen aus einer Mischung von Knetlegierungsschrotten.

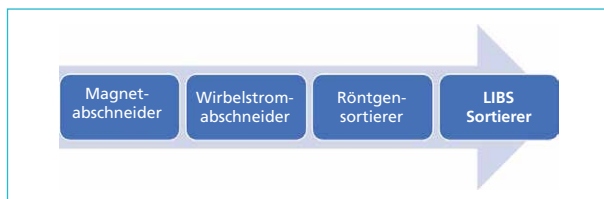


Bild 2:

Prozesskette der Aluminiumsortierung

Abhängig von den Technologien und deren Kombinationen ist mit dem Ziel möglichst viel Aluminium wiederzugewinnen ein Wertstoffausbringen von über 90 % erreichbar. Die Effizienz jedes einzelnen Sortierschritts ist dabei stark vom Material und seinen Eigenschaften wie Schrottgröße und dem Grad der Verunreinigung abhängig.

Die genannten Sortierschritte sind bereits in Anlagen nach dem aktuellen Stand der Technik z.B. bei Hydro St. Peter in Dormagen oder in der UBC-Prozesslinie der Rheinwerk-Hütte in Neuss integriert. Wenn Produktionsschrotte von der Automobilblechpresslinie berücksichtigt werden, wäre auch nach den vorgenannten Sortierschritten immer noch eine Mischung aus 5.xxx- und 6.xxx-Legierungsgruppen vorhanden.

Der Einsatz solcher unsortierten Automobilschrotte führt zu einer großen Varianz hinsichtlich der Qualitäten des Sortierproduktes aufgrund von schwankenden Mischungsverhältnissen der Eingangsschrotte. Der einzige Weg um unterschiedliche Legierungen innerhalb dieser Schrottmischungen zu unterscheiden ist bis zum jetzigen Zeitpunkt eine sensor-gestützte Sortieranlage, die auf der LIBS-Technologie basiert.

3. Ziel der LIBS-Sortierung von Automobilschrotten

Produktionsschrotte aus der Automobilindustrie sind meistens eine Mischung aus 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen. Dementsprechend hat die Mischung keinen definierten Magnesium- oder Siliziumgehalt und kann nur verwendet werden, wenn mit Primärmetall verdünnt wird oder die Mischung mit niedriglegiertem Material so gemischt wird, dass entweder der Magnesiumgehalt oder der Siliziumgehalt zu dem Zielprodukt passt. Eine direkte Trennung dieser Legierungsgruppen ist daher notwendig, um die Recyclingeffizienz zu erhöhen.

Da die neuesten Entwicklungen in der Sortiertechnik gute Ergebnisse zeigen, können LIBS-Sortierer inzwischen verwendet werden, um 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen voneinander zu trennen. Bei der LIBS-basierten Sortierung wird jedes Schrottstück einzeln mit einem hochenergetischen Laser beschossen, um einen kleinen Teil des Materials zu verdampfen. Das dabei entstehende leuchtende Plasma sendet elementspezifisches Licht aus, welches anschließend in einem Spektrometer analysiert werden kann. Das Plasma, das auf einem 5.xxx-Schrottstück erzeugt wird, unterscheidet sich also von einem Plasma, das auf einer 6.xxx-Legierung erzeugt wird.

4. Dilemma im Hinblick auf die Schrottqualitäten

Ein Dilemma bei den genannten Sortierschritten ist immer das Ziel entweder eine reine Aluminiumfraktion zu erzeugen, was bedeutet so viel Verunreinigungen wie möglich abzutrennen, oder ein hohes Wertstoffausbringen anzustreben, wodurch einigen Verunreinigungen erlaubt wird, den Sortierschritt zu passieren, während gleichzeitig sichergestellt sein muss, dass Verluste an Aluminium minimal bleiben.

In beiden Fällen bleiben Sortierrückstände, oft als Abfallstrom bezeichnet, übrig, die für die Aluminiumindustrie zum Umschmelzen nicht von Interesse sind. Der Fokus liegt daher auf der Qualität von nur einem die Anlage verlassenden Massenstrom, dem Produktstrom.

Wenn es sich um Produktionsschrotte aus der Automobilindustrie für Karosserieanwendungen handelt, ändert sich dieser Fokus. Für diese Sortieraufgabe muss die Qualität beider Ausgangsströme, der 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen, in einem gewissen Konzentrationsbereich liegen, um effizient weiterverarbeitet werden zu können. Die Qualität und das Ausbringen beider Ausgangsströme muss daher maximiert werden. Das Ausbringen für einen oder sogar beide Ausgangsströme steht weiterhin eng mit dem Business Case in Verbindung, der neben dem Durchsatz die Grundlage für eine Investition in eine solche Technologie darstellt.

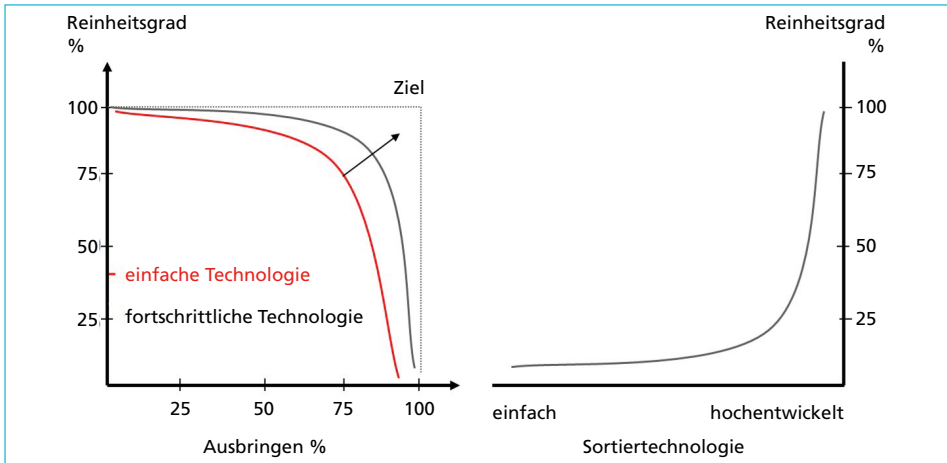


Bild 3: Reinheit vs Ausbringen

Quelle: Rombach, G.: Metallurgie und Prozesstechnik von Aluminiumschmelzen (Lecture RWTH Aachen University, 2018)

Zusätzlich ist die Sortierung von Produktionsschrotten aus der Automobilindustrie stark von deren Eingangsqualitäten abhängig. Die zu sortierenden Schrotte stellen eine zufällige Mischung von 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen dar. Das bedeutet, dass das Verhältnis von diesen Legierungen nicht bekannt ist und sich täglich ändern kann. Das Verhältnis ist also nur abhängig davon was im Presswerk der Automobilhersteller produziert wird.

Sortierung hat in den meisten Fällen das Ziel die Fraktion mit dem geringsten Anteil abzutrennen. Dies ist gängige Praxis um den Sortieraufwand wie beispielsweise den Verbrauch an Druckluft zu reduzieren. In diesem Zusammenhang gilt es sicherzustellen, dass bei wechselnden Eingangsqualitäten beide Ausgangsströme in einem gleichbleibenden Konzentrationsbereich bleiben. Die notwendige Sortiereffizienz von LIBS wird daher von den wechselnden Eingangsqualitäten beeinflusst. Das folgende Beispiel in Bild 4 zeigt dies deutlich.

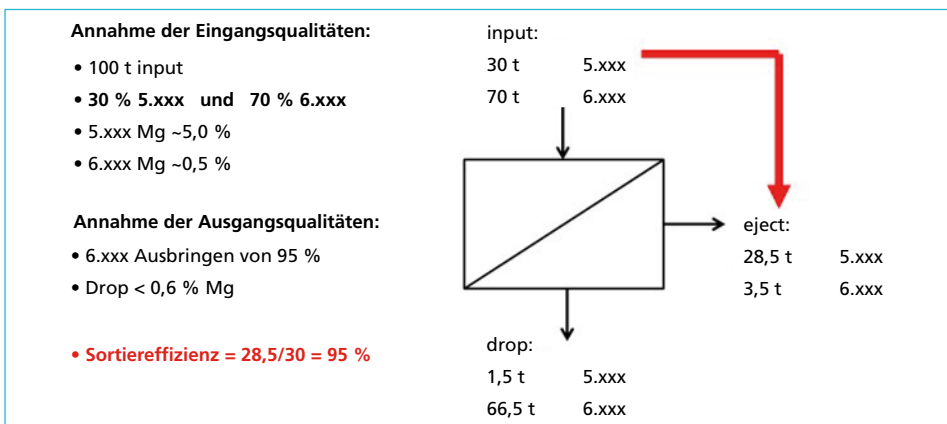


Bild 4: Beispiel 1 zur Ermittlung der Sortiereffizienz in Abhängigkeit von der Schrotteingangsqualität

Wie aus dem ersten Beispiel deutlich wird, muss die Sortiereffizienz bei 95 % liegen, wenn der 6.xxx-Ausgangsstrom (drop) nur einen Magnesiumgehalt von weniger als 0,6 % haben soll. Außerdem wird ein Wertstoffausbringen von 95 % der 6.xxx-Fraktion für einen hinreichenden Business Case benötigt.

Nach Bild 5 muss die Sortiereffizienz dafür bei wechselnder Eingangsqualität von einem 30/70 zu einem 50/50-Verhältnis auf 98 % erhöht werden.

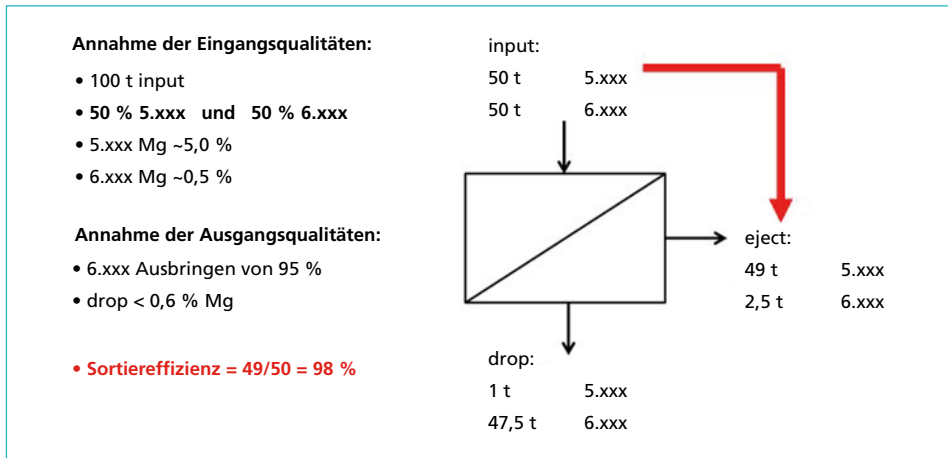


Bild 5: Beispiel 2 zur Ermittlung der Sortiereffizienz in Abhängigkeit von der Schrotteingangsqualität

5. LIBS-Sortierung bei der Hydro

Wie im November 2017 bekanntgegeben ist Hydro eine Kooperation mit Austin AI aus Austin, TX, dem Hersteller einer LIBS-basierten Sortiermaschine eingegangen. Im Zuge einer intensiven Evaluierungsphase und durch die Durchführung verschiedener Versuche auf verschiedenen LIBS Systemen wurde in diesem System das größte Potential für eine effiziente Sortierung gesehen.

Das Austin AI LIBS System verfolgt den Ansatz einer Schurren-Sortiermaschine. Aufgrund dieser Tatsache hat die Maschine im Vergleich zu anderen LIBS-Sortiermaschinen einen kleineren Flächenbedarf von etwa 12 bis 15 m². Die Schrottpartikelgröße die auf dieser Anlage sortiert werden kann, ist in einem günstigen Bereich von etwa 40 bis 110 mm. Abhängig von den Schrottqualitäten und insbesondere der Dicke des Schrottmaterials können Durchsätze von 3 bis 5 mt/h erreicht werden. Daher wurde in einen ersten Prototypen dieser Maschine investiert, die im August 2017 im F&E Zentrum Bonn installiert wurde. Seitdem wird kontinuierlich daran gearbeitet das System zu verbessern und die Möglichkeiten der Sortieranlage zu untersuchen.

Im Rahmen der ersten Versuche waren die Ergebnisse bereits sehr positiv und es konnten extrem hohe Reinheiten erreicht werden. Dies liegt an dem sehr guten LIBS-Modul ChemLine, das von TSI Inc aus Shoreview, Minnesota hergestellt wird.



Bild 6: LIBS-System der Hydro Aluminium Rolled Products im F&E Zentrum Bonn

6. Erste Ergebnisse

Bei dem untersuchten Eingangsmaterial handelt es sich um Automobilschrott, der, wie in Kapitel 2 dargestellt, vorbehandelt wurde. Die Eingangsqualität stellt eine gewöhnliche Mischung aus etwa 1/3 6.xxx-Legierungen und 2/3 5.xxx-Legierungen dar. Das Ziel des ersten Versuchs war eine reine 6.xxx-Fraktion durch die Unterscheidung von hohen und niedrigen Magnesiumkonzentrationen zu erzeugen.

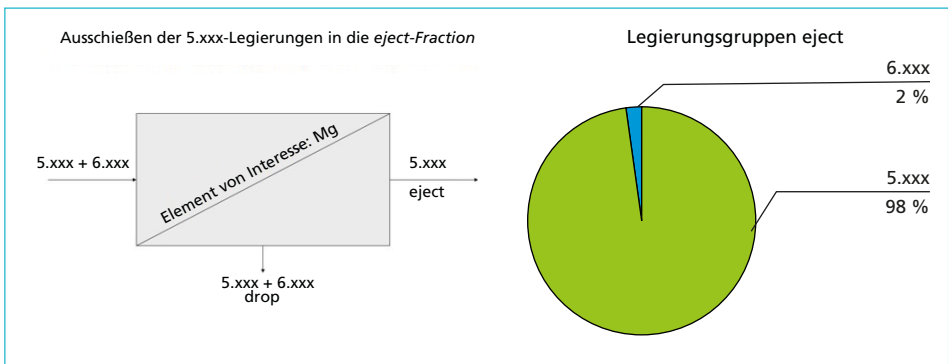


Bild 7: Ergebnisse für reine 6.xxx-Fraktion

Die Reinheit in der Austragsfraktion liegt bei etwa 98 % (Bild 7), wenn nur über den Magnesiumgehalt jedes Schrottstück sortiert wird. 2 % des Materials wurden aufgrund von überlappenden Schrottstücken falsch sortiert. Überlappung von Stücken kann dazu führen, dass zwei Stücke gleichzeitig durch die Luftdruckdüsen ausgetragen werden. Diese Art von Fehlsortierung ist bei sensorgestützten Sortierverfahren ein gängiges Problem.

In einem zweiten Versuch war es das Ziel eine reine 5.xxx-Fraktion von der gleichen Schrottquelle zu generieren.

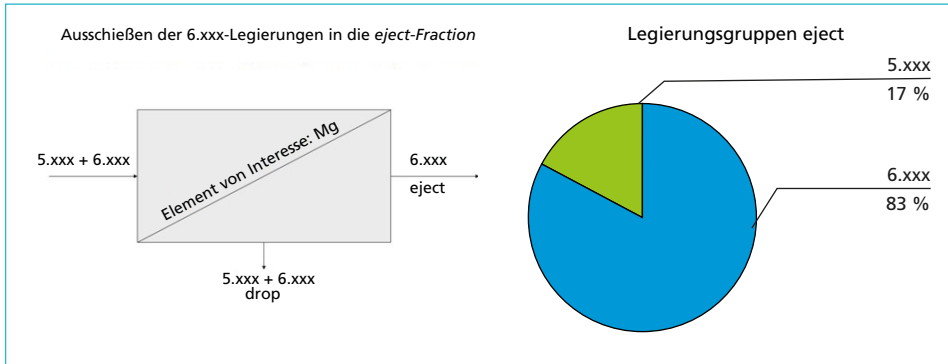


Bild 8: Gewinnung von 5.xxx Legierungen durch Sortierung über Mg

Die Reinheit der hergestellten 6.xxx-Fraktion ist bei 83 % (Bild 8). Die deutlich niedrigere Reinheit (Differenz 15 %) kam, wie bereits erwähnt, u.a. durch Überlappung von Schrottstücken zustande. Die Analyse der Daten zeigte, dass einige Stücke nicht korrekt vom Laser erkannt wurden. Die Ergebnisse konnten durch die Zuhilfenahme eines zusätzlichen Sortierkriteriums für Silizium deutlich verbessert werden.

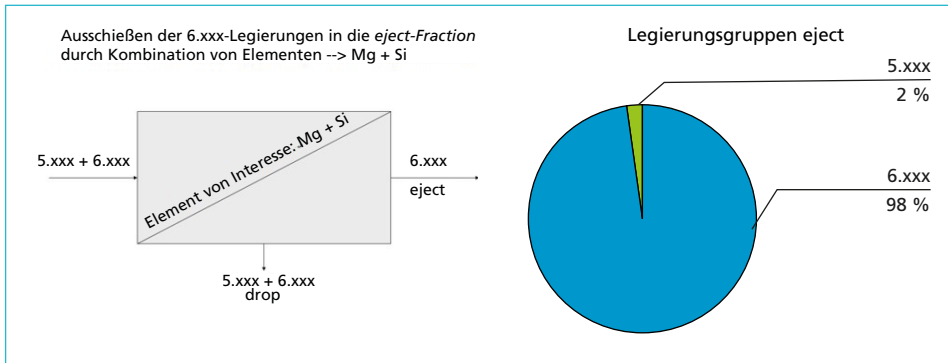


Bild 9: Gewinnung von 5.xxx Legierungen durch Sortierung über Mg und Si

Das Ergebnis zeigt, dass durch eine Kombination von Elementen (Mg + Si) die höchste Genauigkeit erreicht werden konnte (Bild 9). Im Rahmen von zukünftigen Versuchen wird die Rückgewinnungsrate weiter optimiert.

7. Fazit

LIBS-basierte Sensoren sind bis heute die Vielversprechendsten um Produktionsschrotte aus der Automobilindustrie zur sortieren, obwohl die Sortierung von 5.xxx- und 6.xxx-Legierungen im Vergleich zu anderen Sortieraufgaben anspruchsvoller ist. Zunächst

besteht eine Unsicherheit bezüglich der Zusammensetzung der Eingangsmaterialien. Außerdem müssen beide Sortierprodukte hohe Qualitätsanforderungen erfüllen, was bedeutet, dass für beide Produkte eine hohe Reinheit und ein hohes Ausbringen gewährleistet werden muss.

Da die Sortiereffizienz in engem Zusammenhang mit den Eingangsqualitäten steht, muss die Sortierung eine hohe Genauigkeit aufweisen. Die LIBS-Analyse ist abhängig von der Signalstärke die im Spektrometer detektiert wird, daher müssen alle Oberflächeneffekte, die sich auf das Signal auswirken bei der Sortierentscheidung berücksichtigt werden. Außerdem zeigen nicht alle gängigen Legierungselemente die gleiche analytische Genauigkeit, so dass bei der Auswahl von Sortierkriterien eine intelligente Kombination von Elementen erfolgen muss.

8. Quellen

- [1] Ducker Worldwide: Aluminium Content in Cars. Summary report prepared for European Aluminium, June 2016
- [2] Rombach, G.: Metallurgie und Prozesstechnik von Aluminiumschmelzen (Lecture RWTH Aachen University, 2018)
- [3] Rombach, G.: Raw Material Supply by Aluminium Recycling – Efficiency Evaluation and Long-term Availability. The Diamond Jubilee Issue, Acta Materialia 61 (2013) 1012–1020
- [4] Sattler, H.P.: Schrottsortieren mit Laser – ein automatisches Aufbereitungsverfahren für vermischte NE-Metalle von Automobilshredder. VDI Berichte 934, Düsseldorf 1991

Ansprechpartner



Dr. Claudius Laska

Hydro Aluminium Rolled Products GmbH

Projektleiter

Prozessentwicklung

Georg-von-Boeselager-Straße 21

53117 Bonn, Deutschland

+49 228-552-2004

claudius.laska@hydro.com

Kostenfreie Artikel



WIE FINDE ICH DIE FÜR MICH INTERESSANTEN FACHARTIKEL?

www.vivis.de

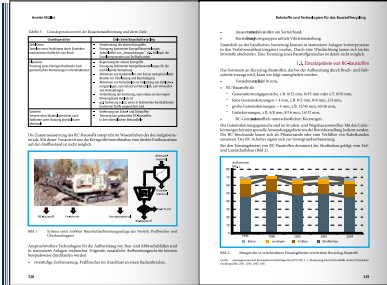
Möglichkeit 1: Fachartikel-Suche nach Thema

Auf der Startseite www.vivis.de befindet sich oben rechts der Button **Fachbeiträge**, den Sie bitte auswählen. Wenn Sie die Unterkategorie **Beiträge** anklicken, gelangen Sie zu der Themenliste. Hier sind die Oberbegriffe alphabetisch aufgelistet. Teilweise untergliedern sie sich noch in Unterthemen. Wenn Sie eines dieser Themen auswählen, finden Sie die dazu passenden, bei uns verfügbaren Beiträge mit den zugehörigen bibliographischen Angaben.

Möglichkeit 2: Fachartikel-Suche nach Tagung

Wenn Sie Artikel zu einer bestimmten Konferenz bzw. aus einem bestimmten Tagungsband suchen, gehen Sie in den Bereich **Fachbücher**. Dort sind die im TK Verlag erschienen Bücher – thematisch geordnet – zu finden. Die aktuellen Bücher finden Sie in der Kategorie **Neuerscheinungen**. Haben Sie das gesuchte Buch gefunden, folgen Sie dem Link **Inhaltsverzeichnis**.

Durch Klicken auf den Beitragstitel öffnet sich ein Fenster mit dem gesuchten Beitrag im PDF-Format. Dieser kann einfach und schnell heruntergeladen werden.



Sollten Sie Interesse an mehreren Beiträgen aus dem gleichen Buch haben, bietet es sich an, dieses direkt bei uns zu bestellen. Lieferbare Bücher sind in der Rubrik **Fachbücher** zu finden.

TK Verlag GmbH
 Dorfstraße 51
 D-16816 Nietzwerder-Neuruppin
 Tel. +49.3391-45.45-0 • Fax +49.3391-45.45-10
 E-Mail: order@vivis.de

