

Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik UMTEC besteht aus drei Fachgruppen: Rohstoff und Recycling, Wasser und Abwassertechnik sowie Advanced Materials and Processes. Rund 15 Wissenschaftler/innen und Ingenieure/innen aus den Bereichen Maschinen- und Verfahrenstechnik, Umweltwissenschaften und Chemie betreuen Forschungs- und Entwicklungsprojekte.

Die **Fachgruppe Rohstoffe und Recycling** beschäftigt sich vor allem mit der mechanischen Aufbereitung von Sekundärrohstoffen. In einem einzigartig ausgestatteten Verfahrenstechniklabor entwickeln wir Verfahren und Geräte zur Separation von Schüttgütern und zur Phasentrennung. Wir greifen auf eine langjährige Erfahrung aus zahlreichen Projekten mit Industrieunternehmungen und Umweltämtern zurück. Rund 40 Patentanmeldungen belegen unser Innovationspotenzial. Unsere acht Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Bereich Recycling und Verfahrenstechnik sind überwiegend Ingenieure/innen von der OST und der ETH Zürich.

www.umtec.ch / www.ost.ch

„Wir erforschen technische Probleme nicht.
Wir lösen sie!“ UMTEC

BatZink

Zink und Verunreinigungen in KVA-Eisenschrott

Hintergrund

In der Schweiz werden rund ein Drittel aller verkauften Batterien unsachgemäss über den Haushaltskehricht in einer KVA entsorgt. Das entspricht einer Menge von jährlich rund 35 Mio. Batterien mit einem Gesamtgewicht von 360 t. Die vorliegenden Projektarbeiten haben gezeigt, dass diese Batterien im Rahmen der gesetzlich erforderlichen Metallentfrachtung der KVA-Schlacken in alle in der Schweiz produzierten KVA-Eisenschrottfractionen gelangen. Die Abbildung 1 zeigt die Konzentration der Batterien in allen Eisenschrottfractionen der in dieser Untersuchung betrachteten Aufbereitungsanlagen.

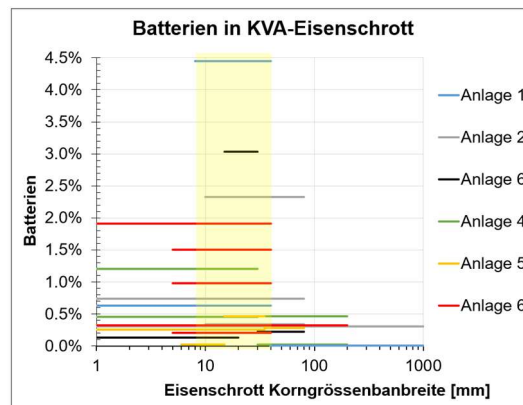


Abbildung 1: Darstellung der Grössenbereiche sowie der Batteriekonzentration der untersuchten Eisenschrottfractionen. Die Breite der Balken repräsentiert die Korngrößenverteilung der ausgewerteten Eisenschrott-Fractionen. Der gelb markierte Bereich zeigt den Korngrößenbereich von 8 - 32 mm an, in dem hausaltübliche Batterien auf Grund ihrer Grösse zu erwarten wären

Die Projektpartner:

- Amt f. Wasser u. Abfall, BE
- Amt f. Umwelt. u. Energie, BL
- Amt f. Umwelt. u. Energie, BS
- Entsorgung, SG
- Amt für Umwelt, TG
- AWEL, ZH
- AVAG Umwelt AG
- Deponie Elbisgraben
- Deponie Teuftal AG
- Gebr. Lienhard AG
- Renergia Zentralschweiz AG
- Thommen AG
- VBSA – ASER – ASIR
- Verband KVA Thurgau
- Zweckverb. Kehrichtverwertung, ZH Oberland

Die untersuchten Eisenschrottfractionen haben einen durchschnittlichen Batterieanteil von 1.3 Massen-% (M%) aufgewiesen. Weil die Haushaltsbatterien in der Regel zinkhaltig sind, weisen die KVA-Stahlschrottfractionen auch einen aussergewöhnlich hohen Zinkgehalt auf.

Der KVA-Eisenschrott wird mittels mechanischer Verfahren aus der KVA-Schlacke extrahiert. Die Untersuchungen haben ergeben, dass von den rund 67'000 t jährlich in den Schweizer Aufbereitungsanlagen anfallenden KVA-Eisenschrottfractionen nur ca. 40 M% tatsächlich Eisenschrott ist, die restlichen 60 M% bestehen aus Schlacke (Schlackenanhaftungen am Stahl und Schlackenfehlaustrag bedingt durch magnetische Schlacke). Dadurch werden mit dem KVA-Stahlschrott aktuell jährlich rund 110 t Zink und 40'000 t KVA-Schlacke in Schwellenländer exportiert. Das Zink befindet sich dabei zur Hälfte in den im Schrott enthaltenen Batterien und zur anderen Hälfte in der Schlacke.

Bedingt durch den tiefen Siedepunkt wird das Zink in den Stahlwerken auch mittels moderner Rauchgasreinigungstechnik nicht ausreichend zurückgehalten und gelangt in der Folge als Gas- und Staubfraktionen unkontrolliert in die Umwelt. Aufgrund der hohen Verunreinigung und dem hohen Zinkgehalt vermeiden Stahlwerke in Regionen mit hohen Umweltstandards die Verarbeitung von KVA-Eisenschrott. Infolgedessen wird dieser Schrott in Schwellenländer mit tieferen Umweltstandards, insbesondere in die Türkei und nach Indien, exportiert. Die Freisetzung von Zink durch Stahlwerke belastet nachweislich die Böden und führt beim Einatmen von zinkhaltigem Feinstaub zu gesundheitlichen Problemen bei der lokalen Bevölkerung. Der Export von mit Zink verunreinigtem Stahlschrott aus der Schweiz hat somit negative Auswirkungen auf die Bevölkerung und die Umwelt in Schwellenländern. Die hohen Schlackenanteile im KVA-Eisenschrott verursachen zudem durch den Transport über weite Strecken unnötige Emissionen. Darüber hinaus wird auf diesem Weg Schlacke zur Deponierung in Ländern mit niedrigeren Umweltstandards exportiert.

Die im Mai 2024 verkündete EU-Verordnung (EG) Nummer 1013/2006 zur Verbringung von Abfällen, "EU-Vorschriften für die Verbringung von Abfällen innerhalb und ausserhalb der EU-Grenzen zum Schutz der Umwelt und der öffentlichen Gesundheit", tritt ab 2026 schrittweise in Kraft. Die Verordnung verfolgt das Ziel, das Verbringen von gefährlichen Abfällen zwischen den Mitgliedsstaaten sowie den Export aus der EU zu unterbinden. Die Europäische Kommission formuliert das angestrebte Ziel auf ihrer offiziellen Internet-Publikationsplattform wie folgt:

- Es soll sichergestellt werden, dass die EU ihre Abfallprobleme nicht in Drittländer exportiert und zu einer umweltverträglichen Abfallbewirtschaftung beiträgt.
- Stärkung der Durchsetzung, um illegale Verbringungen von Abfällen innerhalb der EU sowie aus der EU in Drittländer zu verhindern.
- Verbesserung der Rückverfolgbarkeit von Abfallverbringungen innerhalb der EU und Erleichterung des Recyclings und der Wiederverwendung.

Bereits im Jahr 2025 stellte die Thommen AG fest, dass der Export von Schrott aus der Schweiz von der EU verstärkt kontrolliert wird. Die Thommen AG gelangte zu der Überzeugung, dass KVA-Schrott ab dem Jahr 2026 aufgrund der hohen Verunreinigung von der EU mit hoher Wahrscheinlichkeit als Sonderabfall (AVV-Code 19 01 11) klassifiziert werden wird. Im Falle einer Bestätigung dieser Einschätzung ergibt sich für KVA-Stahlschrott mangels Alternativen die Notwendigkeit einer Aufbereitung in der Schweiz.

Im Rahmen des Projektes BatZink wurde aufgezeigt, dass die Aufbereitung von KVA-Eisenschrott trotz Batterien technisch umsetzbar ist und dass die aktuell praktizierten Schrottaufbereitungsmethoden für KVA-Eisenschrott ungeeignet sind. Die Projektergebnisse zeigen, dass durch eine skalierbare mechanische Aufbereitung von KVA-Eisenschrott die Erzeugung der im Antrag geforderten Schrottqualität E46 übertroffen werden kann und sogar eine Schrottqualität E40 (Cu <0.3 M%, Sn <0.02 M%, CrNiMo <0.25 M%) realisierbar ist. Der KVA-Eisenschrott wird dazu zuerst in einem Friktionsreiniger in einem trocken durchgeführten Verfahren mechanisch gereinigt und anschliessend mit einer ballistischen Magnetseparation und einer Roboter-Sortierung aufbereitet. Dieses Verfahren erzeugte eine blanke Eisenfraktion, eine Batteriefraktion und ein Nichteisenmetall-Konzentrat, in welchem z.B. auch Kupferspulen enthalten waren. Als Abfallprodukt übrig blieb die im Schrott enthaltene Schlacke, welche als Schlacke in der Schweiz gesetzeskonform deponiert werden muss. Die mittels Roboter aussortierten Batterien werden vorzugsweise dem inländische Batterierecycling zugeführt. Sofern dies aus politischen oder technischen Gründen nicht realisierbar ist, sind die Batterien mittels einer Exzentrerschwingmühle aufzuschliessen. Dadurch werden die Stahlhülsen vom Inhalt getrennt und es wird ein Rückstand mit 25 M% Zink und 35 M% Mangan erzeugt. Sowohl das Zink als auch das Mangan werden anschliessend mit einer Aufbereitung im Wälzverfahren zurückgewonnen. Der beschriebene Prozess wird als das "Smart"-Verfahren bezeichnet, siehe Abb. 2.

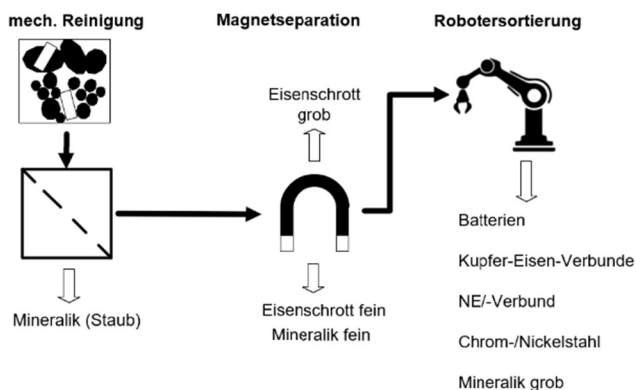


Abbildung 2: vereinfachtes Verfahrensfliessbild Verfahren "Smart" ohne Batterieaufschluss.

Kontakt

Prof. Martin Däscher, Tel. 058 257 48 60 (Sekretariat)

OST Ostschweizer Fachhochschule ▪ UMTEC Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik ▪ Oberseestrasse 10 ▪ CH-8640 Rapperswil

Die Implementierung des Verfahrens "Smart" resultiert in einer jährlichen Reduktion von 5,7 Mio. t CO₂-Äquivalent im Vergleich zum Referenzszenario, welches den aktuell gelebten Export von nicht aufbereitetem Eisenschrott beschreibt. Die Thommen AG kalkuliert die nötigen Prozesskosten für die Aufbereitung mengenabhängig mit 100 – 200 CHF pro Tonne KVA-Eisenschrott. Die Kosten für die Zinkrückgewinnung betragen gemäss Blubox Trading AG ca. 120 CHF pro Tonne Batterieinhalt, woraus sich Kosten von ca. 0.40 CHF pro Tonne KVA-Eisenschrott ergeben. Die vorliegenden Daten legen nahe, dass sich die Aufbereitungskosten für eine Gesamtmenge von 66'790 t Eisenschrott pro Jahr zwischen 6 und 14 Mio. CHF liegen werden.

Als vereinfachte Version wurde das Verfahren "Brachial" entwickelt, in welchem auf die technisch aufwändige Robotersortierung verzichtet wird. Bei diesem Verfahren wird der gesamte KVA-Eisenschrott inkl. Batterien in einer Exzentrerschwingmühle aufgeschlossen. Während des Mahlens wird Luft in die Mühle eingeblasen, um die zu Staub zermahlene Schlacke inkl. Batterieinhalt vom Eisenschrott abzutrennen. In den durchgeführten Versuchen produzierte die Exzentrerschwingmühle aus dem KVA-Eisenschrott eine ausgezeichnete, blanke Eisenschrottfraction (ca. 46 M%) und eine Stauffraction aus Schlacke und Batterieinhalt (ca. 54 M%). Diese Stauffraction hatte einen Zinkgehalt von ca. 1.5 M%. Aufgrund der tiefen Zinkkonzentration ist eine Zink Rückgewinnung nicht möglich. Das Zink bleibt folglich in der Schlacke zurück.

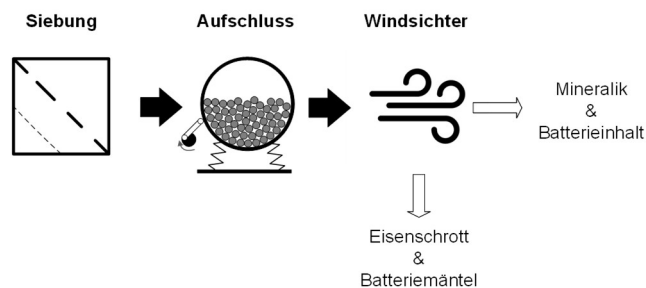


Abbildung 3: vereinfachtes Verfahrensfliessbild Verfahren "Brachial"

Das Verfahren "Brachial" erzeugt auf die gesamte KVA-Eisenschrottmenge einen Umweltnutzen von jährlich 5,2 Mio.t CO₂-Äquivalent. Die Kosten dieser Methode liegen bei schätzungsweise 100 CHF/t KVA-Eisenschrott.

Zum Vergleich: Die in der Schweiz etablierte saure Wäsche von Flugasche (FLUWA) verhindert jährlich 5'000 – 10'000 t CO₂-Äquivalent bei verursachten Kosten von 600 – 1'000 CHF/t Flugasche. Die KVA-Eisenschrottaufbereitung hat somit gemessen am CO₂-Äquivalent einen grösseren jährlichen Umweltnutzen bei deutlich geringeren Kosten als die etablierte FLUWA. Das Projekt "BatZink" demonstriert die technische Umsetzbarkeit der Abscheidung von Batterien und Restschlacken aus KVA-Eisenschrott und präsentiert Möglichkeiten für technische Lösungen. Die Abscheidung von 360 t Batterien und 40'000 t Schlacke pro Jahr ist technisch umsetzbar und ökonomisch vertretbar. Die Schweiz exportiert gegenwärtig unter Missachtung der eigenen Umweltstandards gefährliche Abfallprodukte in Schwellenländer und erzielt damit Kosteneinsparungen. Die gegenwärtig praktizierte Vorgehensweise hat nachweislich negative Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheit der Bevölkerung in Schwellenländern. Die EU wird voraussichtlich regulatorische Massnahmen ergreifen, um das Verschieben gefährlicher Abfälle zur Umgehung von Umweltschutzmassnahmen und zur Einsparung von Kosten zu unterbinden. Es ist davon auszugehen, dass auch der Transit von Abfällen aus der Schweiz durch die EU von den regulatorischen Massnahmen der EU betroffen sein wird.

Eine VVEA-Vollzugshilfe muss den Weg für die Umsetzung eben und ein sicheres Umfeld für anstehende Investitionen schaffen.