

PROJEKT

AUFSCHLUSS, TRENNUNG UND RECYCLING VON RESSOURCENRELEVANTEN METALLEN AUS RÜCKSTÄNDEN THERMISCHER PROZESSE MIT INNOVATIVEN VERFAHREN (ATR)

URL: <http://www.atr.bam.de>

PROJEKTLAUFZEIT

2012 bis 2015

PROJEKTART

Verbundprojekt der BMBF-Fördermaßnahme "r³ - Innovative Technologien für Ressourceneffizienz - Strategische Metalle und Mineralien" (Förderkennzeichen: 033R086 (A bis I)).

GEGENSTAND

In der Bundesrepublik Deutschland fallen durch die thermische Abfallbehandlung derzeit jährlich rund 5 Millionen Tonnen Rostaschen an. Diese Hausmüllverbrennungsaschen (HMVA) bestehen zu etwa 10% aus Metallen. Während Eisenmetalle bereits heute größtenteils effektiv abgetrennt werden können, findet bei den nicht magnetischen Metallen eine weitaus geringere Rückgewinnung statt. Das ATR-Projekt widmete sich der Erschließung dieser Recycling-Potentiale im Sinne des Urban Mining.

ZIEL

Um die Ausbringung von Metallen aus Hausmüllverbrennungsaschen zu steigern, wurde ein innovatives, mehrstufiges Aufschluss-, Trennungs- und Rückgewinnungsverfahren (ATR) etabliert.

PROJEKTINHALTE

1. Bereitstellung und Analyse von Inputmaterialien (im Wesentlichen Rostaschen aus Hausmüllverbrennungsanlagen (HMVA), HMVA aus Deponien (Landfill Mining) und metallurgische Schlacken)
2. Aufbau und Betrieb einer großtechnischen Anlage und eines Technikums (jeweils mit mehreren mechanischen Aufbereitungsschritten u.a. jeweils mit spezieller Hochgeschwindigkeitsprallzerkleinerung)
3. Abtrennung der oxidischen und elementaren Metallbestandteile (Flotation, Dichtesortierung, hydrothermale Verfahren, enzymatische Verfahren)
4. Bilanzierung und Bewertung der einzelnen Verfahrensschritte
5. Verwertungsoptionen für elementare Metalle in sehr feinen Korngrößen

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Vorhabens war die Steigerung der Rückgewinnung von Metallen aus Aschen und Schlacken, insbesondere aus Hausmüllverbrennungsaschen (HMVA), durch Aufschluss aus den mineralischen Verbunden. Durch das innovative Prallzerkleinerungsverfahren des Projektpartners TARTECH eco industries AG sollten Verunreinigungen an den Metallen vollständig abgeschlagen werden. Für die großtechnische Demonstration dieses Verfahrens wurden durch die Projektpartner Stadtreinigung Hamburg (SRH) und Berliner Stadtreinigung (BSR) unterschiedliche Chargen HMVA, insgesamt ca. 5.000 Mg, zur Verfügung gestellt. Das zerkleinerte und von Eisen- und Nichteisen-Metallen entfrachtete Material mit vorwiegend oxidisch gebundenen Metallen wurde für weitere Verfahren verwendet. Zur Rückgewinnung von Kupfer wurden an der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) Verfahren zur Flotation und Dichtesortierung und bei der Spicon GmbH Verfahren zur enzymatischen Extraktion erforscht. An der Ludwig-Maximilians Universität (LMU) wurde die hydrothermale Extraktion von Blei und Zink sowie deren Rückfällung untersucht.

Mit Blick auf die weitgehende Verwertung separierter Stoffströme wurde zum Einen untersucht, ob die mineralische Fraktion nach einer derartigen Behandlung noch zur Verwertung bei der Deponiesanierung einsetzbar ist. Zum Anderen wurde eine aus HMVA gewonnene Aluminiumfraktionen (< 3 mm) beim Projektpartner Helmholtz-Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH (HZG) zur Synthese von Wasserstoffspeichermaterialien eingesetzt.

Mit Blick auf einen möglichen Technologietransfer für das innovative Prallzerkleinerungsverfahren wurden seitens des Projektpartners Universität Duisburg-Essen (UDE) geeignete Schlacken aus der Stahl-, Edelstahl- und NE-Metallindustrie ermittelt. Zudem wurden beim Projektpartner Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT Reststoffe aus WEEE-Recyclingprozessen verbrannt und in Teilen der großtechnisch umgesetzten Anlage aufbereitet.

Die Arbeiten im Rahmen des Verbundprojekts haben gezeigt, dass mit innovativen Technologien die Rückgewinnungsquoten von Nichteisenmetallen aus HMVA gegenüber Anlagen, die nach dem Stand der Technik arbeiten, deutlich erhöht werden können (Alpha-Linie). Vor allem die Metalle Aluminium, Kupfer sowie Legierungselemente aus Messing konnten vermehrt zurückgewonnen werden. Die Anreicherung von weiteren wertvollen Metallen in separierten Stoffströmen aus der Fraktion < 2 mm (Beta-Linie) wurde im Rahmen des Projektes nicht systematisch untersucht, wurde jedoch durch die Abnehmer der gewonnenen Konzentrate bestätigt. Der Anteil dieser Fraktion < 2 mm wird zwar bereits in der Alpha-Linie deutlich erhöht, eine Verwertung im Deponiebau auf der Deponie Schöneicher Plan ist jedoch weiterhin möglich.

Die Ergebnisse der ökobilanziellen Betrachtungen zeigten, dass die Aufbereitung metallhaltiger HMVA grundsätzlich ökologische, soziale bzw. sozioökonomische Vorteile erbringt. Bereits die Aufbereitung von HMVA nach dem Stand der Technik ergibt demnach eine deutlich Gutschrift für die zurückgewonnenen Metalle, die unter Berücksichtigung der dabei erzeugten Emissionen im Saldo zu einer Einsparung führt. Die Bilanzierung der Versuche im Rahmen des Projektes unterstreichen, dass das Ausmaß der Entlastung für Umwelt und Gesellschaft vor allem von den Metallgehalten der behandelten HMVA abhängt. Dabei lassen sich die ökologischen Vorteile auf die Schonung primärer Rohstoffe zurückführen. Insbesondere die hochwertige Aufbereitung unbehandelter HMVA mit hohen Gehalten an Eisen, Kupfer und Aluminium ist mit ökologischen Vorteilen verbunden. Im Weiteren zeigten die Untersuchungen, dass die Erschließung des Rohstoffpotenzials von HMVA in der Korngrößenfraktion < 2 mm durch den verfahrenstechnischen Mehraufwand in Form der der Beta - Linie generell sinnvoll ist.

PROJEKTLEITUNG

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
Kontakt: Dr. Olaf Holm, [Abteilung 4 Material und Umwelt](#)
Email: Olaf.Holm@bam.de

PARTNER

- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)
- Berliner Stadtreinigungsbetriebe (BSR)
- Fraunhofer UMSICHT Institutsteil Sulzbach-Rosenberg
- Helmholtz Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH
- Ludwig-Maximilians-Universität München
- SpiCon GmbH
- Stadtreinigung Hamburg (SRH)
- TARTECH eco industries AG
- Universität Duisburg-Essen - Institut für Metallurgie und Umformtechnik

VIDEOS

[BAM-075-Ressourcen-aus-Abfaellen-gewinnen.flv](#)

[BAM-075-Ressourcen-aus-Abfaellen-gewinnen.pdf](#)

[BAM-076-Resources-from-Waste.flv](#)

[BAM-076-Resources-from-Waste.pdf](#)

VERÖFFENTLICHUNGEN

Bergemann, N., C. Pistidda, C., Milanese, A., Girella, B.R.S. Hansen, J., Wurr, J.M., Bellosta von Colbe, J., Jepsen, T.R., Jensen, A., Marini, T., Klassen, and M. Dornheim (2014), *NaAlH₄ production from waste aluminum by reactive ball milling*, Int. J. Hydrogen Energy, 39(18), 9877-9882.

Deike, R., Ebert, D., Schubert, D., Ullm, R., Warnecke, R. und M. Vogell (2013), *Reste in Schlacke und Asche – Beim Recycling von Metallen aus den Rückständen der Abfallverbrennung kommt es auf die Reinheit der Fraktionen an*. ReSource 26(3): 24-30.

Enzner, V. und K. Kuchta, (2014), *Metallrückgewinnung aus Hausmüllverbrennungsschlacken*, 3. Symposium Rohstoffeffizienz und Rohstoffinnovationen, Nürnberg 5. und 6. Februar 2014, S.299-306. (Beitrag im Tagungsband und Posterpräsentation)

Enzner, V.; Ritzkowski, M. und K. Kuchta, (2014), *Metals in bottom ash landfills – resource potential and recovery options, Crete 2014*. 4th International Conference – Industrial and Hazardous Waste Management. September 2nd – 5th 2014. Chania/ Crete/ Greece. (Beitrag im Tagungsband und Präsentation)

Günther, A., Fehr, K.T. & John, M. (2014), *Hydrothermale Extraktion von MVA Rückständen*, DepoTech Tagungsband 2014.

Günther, A., & Fehr, K.T. (2014), *Hydrothermal Solution of Heavy Metals from MSWI Fly Ashes*, Abstract ISHA 2014.

Günther, A., Fehr, K.T. & Hochleitner, R. (2014), *Hydrothermal Solution of Heavy Metals from MSWI Residues*. Tagungsband DMG Jena 2014

Günther, A. Fehr, K.T. & John, M. (2014), *Hydrothermale Extraktion von Blei und Zink aus MVA-Rückständen*, Urban Mining Congress 2014.

Günther, A., Beck, A. & Fehr, K.T. (2013), *Hydrothermal Recovery of Zn and Pb from MSWI Bottom Ashes and APC Residues*, Abstract ISHA 2013.

Holm, O. (2014), *Recovery of copper from small grain sizes of municipal solid waste incineration bottom ash by means of density separation*, SUM 2014 - 2nd Symposium on Urban Mining, Bergamo, Proceedings Paper.

Holm, O. (2015), *Innovative treatment trains of bottom ash (BA) from municipal solid waste incineration (MSWI) in Germany*, SARDINIA 2015 - 15th International Waste Management and Landfill Symposium, S.Margherita di Pula, Cagliari, Proceedings Paper.

Holm, O. and Simon F.-G. (2017). *Innovative treatment trains of bottom ash (BA) from municipal solid waste incineration (MSWI) in Germany*. Waste Management 59: 229-236.

Krüger, O. und Simon, F.G. (2012), *Aufschluss, Trennung und Rückgewinnung von ressourcen-relevanten Metallen aus Rückständen thermischer Prozesse*, in: Stegmann, R., Rettenberger, G., Kuchta, K., Fricke, K. und Heyer, K.U. (Hrsg.), Deponietechnik 2012, Hamburger Berichte Bd. 37, 177-186, Verlag Abfall aktuell

Kuchta, K. (2012), *Rückgewinnung von Metallen aus Schlackedeponien und potentielle Verwertungswege*, Deponietechnik 2012, R. Stegmann; G. Rettenberger; K. Fricke, K. Kuchta, K-U. Heyer (Hrsg.), Verlag Abfall aktuell, Stuttgart.

Kuchta, K. (2014), *Schlackeaufbereitung zur Separierung von Metallen und Seltenen Erden*, In: Deponietechnik 2014. R. Stegmann; G. Rettenberger; R. Siechau; K. Fricke; K. Kuchta; K.-U. Heyer (Hrsg.), Verlag Abfall aktuell, Stuttgart.

Kücüker, M.; Westphal, L. und K. Kuchta, (2013), *Bottom Ash from Municipal solid waste incineration plants in Hamburg*, IWWG International Waste Working Group (Hg.): Sardinia_2013. Cossu, Pinjing He, Kjeldsen, Matsufuji, Reinhart und Stegmann. 14th International Waste Management and Landfill Symposium, 30.9.2013 - 4.10.2013, S. 372

Lübben, S. (2015), *Verwertung von Abfallverbrennungasche als Zuschlagstoff in der Beton-, Asphalt- und Zementindustrie, Aschen, Schlacken, Stäube und Baurestmassen* – Mineralische Nebenprodukte und Abfälle 2, Berliner Schlackenkonferenz – K. J. Thomé-Kozmiensky. Neuruppin, TK-Verlag, 321-335

Simon, F.G. und Adam, C. (2012), *Ressourcen aus Abfall*. Chemie Ingenieur Technik 84(7), 999-1004

Simon, F.G. und Holm O. (2013), *Recovery of Metals from Waste, an Example for the Resource Cycle*, World Resources Forum, Shaping the Future of Natural Resources, Davos(CH), EMPA, Proceedings Paper.

Simon, F.G. und O. Holm (2013), *Rostasche – Durch Aufschluss, Trennung und Rückgewinnung von Metallen aus Rückständen thermischer Prozesse kann die Metallausbeute erhöht werden*, ReSource 26(3): 31-37.

Simon, F. G. and O. Holm (2013), *Aufschluss, Trennung, Rückgewinnung von Metallen aus Rückständen thermischer Prozess - Verdopplung der Metallausbeute aus MVA-Rostasche, Aschen, Schlacken, Stäube aus Abfallverbrennung und Metallurgie* – Berliner Schlackenkonferenz – K. J. Thomé-Kozmiensky. Neuruppin, TK-Verlag, 297-310.

Simon, F.G. und O. Holm (2015), *Recovery of metals from waste, an example for the resource cycle*, Natural resources, Sustainable targets, technologies, lifestyles and governance. C. Ludwig, C. Matasci and X. Edelman. Villigen PSI, CH, Paul Scherrer Institut, 289-293.

Simon, F.-G. and Holm, O. (2016). *Exergetic considerations on the recovery of metals from waste*. International Journal of Exergy 19(3): 352-363.

Simon, F.-G. and Holm, O. (2016). *Reduction of natural resource use by improving resource efficiency*. Universal Journal of Materials Science 4(3): 54-59.