

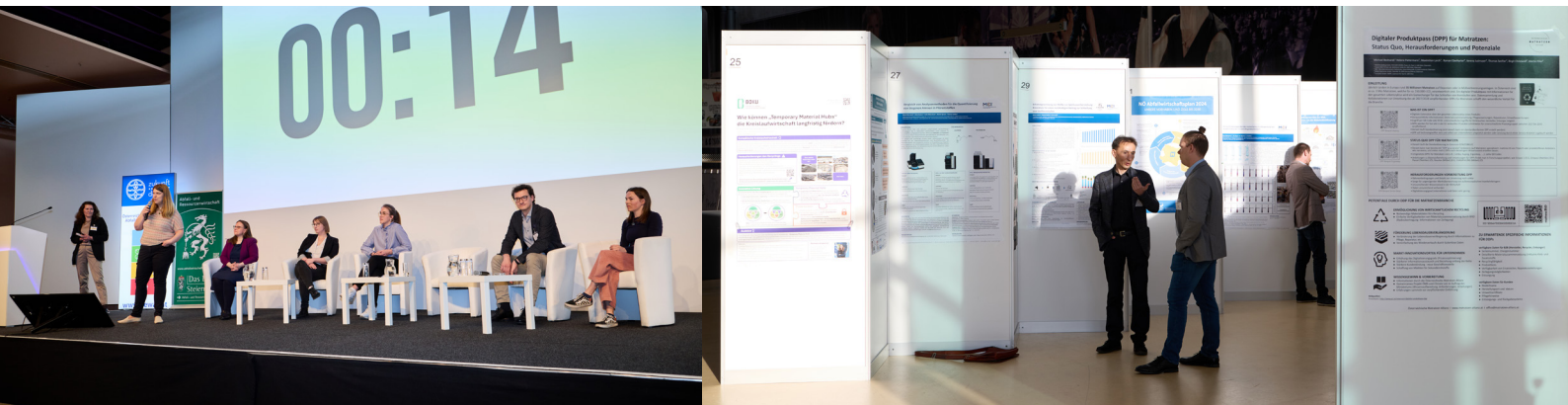


zukunft  
SEIT 1909  
denken

# Österreichische Abfallwirtschaftstagung 2026

## Postersession

### Book of Abstracts



**25. bis 27. März 2026**  
Vienna Airport Conference & Innovation Center  
1300 Wien-Flughafen | Office Park 4

Nr.	Nachname	Vorname	Institution	Email	Autorenliste	Titel des Posters
1	Kremlicka	Thomas	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	thomas.kremlicka@unileoben.ac.at	T. Kremlicka, P. Demschar, K. P. Sedlazeck	Vom Umweltversprechen zur Ressource - Spinelle in Rostaschen kritisch betrachtet
2	Demschar	Paul	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	paul.demschar@unileoben.ac.at	P. Demschar, T. Kremlicka, K. P. Sedlazeck	Resource Uncovered: Scherensande als strategische Rohstoffquelle für die Stahlindustrie
3	Maruschka	Leah	Universität für Bodenkultur, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft	leah.maruschka@gmail.com	L. Maruschka, C. Olscher, F. Part	Studie zur Zirkularität von Lösemitteln im chemischen Recycling von Epoxidharzen
4	Jahn	Elisabeth	Umweltbundesamt GmbH/Team Abfälle & Stoffflussmanagement	elisabeth.jahn@umweltbundesamt.at	E. Jahn, B. Stoifl	Abfallvermeidung in Wohnhausanlagen
5	Schennach	Florian	MCI-Die Unternehmerische Hochschule, Innsbruck, Umwelt-,Verfahrens- und Energietechnik	florian.schennach@mci.edu	F. Schennach, D. Steinitz, M. Larch, S. Leitner, T. Senfter, T. Kofler, C. Mayerl, M. Pillei	Mikroplastik in der Land- und Forstwirtschaft
6	Challandes	Lydia	MCI-Die Unternehmerische Hochschule, Innsbruck, Umwelt-,Verfahrens- und Energietechnik	lydia.challandes@mci.edu	L. Challandes, J. Schobel, H. Schottenberger, M. Rupprich, C. W. Huck, T. Senfter, J. Back	Regenerierbare Fluorophile Ionenaustauscher zur Selektiven PFAS-Entfernung
7	Germann	Jakob	MCI-Die Unternehmerische Hochschule, Innsbruck	jakob.germann@mci.edu	J. Germann, T. Senfter, S. Kostner, C. Margreiter	Effekt von Aktivkohle auf die Biogasproduktion mit Klärschlamm
8	Larch	Maximilian	MCI-Die Unternehmerische Hochschule, Innsbruck, Umwelt-,Verfahrens- und Energietechnik	Maximilian.Larch@mci.edu	M. Larch, J. Emmerich, C. Mayerl, L. Ebert, M. Spruck, T. Kofler, T. Senfter, M. Pillei	Recyclingpotential in der Pilzindustrie
9	Kiem	Felix	DAKA Entsorgungsunternehmen GmbH & Co.KG	felixkiem@proton.me	F. Kiem, M. Zitterbart, M. Klingler	Recyclingkonzept für PV-Module: Optimierung der ersten Verarbeitungsstufe und Analyse der anschließenden Verwertungswege
10	Kopecská	Romana	Universität für Bodenkultur, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft	romana.kopecska@boku.ac.at	R. Kopecská, M. Hrad, M. Huber-Humer	Lagern oder nicht lagern: Wie entscheiden wir, ob "temporäre Wertstofflager" zur Steigerung einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt werden sollen?

11	Schweiberer	Nina	Betten Eberharter GmbH	nina.s@betten-eberharter.at	N. Schweiberer, B. Christandl, T. Senfter, M. Berger, M. Larch, R. Eberharter, M. Zitterbart, M. Pillei	CirMat - Kreislauffähige Matratze und Abfallsammelsystem
12	Weber	Hannah	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	hannah.weber@unileoben.ac.at	H. Weber, G. Koinig, J. Aberger, T. Fink, A. Tischberger-Aldrian	Einsatz KI-gestützter Modelle zur bildbasierten Sortierung von Post-Consumer-Textilien im Technikumsmaßstab
13	Ratz	Bettina	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	bettina.ratz@unileoben.ac.at	B. Ratz, K.P. Sedlazeck, M. Butacevic, S. Gul, A. Hassan, A. Kenny, F. Mittermayr, S. Radinger, S. Raič, O. Rudic, F.R. Steindl, C. Grengg	Geopolymerbaustoffe aus mineralischen Reststoffen: Anwendung und Umweltverträglichkeit
14	Egarter	Alexander	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	alexander.egarter@unileoben.ac.at	A. Egarter, R. Sarc	Entwicklung digitaler, sensorbasierter Methoden zur Charakterisierung von Abfällen
15	Hofmeister	Sabrina	ECOFIDES Consulting GmbH	sabrina.hofmeister@ecofides.at	S. Hofmeister, K. Gruber	Product/Service Carbon Footprint - Relevanz und Chancen für die Abfallwirtschaft
16	Aberger	Julian	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	julian.aberger@unileoben.ac.at	J. Aberger, R. Sarc	recAIcle: KI-Unterstützte Handsortierung
17	Hökl	Livia	Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Umwelttechnik	Livia.Hoekl@uibk.ac.at	L. Hökl, A. Bockreis	PFAS im Bioabfall: Erste Abschätzung der PFAS-Gesamtbelastung
18	Mattersberger	Fabian	TU-Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften	fabian.mattersberger@tuwien.ac.at	F. Mattersberger, F. Part, M. Gasser, R. Weber, E. Rosenberg, D. Leverenz, T. H. Christensen, H. Rechberger	Halogenierte Flammschutzmittel in Kunststoffrohren und Kabelkanälen des europäischen Bausektors
19	Soudachanh	Souphaphone	Universität für Bodenkultur, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft	soudachanh.souphaphone@boku.ac.at	S. Soudachanh, S. Salhofer	Umweltverträglichkeit der Wiederverwendung
20	Rodas Reyna	Constantin	TU-Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften,	constantin.rodas@tuwien.ac.at	C. Rodas	Glasrückgewinnung aus Bettaschen: Bilanzierung einer neuen Aufbereitungsanlage

21	Laure	Mariella	TU-Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften	mariella.laure@tuwien.ac.at	M. Laure, D. Blasenbauer	Sensorbasierte Sortierung zur Reduktion des Ziegelanteils in aufbereitetem Bauschutt
22	Kuhn	Nikolai	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	nikolai.kuhn@unileoben.ac.at	N. Kuhn, M. Mager, G. Koinig, J. Fischer, A. Tischberger-Aldrian	Das PP-Dilemma – wenn Modifizierbarkeit zum Problem wird
23	Leitner	Simon	MCI-Die Unternehmerische Hochschule, Innsbruck, Umwelt-, Verfahrens- und Energietechnik	simon.leit@gmx.at	S. Leitner, C. Mayerl, N. Knöpfle, S. Kostner, M. Larch, N. Kargruber, T. Senfter	Sprühtrocknung in der Abfallwirtschaft: Technologie und Anwendungen
24	Vydrenkova	Alena	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	alena.vydrenkova@unileoben.ac.at	A. Vydrenkova, K. P. Sedlazeck	Mechanische Aufbereitung von Mineralwolleabfällen für das Open-Loop-Recycling in der Zementindustrie
25	Koinig	Gerald	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	gerald.koinig@unileoben.ac.at	G. Koinig, J. Aberger, A. Tischberger-Aldrian	KIRAMET: KI Basiertes Recycling von Metallverbund-Abfällen
26	Müller	Eva	Amt der NÖ Landesregierung – Abt. Umwelt- u. Energiewirtschaft (RU3)	eva.mueller@noel.gv.at	E. Müller, J. Mayerhofer, E. Punesch	Abfall-Atlas Niederösterreich
27	Schneiderbeck	Martin	Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft	martin.schneiderbeck@unileoben.ac.at	M. Schneiderbeck, G. Koinig, J. Aberger, A. Tischberger-Aldrian	GreenPLAST-food: Grüne Kunststoffrecyclingfabrik für Lebensmittelkontaktmaterialien
28	Breslmayer	Gisela	TU-Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften	gisela.breslmayer@tuwien.ac.at	G. Breslmayer, D. Blasenbauer, J. Lederer	Methodenvergleich zur Heizwertbestimmung von Outputs einer Restmüllsortieranlage
29	Kählig	Pablo	TU-Wien, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften	pablo.kaehlig@tuwien.ac.at	P. Kählig, A. Bartl, J. Lederer	Händische und sensorbasierte Charakterisierung der Alttextilien in Graz
30	Menedetter	Victoria	pulswerk GmbH, BauKarussell e. Gen	menedetter@pulswerk.at	V. Menedetter, M. Meissner, J. Bermadinger, C. Pladerer	10 Jahre Social Urban Mining aus Sicht eines Genossenschaftsmitglieds
31	Wagner	Maximilian	pulswerk GmbH, BauKarussell e. Gen	wagner@pulswerk.at	M. Wagner, C. Pladerer	Kreislaufwirtschaft in der Filmbranche: Das Österreichische Umweltzeichen für Green Producing in Film und Fernsehen
32	Eder	Lucas	TU-Wien, Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement	lucas.eder@tuwien.ac.at	L. Eder, F. Mattersberger, H. Rechberger	Ermittlung der Schwermetallgehalte in Polyolefin Regranulat mittels ICP-OES

# Vom Umweltversprechen zur Ressource - Spinelle in Rostaschen kritisch betrachtet

Thomas Kremlicka<sup>1</sup>, Paul Demschar<sup>1</sup>, Klaus Philipp Sedlazeck<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

In Österreich müssen Abfälle mit einem organischen Kohlenstoffanteil von mehr als 5 M.-% vor der Deponierung behandelt werden. Die thermische Behandlung, insbesondere die Verbrennung, hat sich dabei als dominierendes Verfahren etabliert.

Rostaschen stellen mengenmäßig den bedeutendsten mineralischen Rückstand thermischer Abfallbehandlungsanlagen dar. Im Sinne der Kreislaufwirtschaft rückt ihre stoffliche Nutzung zunehmend in den Fokus, insbesondere vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an Ressourceneffizienz und begrenztem verfügbarem Deponievolumen. Die mineralogische Zusammensetzung von Rostaschen, insbesondere in Hinblick auf kristalline Phasen, ist seit Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschung. Zu den regelmäßig nachgewiesenen Mineralphasen zählen Vertreter der Spinell-Gruppe, die bedingt durch ihre hohe chemische Stabilität als potenzielle Schwermetallsenken gelten. Innerhalb dieser Gruppe können Elemente wie Chrom und Zink in die Kristallstruktur eingebaut werden, wodurch eine Immobilisierung umweltrelevanter Schwermetalle möglich ist.

In einer aktuellen Studie wurden mittels Elektronenstrahlmikrosonde chemische Punktanalysen an 140 einzelnen Spinell-Kristallen aus Rostaschen einer österreichischen Müllverbrennungsanlage durchgeführt. Diese Anlage nutzt den Martin-SYNCOM Prozess, bei dem durch den Einsatz von bis zu 35 Vol.-% O<sub>2</sub> in der Primärluft sowie die gezielte Rückführung von gereinigtem Rauchgas Verbrennungstemperaturen von bis zu 1200 °C erreicht werden. Die Proben stammten von einer Deponie im Süden Österreichs und wurden nach vorhergehender mechanischer Aufbereitung und Entmetallisierung beprobt. Die Analysen erfolgten an polierten Anschliffen und zeigen überwiegend hohe Eisen- sowie in geringerer Häufigkeit Aluminium- und Magnesiumanteile. Chrom wurde in den meisten Fällen nur in niedrigen Konzentrationen festgestellt. Die höchsten Werte lagen bei etwa 30 M.-%. Zink tritt lediglich in Spuren bis maximal 1,25 M.-% auf. Die chemische Zusammensetzung der untersuchten Kristalle liegt im Wesentlichen zwischen Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) und Hercynit (FeAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), während Chromit (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) und Magnesioferrit (MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) nur untergeordnet auftreten.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Spinell-Kristalle in Rostaschen aus dem Stand der Technik entsprechenden Abfallverbrennungsprozessen kaum zur langfristigen Schwermetallbindung beitragen. Um die Bildung stabiler, schwermetallbindender Spinelle zu fördern, sind Anpassungen des Rostfeuerungsprozesses erforderlich. Dies kann etwa durch gezielte Steuerung der Sauerstoffverfügbarkeit in späteren Rostzonen oder durch eine verlangsamte Abkühlung zur Förderung des Wachstums größerer Kristalle erfolgen.

Angesichts ihrer überwiegend magnetischen Zusammensetzung können Spinell-Kristalle aus Rostaschen jedoch als sekundäre Eisenquelle für die Stahlindustrie interessant sein. Aufgrund ihrer magnetischen Eigenschaften lassen sie sich nach geeigneter Aufbereitung durch Magnetscheidung selektiv rückgewinnen und stehen somit als Sekundärrohstoff zur Verfügung.

# Resource Uncovered: Scherensande als strategische Rohstoffquelle für die Stahlindustrie

Paul Demschar, Thomas Kremlicka, Klaus Philipp Sedlazeck

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

Die Stahlerzeugung im emissionsarmen Elektrolichtbogenofen (EAF) stellt das Herzstück der Transformationsstrategie für die österreichische Stahlindustrie dar. Schrotte durchlaufen dabei einen Wandel vom Hilfsstoff hin zum Haupteinsatzstoff. Aktuell werden in Österreich jährlich rund 7 Mio. t Rohstahl zu 91 % im integrierten Hüttenwerk produziert und dafür rund 1,5 Mio. t Schrott benötigt. Durch die Umstellung auf die EAF-Route wird sich der Schrottbedarf innerhalb der nächsten fünf Jahre mindestens verdoppeln. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, die Sammlung, Aufbereitung und effiziente Nutzung von Schrottreserven systematisch zu beleuchten und Optimierungspotentiale zu erheben. Am *Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft* der *Montanuniversität Leoben* wurde im Zuge des Projektes *MeteoR* „Scherensand“ als bisher unbeachteter Reststoff der Schrottverarbeitung identifiziert, grundlegend charakterisiert und durch mechanische Aufbereitungsversuche das Ressourcenpotential dieses Materials erhoben.

Scherensande entstehen immer dann, wenn dickwandige, großformatige Schrotte mittels hydraulischer Scheren zerkleinert werden. Durch den starken, linearen Krafteintrag kommt es sowohl auf Seiten des zu zerkleinernden Gutes als auch auf Seiten der Scherenklinge zu Abrieben und der Entstehung von Feianteilen im Umfang von etwa 2 % der verarbeiteten Schrottmenge. Diese Materialien können in der betrieblichen Praxis von Scherenbetrieben aufgrund der Feinkörnigkeit nicht gezielt manipuliert werden, weshalb bis dato ausschließlich eine Deponierung als Schrottplatzkehricht erfolgt.

Zur prozessintegrierten Charakterisierung wurde ein nassmechanischer Aufbereitungsprozess entwickelt, verschiedenste Fraktionen zum stofflichen Recycling erstellt und diese grundlegend untersucht. 28 % der Aufgabemasse konnten durch den entwickelten Prozess als feste, metallische Schrottfraktion mit einer Reinheit von 99 % zurückgewonnen werden, was als chargierfähig für den EAF gilt. Des Weiteren konnten Nichteisenmetalle im Umfang von 1 % der Aufgabemasse sowie eine Schlammfraktion im Umfang von 23 % der Aufgabemasse abgetrennt werden. Mittels Querstoßherd ist eine Aufkonzentrierung dieses Schlammes bis zu einem Fe-Gehalt von 81 % möglich und somit eine Verwendung als Fe-Träger.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass durch eine effektive Nutzung von Scherensanden in Österreich jährlich ca. 11.000 t Fe-Schrott rückgewonnen werden können. Durch Verwendung im EAF-Prozess ergibt sich dadurch im Vergleich zum integrierten Hüttenwerk eine jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung von 22.000 t. Auf globaler Ebene erlauben die erhobenen Transferkoeffizienten die Gewinnung einer jährlichen Menge an Fe-Schrott von 540.000 t und ermöglichen somit eine CO<sub>2</sub>-Einsparung von 1,1 Mio. t.

Insgesamt zeigt sich, dass Scherensande eine bislang unbeachtete, jedoch strategisch relevante Ressource darstellen, die insbesondere vor dem Hintergrund der Transformation der Stahlindustrie zunehmend an Bedeutung gewinnt und dort sowohl einen substanziellen Beitrag zur Rohstoffsicherung als auch zur CO<sub>2</sub>-Einsparung leisten kann.

# Studie zur Zirkularität von Lösemitteln im chemischen Recycling von Epoxidharzen

Leah Maruschka <sup>1</sup>, Christoph Olscher <sup>1</sup> und Florian Part <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universität für Bodenkultur Wien, Department für Landschaft, Wasser und Infrastruktur, Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Muthgasse 107/III, 1190 Wien, Österreich*

Für eine grüne Zukunft und um die Energiewende umzusetzen, müssen die erneuerbaren Energien ausgebaut werden. Gleichzeitig sind aber Flugzeuge als Transportmittel in der nahen Zukunft nicht wegzudenken und das, obwohl sie fossile Treibstoffe verwenden und Materialien fossilen Ursprungs für ihren Bau notwendig sind. Für beide Anwendungssektoren sind Leichtbau und Widerstandsfähigkeit (mechanisch, thermisch, chemisch, etc.) unabdingbar. Diese Eigenschaften werden durch den Einsatz von Verbundwerkstoffen erreicht. Oft handelt es sich um Epoxidharze, die in Kombination mit Füllstoffen, wie beispielsweise Glasfasern, sehr stabile Verbundwerkstoffe bilden.

Da es sich bei Epoxidharzen um sogenannte Duroplaste handelt, ist ihre chemische Bindung schwer bis gar nicht aufzulösen, sobald sie einmal geschlossen wurde. Das führt dazu, dass Windradblätter und Flugzeugbauteile stofflich kaum recyclebar sind und daher zumeist entweder der Abfallverbrennung zugeführt werden oder, außerhalb der EU, direkt auf Deponien landen. Solche Deponien bergen immense Umweltverschmutzungsgefahren durch das Auswaschen von Schadstoffen aus den für die Verbundwerkstoffe eingesetzten Materialien.

Damit in Zukunft Epoxidharze und Epoxidverbundwerkstoffe im Kreislauf gehalten werden können, muss Forschung in depolymerisierbare und möglichst bio-basierte Epoxidsysteme sowie deren Recyclingprozesse gesteckt werden. Im Zuge des EU finanzierten Projekts REPOXYBLE wurde ein neues, chemisch recyclingfähiges und biobasiertes Epoxidharz entwickelt. An der BOKU wurde das chemische Recyclingverfahren inklusive der Rückgewinnung der Additive und Füllstoffe des Epoxidsystems weiterentwickelt bzw. optimiert.

Für chemisches Recycling ist ein sehr wichtiger Forschungsaspekt die Zirkularität, also die Wiederverwendbarkeit, der Lösungsmittel, welche in dem Recyclingprozess verwendet werden. Bei den Lösungsmitteln für das REPOXYBLE-Recyclingverfahren handelt es sich um eine Säure für die Depolymerisierung des Epoxidharzes und um ein organisches Lösungsmittel, um die resultierenden Epoxidharz-Matrixbausteine zu extrahieren. Das Rückgewinnungs- bzw. Wiederverwendungspotenzial der beiden Lösungsmittel wurde in verschiedenen Experimenten im Labormaßstab getestet.

Die durchgeführten Experimente haben gezeigt, dass das organische Lösungsmittel mithilfe von Rotationsevaporation mit hoher Ausbeute und Reinheit (≈95 %) zurückgewonnen werden konnte und damit die Zirkularität des organischen Lösungsmittels bewiesen wurde. Die Reinheit des organischen Lösungsmittels wurde mithilfe von ATR-FTIR-Messungen analysiert. Im Gegensatz dazu zeigte die durch die Depolymerisation verbrauchte Säure bei Wiederverwendung eine geringere Reaktivität aufgrund von Verunreinigungen & Verdünnung. Ein zusätzlicher Aufbereitungsschritt der Säure verbesserte ihre Reinheit, welche durch UV/Vis spektroskopische Messungen analysiert wurde, verringerte jedoch die Säurekonzentration und stellte die Depolymerisationswirksamkeit nicht vollständig wieder her. Im REPOXYBLE Projekt konnte der „proof of concept“ erfolgreich an Flugzeug- und Autokomponenten nachgewiesen werden. Es besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf, um die Zirkularität des gesamten Epoxidsystems inklusive Lösungsmittelrückgewinnung zu optimieren, sowie die Hochskalierung des innovativen chemischen Recyclingverfahrens voranzutreiben.

# Abfallvermeidung in Wohnhausanlagen

## Nachhaltiges Abfallmanagement für Hausverwaltungen

DI<sup>in</sup> Elisabeth Jahn, DI<sup>in</sup> Barbara Stoifl

Umweltbundesamt GmbH / Team Abfälle & Stoffflussmanagement

2023 fielen in Österreich 7,1 Millionen Tonnen Siedlungsabfälle an, davon 4,5 Mio. Tonnen aus Haushalten u.ä. Einrichtungen (488 kg/EW/a). Österreich zählt damit im EU-Vergleich zu den Ländern mit hohen Abfallmengen. Wohnhausanlagen insbesondere in urbanen Räumen bieten ein beträchtliches Potenzial zur Abfallvermeidung und zur Verbesserung der getrennten Sammlung. Hausverwaltungen spielen dabei eine zentrale Rolle: Ob durch die Bereitstellung geeigneter Flächen für Tauschregale und Verschenkbereiche oder durch die Förderung der Kommunikation unter den Bewohner:innen – jeder Beitrag wirkt.

### Experteninterviews

2025 führte das Umweltbundesamt Expert:inneninterviews mit Hausverwaltungen und relevanten Stakeholdern, z.B. Abfallberater:innen durch. Ziel war es, den aktuellen Stand umgesetzter bzw. geplanter Maßnahmen zur Abfallvermeidung und -trennung in Wohnhausanlagen exemplarisch zu erfassen sowie zentrale Herausforderungen in der täglichen Praxis sichtbar zu machen.

### Zentrale Erkenntnisse und Ansatzpunkte

Die Interviews zeigen: Maßnahmen zur Abfallvermeidung sind bislang selten, gleichzeitig besteht deutliche Bereitschaft zur Umsetzung. Maßnahmen zur Abfalltrennung (z.B. Plakate, Beschilderung, Informationskampagnen) sind etabliert, dennoch bleiben Fehlwürfe und falsch entsorgter/abgelagerter Sperrmüll zentrale Probleme.

Zur Unterstützung wurde eine praxisorientierte **Informationsbroschüre für Hausverwaltungen** entwickelt, die Tipps und Best-Practice-Beispiele zur Stärkung der Abfallvermeidung bündelt. Sie bietet konkrete Empfehlungen zur Unterstützung der Gemeinschaftsbildung, Einsatz von Abfallcoaches, Reparatur und geteilter Nutzung sowie zur Weitergabe nicht mehr benötigter (Einrichtungs-)gegenstände und zur Optimierung der getrennten Sammlung.

Ein ergänzendes **Informationsplakat** richtet sich direkt an **Bewohner:innen**. Das Plakat stellt leicht umsetzbare Handlungsoptionen in den Mittelpunkt, die einfach in den Alltag integriert werden können. Themen wie „Mehrweg statt Einweg“, „Nutzen statt Besitzen“, „Second Hand ist Trend“ und „Reparieren statt Wegwerfen“ zeigen praktikable Möglichkeiten, Abfälle zu vermeiden, und stärken das Bewusstsein für ressourcenschonenden Konsum.

### Ausblick

Mit gezielten, gut aufbereiteten Informationen und Werkzeugen können Wohnhausanlagen einen wirksamen Beitrag zur Abfallvermeidung leisten und die Qualität der getrennten Sammlung deutlich verbessern. Die vorgestellten Ansätze unterstützen Hausverwaltungen und Bewohner:innen dabei, nachhaltiges Handeln im Alltag zu verankern.

**Link:** <https://www.umweltbundesamt.at/regionale-abfallvermeidung>

# Mikroplastik in der Land- und Forstwirtschaft

Florian Schennach<sup>1</sup>, Daniel Steinitz<sup>2</sup>, Maximilian Larch<sup>1</sup>, Simon Leitner<sup>1</sup>, Thomas Senfter<sup>1</sup>, Tobias Kofler<sup>1</sup>, Christian Mayerl<sup>1</sup>, Martin Pillei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>MCI - Die Unternehmerische Hochschule<sup>®</sup>, Universitätsstraße 15, 6020 Innsbruck, Österreich

<sup>2</sup>bündnis mikroplastikfrei, Schottenring 16/3, 1010 Wien, Österreich

Das Thema der omnipräsenten Umweltverschmutzung durch Kunststoffe wurde in der Vergangenheit primär im Kontext mariner Ökosysteme diskutiert. Jüngste wissenschaftliche Erkenntnisse und Langzeitstudien verdeutlichen jedoch eine signifikante Verschiebung dieses Fokus: Landwirtschaftliche Böden gelten heute weltweit als eine der größten Senken für Mikroplastik (Partikel < 5 mm). Die vorliegende Arbeit beleuchtet die Rolle der Landwirtschaft, die in diesem Kreislauf eine ambivalente Position einnimmt – sie fungiert sowohl als massiver Eintragspfad als auch als direkt Leidtragende der Bodenkontamination.

Im Zentrum der Analyse stehen die quantitativen Eintragsquellen von Kunststoffen in Ackerböden. Basierend auf aktuellen Erhebungen zeigt sich, dass Klärschlamm mit einem Anteil von ca. 44 % die dominierende Eintragsquelle darstellt. Obwohl Kläranlagen Abwässer effizient reinigen, akkumulieren sich Kunststoffe im Schlamm, welcher bei der landwirtschaftlichen Verwertung als Dünger die gesammelte Fracht direkt auf die Felder zurückführt. Als zweitgrößte Quelle (ca. 32 %) werden externe Faktoren wie „Littering“ und Reifenabrieb identifiziert, die durch Wind und Wetter auf die Nutzflächen gelangen. Ein nicht zu vernachlässigender Anteil (ca. 15 %) entfällt auf Komposte und Gärreste, verursacht durch sogenannte „Fehlwürfe“ im Biomüll, die geschreddert als „Plastik-Konfetti“ ausgebracht werden. Landwirtschaftliche Direkteinträge umfassen zudem den Verschleiß von Schutzfolien, Netzen und Vliesen (6 %), die durch UV-Strahlung verspröden und beim Pflügen in den Boden eingearbeitet werden, sowie funktionelles Plastik aus umhüllten Düngemitteln und Saatgut (3 %).

Die Konsequenzen dieser Akkumulation sind weitreichend: Da sich Kunststoffe kaum abbauen, verändern sie langfristig die Bodenstruktur, die Bodenfruchtbarkeit und beeinträchtigen die Lebensgemeinschaften (Edaphon) massiv.

Abschließend präsentiert dieser Beitrag einen Ausblick auf Zwei mögliche Methoden zur Verminderung der Mikroplastikbelastung in unseren Böden. Hierbei werden zwei Hauptstrategien verfolgt: Zum einen mechanische Methoden, die auf physikalische Trennverfahren zielen, um Partikel wieder aus der Bodenmatrix zu entfernen. Zum anderen biologische Verfahren, welche das Potenzial von Mikroorganismen und speziellen Enzymen untersuchen, um Kunststoffe im Boden aktiv abzubauen oder in unschädliche Bestandteile zu transformieren. Ziel der Arbeit ist es, das Bewusstsein für die terrestrische Mikroplastikproblematik zu schärfen und innovative Pfade für eine nachhaltigere Bodenbewirtschaftung aufzuzeigen.

# Regenerierbare Fluorophile Ionenaustauscher zur Selektiven PFAS-Entfernung

Lydia Challandes<sup>1</sup>, Judith Schobel<sup>1</sup>, Herwig Schottenberger<sup>2</sup>, Marco Rupprich<sup>3</sup>, Christian W. Huck<sup>2</sup>, Thomas Senfter<sup>1</sup>, Jan Back<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Studiengang Umwelt-, Verfahrens- und Energietechnik, MCI - Die Unternehmerische Hochschule, Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich

<sup>2</sup>Institut für Analytische Chemie und Radiochemie, Leopold-Franzens-University Innsbruck, Innrain 80/82, 6020 Innsbruck, Österreich

<sup>3</sup>Institut für Ecopreneurship, Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Hofackerstraße 30, 4132 Muttenz, Schweiz

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) bekannt als „Ewigkeitschemikalien“ sind bioakkumulierbare und toxische Umweltschadstoffe mit hochstabilen Kohlenstoff-Fluor Bindungen zunehmend in Trink-, Grund- und Abwasser und Böden nachgewiesen werden. Die Freisetzung von PFAS in die Umwelt hat verschiedene Ursachen, wobei Kläranlagen und die Behandlung von PFAS-kontaminierten Abfällen eine wichtige Rolle spielen. Angesichts des durch die EU-Vorschriften festgelegten PFAS-20-Grenzwerts von 0,1 µg/L wird der Bedarf an hochselektiven und zuverlässigen Behandlungsverfahren immer dringlicher. Auch im Bundesabfallwirtschaftsplan werden PFAS-Höchstwerte für Bodenaushubsmaterialien festgelegt. Konventionell adsorptive Behandlungsverfahren versagen oft bei der robusten und selektiven Adsorption kurzketziger PFAS in komplexen Matrizen.

In dieser Arbeit wurde ein fluorophiles Ionenaustauscher-Polymer (FP) auf Imidazolbasis entwickelt, das eine synergistische gekoppelte Retention durch elektrostatische Wechselwirkungen zwischen anionischen PFAS-Kopfgruppen und kationischen Imidazoliumstellen sowie fluorophile Wechselwirkungen mit fluorierten Kohlenstoffketten ermöglicht. Die Adsorptionskapazität wurde anhand von Pulveraktivkohle (PAC) als Referenz für sechs ausgewählte PFAS-Verbindungen mit unterschiedlichen Kettenlängen evaluiert, Perfluorobutansäure (PFBA), Perfluor(2-propoxy-propansäure) (GenX), Perfluorooctansäure (PFOA), Perfluorooctansulfonsäure (PFOS), Trifluoroessigsäure (TFA) und 6:2 Fluorotelomer-sulfonsäure (FTS). Einkomponenten-Isotermen zeigten eine höhere Beladungskapazität für PF im Vergleich zu PAC mit einer um den Faktor 5 bis 12 höheren Maximalbeladung für PFOA, PFBA und GenX. Bei der kompetitiven Adsorption zeigte PAC eine unspezifische Adsorption und eine fortschreitende Verdrängung von PFAS, während FP eine hohe Selektivität aufwies und die PFAS-Beladung bei erhöhter Konzentration von organischen Mikroverunreinigungen aufrechterhielt. Außerdem zeigten Batch-Entfernungs-versuche eine Entfernung von >99,8 % für vier PFAS und in realem PFAS-kontaminiertem Grundwasser eine Entfernung von >99 % für die sechs PFAS. Die Regenerierbarkeit der Materialien wurde unter Verwendung eines Methanol-basierten Elutionsmittels nachgewiesen. Vorläufige Daten deuteten auf volle Kapazitätsbehaltung nach fünf Adsorptions-Elutions-Zyklen und erhalteten strukturelle Integrität und Funktionalität. Zukünftige Arbeiten werden sich mit realen Wässern mit unterschiedlichen Co-Kontaminantenmatrizen, Optimierung und Rückgewinnung von Elutionsmitteln sowie weitere Polymeroptimierung und erweiterten Bewertungen über PFAS-Klassen hinweg befassen.

# Effekt von Aktivkohle auf die Biogasproduktion mit Klärschlamm

Jakob Germann, Thomas Senfter, Silvia Kostner, Christian Margreiter

*MCI – Die Unternehmerische Hochschule, Universitätsstraße 15, 6020 Innsbruck, Österreich*

Die zunehmende Belastung von Gewässern mit Mikroschadstoffen wie Arzneimittelrückständen, Bioziden und Industriechemikalien stellt Kläranlagen vor erhebliche Herausforderungen. Da konventionelle Reinigungsstufen diese Stoffe oft nur unzureichend eliminieren können, gewinnen fortschrittliche Verfahren zur Schadstoffentfernung stetig an Bedeutung. Ein technologisch vielversprechender Ansatz ist der Einsatz von Aktivkohle (AK) als Adsorbens. Diese zeichnet sich durch eine hochporöse Struktur und eine große spezifische Oberfläche aus, was sie ideal für die Bindung Mikroschadstoffe macht. Ein wesentlicher Aspekt bei der Implementierung von Aktivkohle in Kläranlagen ist der Verbleib des Materials. In modernen Anlagen wird Überschussschlamm (ÜS) zur energetischen Weiterverwertung in Biogasanlagen einer anaeroben Vergärung (AV) unterzogen. Wird Aktivkohle im Reinigungsprozess eingesetzt, akkumuliert diese im Klärschlamm und gelangt somit zwangsläufig in den Faulbehälter. Es stellt sich daher die Frage, wie sich diese Zusatzstoffe auf die mikrobiellen Prozesse der Biogasbildung auswirken.

Um diesen Einfluss zu untersuchen, wurde ein Langzeitversuch über einen Zeitraum von 92 Tagen im Labormaßstab durchgeführt. Der Versuchsaufbau umfasste sechs kontinuierlich betriebene 5-Liter-Glasflaschen Reaktoren mit ÜS, die im mesophilen Temperaturbereich (ca. 37 °C) gefahren wurden. Drei Reaktoren wurden mit ÜS ohne Zusatz von AK und drei mit ÜS mit Zusatz von AK betrieben. Während des Versuchszeitraums wurden die Prozessstabilität und die Effizienz der AV überwacht. Die Analyse des Biogases erfolgte durch Gaschromatographie (GC) um den Methangehalt zu bestimmen. Die Identifikation und Quantifizierung flüchtiger Fettsäuren (FFS) wurden mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) durchgeführt. Der pH-Wert wurde regelmäßig erfasst, um die Milieustabilität zu gewährleisten. Die Ergebnisse des Versuches belegen einen signifikant positiven Effekt der Aktivkohle auf die Methanausbeute. Bei einer Normierung der flüchtigen Substanzen (VS) auf 1g/L beider Gruppen konnte eine Steigerung der Methanproduktion um 48,9 % in den Reaktoren mit AK im Vergleich zu den Reaktoren ohne AK verzeichnet werden. Die chemischen Stabilitätsparameter zeigten kaum Abweichungen im direkten Vergleich. Der pH-Wert blieb in beiden Versuchsgruppen stabil, was auf eine ausreichende Pufferkapazität des Systems hindeutet. Die Konzentration der flüchtigen Fettsäuren (FFS) wurde durch die AK nicht negativ beeinflusst.

Der Versuch hat gezeigt, dass der Einsatz von AK in Kläranlagen einen doppelten Nutzen hat: Neben der primären Funktion der Schadstoffelimination wirkt sie im Faulbehälter als Prozessbeschleuniger. Die AK scheint die mikrobielle Aktivität bei der Methanbildung zu unterstützen, möglicherweise durch die Bereitstellung von Aufwuchsflächen für Bioreaktionen oder die Förderung des direkten interspezifischen Elektronentransfers (DIET). Die Verwendung von AK wirkt sich somit nachhaltig positiv auf die Effizienz der AV und die regenerative Energiegewinnung aus.

## Recyclingpotential in der Pilzindustrie

Maximilian Larch<sup>1</sup>, Johannes Emmerich<sup>1</sup>, Christian Mayer<sup>1</sup>, Luise Ebert<sup>2</sup>, Martin Spruck<sup>1</sup>, Tobias Kofler<sup>1</sup>, Thomas Senfter<sup>1</sup>, Martin Pillei<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Studiengang Umwelt-, Verfahrens- und Energietechnik, MCI - Die Unternehmerische Hochschule, Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich

<sup>2</sup>Studiengang Bio- und Lebensmitteltechnologie, MCI - Die Unternehmerische Hochschule, Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich

Das vorliegende Projekt adressiert die nachhaltige Verwertung von biogenen Nebenströmen der Lebensmittelindustrie. Hintergrund ist das steigende Gesundheitsbewusstsein in der Bevölkerung und die damit verbundene Nachfrage nach natürlichen Nahrungsergänzungsmitteln. Die Verarbeitung der Nebenprodukte fördert gleichzeitig die Bioökonomie und die Vermeidung von Lebensmittelabfällen. In der Pilzproduktion, einem wachsenden Sektor, fallen jedoch signifikante Mengen an organischen Reststoffen an. Bei einem Beispielbetrieb fallen bei einer wöchentlichen Produktionsmenge von 30 Tonnen im regulären Betrieb bis zu fünf Tonnen an Nebenprodukten in der Form von Pilzstielen und bis zu 150 Tonnen an verbrauchtem Substrat.

Bislang wurden diese Biomasse-Ströme fast ausschließlich kompostiert. Dies ist ökologisch zwar unbedenklich, stellt jedoch unter ökonomischen Gesichtspunkten eine Verschwendung dar, da insbesondere die Pilzreste reich an ungenutzten bioaktiven Substanzen wie Polysacchariden, Vitaminen und Mineralstoffen sind. Das zentrale Problem bestand darin, dass kein industriell etablierter Prozess existiert, der diese spezifischen Reststoffe effizient aufbereitet. Ziel des Projekts war daher die Entwicklung eines wertschöpfenden Prozesses, um diese Inhaltsstoffe zu erschließen. Der methodische Lösungsweg gliederte sich in die Charakterisierung der Rohstoffe, die Prozessentwicklung und die Validierung. Zunächst wurden die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Pilzreste analysiert. Darauf aufbauend wurde eine Prozesskette im Labormaßstab etabliert. Diese umfasste die mechanische Aufbereitung (Reinigung und Zerkleinerung) sowie als Kernprozess eine wasserbasierte Fest-Flüssig-Extraktion. Wasser wurde bewusst als natürliches Lösungsmittel gewählt, um polare Moleküle schonend und umweltfreundlich zu lösen. Zur Stabilisierung des Endprodukts kam die Sprühtrocknung zum Einsatz, welche das flüssige Extrakt unter Erhalt der Bioaktivität in eine lagerfähige Form überführt.

Die Ergebnisse bestätigen die technische Machbarkeit des Verfahrens. Es konnten stabile Extrakte mit signifikanten Konzentrationen der Zielsubstanzen gewonnen werden. Ein wesentlicher Innovationsaspekt ist die mehrstufige Verwertung. Die Pilzstiele werden zunächst extrahiert, und das verbleibende Material wird anschließend gemeinsam mit dem Substrat kompostiert. Das Projekt etabliert somit einen doppelten Wertschöpfungsansatz, der Abfallströme reduziert, neue Produkte für den Gesundheitsmarkt generiert und die Kreislaufwirtschaft in der Pilzindustrie signifikant stärkt.

# Recyclingkonzept für PV-Module: Optimierung der ersten Verarbeitungsstufe und Analyse der anschließenden Verwertungswege

Felix Kiem, Matthias Zitterbart, Martin Klingler

*DAKA Entsorgungsunternehmen GmbH & Co. KG*

Durch den zu erwartenden starken Anstieg im Bereich ausgedienter Photovoltaik-Module (PV-Module) ergibt sich für Abfallwirtschaftsunternehmen die Chance, innovative Lösungen zu entwickeln, die nicht nur ökologische, sondern auch wirtschaftliche Vorteile bieten. Die Zunahme der in Österreich anfallenden Massenströme an sogenannten End-of-Life(EoL)-PV-Modulen wird dabei von derzeit einigen hundert Tonnen auf kumulative 70 bis 184 kt bis zum Jahr 2040 angegeben. Zu diesem Zeitpunkt soll auch die Rentabilitätsschwelle von jährlich 20 kt überschritten werden. Der potenzielle Gewinn aus wiedergewonnenen PV-Materialien in der EU bis 2050 wird mit über 20 Milliarden US-Dollar beziffert (Kastanaki, 2022). Auch durch die endliche Verfügbarkeit kritischer Rohstoffe wie Silber und Metalle der seltenen Erden kommt der effizienten Rückgewinnung dieser Materialien eine zentrale Bedeutung zu.

Dieser Beitrag beleuchtet eine mechanische PV-Modul-Zerlegeanlage und somit den ersten Schritt in der Prozesskette der Verwertung von EoL-PV-Modulen. Durch die Analyse der Massenströme nach Separierung der verschiedenen Fraktionen wurde die Anlage optimiert und feineingestellt. Auch die unmittelbar folgende Weiterverarbeitung und Trennung der anfallenden Fraktionen wurde untersucht. Da mechanische Verfahren zwar den von der EU geforderten Anteil der Module zu Wiederverwertung und Rezyklierung vorbereiten können (Richtlinie 2012/19/EU), allerdings unzureichend kritische Rohstoffe abtrennen, werden Empfehlungen für weiterführende, rohstoffrückgewinnende Verfahren präsentiert und diskutiert. Eine umfassende Technologierecherche bietet einen Überblick über die aktuellen hydrometallurgischen, physischen und thermischen Aufbereitungsmethoden im Recycling von EoL-Modulen. In einer Strategie und Ertragsprognose für den Rohstoffhandel wurden lokale Gegebenheiten wie die Verfügbarkeit spezialisierter Recyclingbetriebe, geltende rechtliche Rahmenbedingungen sowie Logistikstrukturen berücksichtigt. Zudem wurde analysiert, wie die regionalen Zuflüsse alter PV-Module optimal gesteuert und koordiniert werden sollen, um sie langfristig in das Recyclingkonzept zu integrieren. Dadurch sollen Kapital-, Transport- und Betriebskosten gesenkt und so ein kostengünstigeres Recycling sowie ein effizienteres Rücknahmesystem ermöglicht werden (Molano, 2022). Hierbei geht es beispielsweise um ein systematisches Konzept für ein getrenntes Sammelsystem.

Die Ergebnisse der Arbeit ermöglichen ein effizientes Management des zukünftigen Abfallstromes an EoL-PV-Modulen gemäß den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und tragen zu einer nachhaltigeren Energiewirtschaft bei. Die mit den derzeitigen Verfahren und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zurückgewonnenen Rohstoffe erzielen aber nicht immer die erforderlichen Reinheitsgrade für eine erneute Verwendung in der Branche. Auch gibt es Verluste durch nicht vollständige Rückgewinnung. Um also die Recyclingfähigkeit von PV-Modulen zu optimieren und wirtschaftlicher zu gestalten, wäre eine Standardisierung der Zellstruktur und -effizienz sowie des Modulaufbaus entscheidend (Bilbao, 2021).

## Lagern oder nicht lagern: Wie entscheiden wir, ob “temporäre Wertstofflager“ zur Steigerung einer Kreislaufwirtschaft eingesetzt werden sollen?

Romana Kopecká, Marlies Hrad, Marion Huber-Humer

*Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, BOKU University*

Um eine nachhaltige Zukunft zu erreichen, müssen Materialien so lange wie möglich in anthropogenen Kreisläufen gehalten werden. Daten zur zirkulären Materialnutzungsrate in Europa deuten darauf hin, dass die Wirtschaft weiterhin eher linear ist (European Environment Agency, 2025). Ein konzeptioneller Rahmen für „temporäre Wertstofflager“, so genannte „Temporary Material Hubs“ (TMHs), zielt darauf ab, die Kreislaufwirtschaft zu stärken, indem derzeit nicht recycelbare Materialien für ein späteres, realisierbares Recycling zwischengelagert werden. Obwohl vielversprechend, bleiben für die nächsten Forschungsphasen einige Fragen offen, insbesondere hinsichtlich der Rechtfertigung der Investitionen, die für die Lagerung von Materialien/Abfällen für ein späteres Recycling erforderlich sind. Folglich werden robuste (qualitative/quantitative) Indikatoren benötigt, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Angesichts des Fehlens einer klaren Definition der Recyclingfähigkeit auf europäischer Ebene schlägt diese Studie die Einführung von „recycling pillars“ als Leitprinzipien für TMHs vor. Diese „pillars“ ((1) Verfügbarkeit geeigneter Recyclingtechnologien; (2) Umwelt- und Gesundheitsschutz; (3) wirtschaftliche Machbarkeit und Verfügbarkeit von Märkten)), die in Kopecká et al. (2026) publiziert wurden, bilden die konzeptionelle Grundlage für die Bewertung von Abfällen/Materialien. Die Indikatoren sind diesen „recycling pillars“ zugeordnet. Auf der Grundlage der definierten Indikatoren können Stakeholder entscheiden, ob bestimmte Abfälle/Materialien für ein späteres Recycling gelagert werden sollten, um die Kreislaufwirtschaft zu verbessern, oder ob sie energetisch verwertet oder final deponiert werden sollten.

Diese Arbeit basiert in einem ersten Schritt auf einer systematischen Literaturrecherche. Die Ergebnisse dieser Recherche sollen als Grundlage für eine praktische Untersuchung des TMHs-Konzepts auf industrieller Ebene mit Hilfe von ExpertInnen-Interviews und Stakeholder-Involvierung dienen. Die vorliegende Arbeit stellt die aktuellen Ergebnisse der grundlegenden Recherche dar.

European Environment Agency. (2025). *Circular material use rate in Europe*. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/circular-material-use-rate-in-europe>

Kopecká, R., Hrad, M., & Huber-Humer, M. (2026). Temporary Material Hubs to enhance circular economy: A conceptual framework. *Detritus*.

## CirMat – Kreislauffähige Matratze und Abfallsammelsystem

Nina Schweiberer<sup>1</sup>, Birgit Christandl<sup>2</sup>, Thomas Senfter<sup>2</sup>, Manuel Berger<sup>2</sup>, Maximilian Larch<sup>2</sup>, Roman Eberharter<sup>1</sup>, Matthias Zitterbart<sup>3</sup>, Martin Pillei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Betten Eberharter GmbH, Talstraße 76, 6284 Ramsau/Zillertal, Österreich

<sup>2</sup>MCI - Die Unternehmerische Hochschule<sup>®</sup>, Universitätsstraße 15, 6020 Innsbruck, Österreich

<sup>3</sup>DAKA Entsorgungsunternehmen GmbH & Co. KG., Bergwerkstraße 20, 6130 Schwaz, Österreich

In einer Zeit, in der Kreislaufwirtschaft und Abfallreduktion zu den wichtigsten globalen Themen zählen, widmet sich ein innovatives Kooperationsprojekt zwischen dem MCI | Die Unternehmerische Hochschule<sup>®</sup>, der Betten Eberharter GmbH und der DAKA Entsorgungsunternehmen GmbH einem Produkt, das bisher enorme Entsorgungsprobleme bereitet: der Matratze. Das Ziel des Vorhabens ist die Neugestaltung des gesamten Lebenszyklus, von Design und Fertigung bis zur stofflichen Verwertung. Herkömmliche Matratzen bestehen meist aus komplexen Materialverbunden, bei denen Schaumstoffschichten und Textilien irreversibel mit Klebstoffen verbunden werden. Diese Verklebung garantiert zwar Stabilität, macht jedoch ein sortenreines Recycling unmöglich, weshalb Altmatratzen meist thermisch verwertet werden. Hier setzt das Projekt an, um eine Symbiose aus modernster Fertigungstechnologie, Kund:innenbedürfnis und ökologischer Verantwortung zu schaffen.

Im Zentrum steht die Abkehr von chemischen Bindemitteln bis hin zu mechanischen Verbindungslösungen. Das Projekt erforscht eine klebstofffreie Technologie, bei der Schaumstoffschichten durch spezielle Verzahnungsgeometrien ineinandergefügt werden. Diese bleiben während der Nutzung rutschfest, lassen sich am Ende des Lebenszyklus jedoch einfach manuell trennen. Zur Konzeption dieser Verbindungen setzt das MCI numerische Simulationen ein, um die mechanischen Eigenschaften der Konstruktion zu optimieren. Die Simulationen erlauben es, die Spannungsverteilung unter physiologischer Belastung vorherzusagen, sodass die Verbindungsstellen haptisch nicht wahrnehmbar sind und der Liegekomfort gewahrt bleibt. Ziel ist eine patentfähige Geometrie, die den Projektpartner:innen einen technologischen Wettbewerbsvorteil sichert.

Um Markttauglichkeit und Kund:innenakzeptanz zu gewährleisten, erfolgt eine umfangreiche Phase der Prototypenfertigung. Bei Betten Eberharter wird ein Schlaflabor errichtet, in dem die Prototypen unter realen Bedingungen evaluiert werden. Die gewonnenen Daten zum Schlafkomfort werden iterativ mit den Simulationen abgeglichen, um ein ökologisch sinnvolles und ergonomisch erstklassiges Endprodukt sicherzustellen. Parallel dazu bringt die DAKA ihre Expertise ein, um ein spezialisiertes Sammelsystem in einer Tiroler Pilotregion zu implementieren. Die Herausforderung besteht darin, Matratzen trocken und sauber zu erfassen, um eine hochwertige Verwertung der Schaumstoffe zu ermöglichen. Durch die klebstofffreie Verzahnungstechnik lassen sich die Materialien sortenrein zerlegen und als Sekundärrohstoffe neuen Produktionszyklen zuführen. Abschließend zeigt das Projekt, wie interdisziplinäre Zusammenarbeit die Anforderungen der Kreislaufwirtschaft mit wirtschaftlichen Zielen und hohem Gebrauchsnutzen in Einklang bringt.

# Einsatz KI-gestützter Modelle zur bildbasierten Sortierung von Post-Consumer-Textilien im Technikumsmaßstab

Hannah Weber, Gerald Koinig, Julian Aberger, Thomas Fink, Alexia Tischberger-Aldrian

Montanuniversität Leoben/ Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft/ Sensorbasierte Sortierung/ Projekt: StraTex

Textilien finden aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften in zahlreichen Bereichen Anwendung und sind essentieller Bestandteil unseres täglichen Lebens. Der steigende Konsum, niedrige Preise, kurze Produktlebenszyklen sowie der Trend „Fast Fashion“ führen zu erheblichen Abfallmengen, die weltweit jährlich etwa 92 Mio. Tonnen erreichen. In Anbetracht künftig stark steigender Abfallmengen stoßen die bestehenden Sammel-, Sortier- und Verwertungswege zunehmend an ihre Kapazitätsgrenzen. Die Entwicklung automatisierter, sensorgestützter Sortieranlagen, die der enormen Komplexität und Vielfalt textiler Abfallströme gerecht werden, ist daher dringend erforderlich. Die bislang dominierende manuelle Sortierung erfordert einen hohen zeitlichen, personellen und finanziellen Aufwand und erweist sich angesichts des niedrigen Wertes von Alttextilien als unwirtschaftlich. Ein effizientes Recycling von Alttextilien setzt definierte Qualitätsstandards für die Sekundärrohstoffe voraus und erfordert homogene Inputstoffströme. Die Nahinfrarot Sortierung, die eine faserbasierte Klassifizierung textiler Abfallströme ermöglicht, weist jedoch Einschränkungen bei der Analyse von Fasermischungen, elasthanhaltigen Materialien, schwarzen oder grauen Farbtönen sowie bei Textilien mit variierender Materialstärke auf. Zudem beeinträchtigen Verschmutzungen, Feuchtigkeit, Beschichtungen sowie Accessoires die materialbasierte Klassifizierung. Darüber hinaus, sind industrielle Nahinfrarot-basierte Sortieranlagen häufig auf eine vorgelagerte manuelle Vorsortierung der Inputfraktionen angewiesen. Kamerabasierte Technologien in Kombination mit Künstlicher Intelligenz stellen eine vielversprechende und zugleich kostengünstige Alternative dar, um Textilien nach produktspezifischen Merkmalen zu sortieren. Die produktbasierte Sortierung nach Textiltyp (z. B. T-shirt, Pullover, Jeans Hose etc.) könnte die gezielte Anreicherung charakteristischer textilspezifischer Merkmale unterstützen und in Kombination mit komplementären Sortiertechnologien zur Gewährleistung einer hohen Reinheit der resultierenden Zielfraktionen beitragen. Das vorliegende Poster widmet sich der Entwicklung eines bildbasierten Sortiermodells zur Klassifizierung von Alttextilien in definierte Produkttypen. Bildbasierte Klassifikationssysteme benötigen für das Training repräsentative Datensätze, die einerseits eine große Anzahl relevanter Produktkategorien abbilden und andererseits typische Gebrauchsspuren sowie Qualitätsunterschiede erfassen. Darüber hinaus müssen abfallwirtschaftliche Parameter, wie unterschiedliche Beschickungsszenarien am Förderband, anlagenbedingte Emissionen und variierende Lichtverhältnisse realitätsnah abgebildet werden. Nach dem Modelltraining ist die Inline-Validierung im Technikumsmaßstab entscheidend, um die Robustheit sowie industrielle Anwendbarkeit des Sortiermodells unter realitätsnahen Betriebsbedingungen zu evaluieren. Ziel der Studie ist die Generierung eines repräsentativen Datensatzes, die Entwicklung eines KI-basierten Sortiermodells sowie die experimentelle Validierung nach definierten Klassifikationsmetriken im Technikumsmaßstab.

# Geopolymerbaustoffe aus mineralischen Reststoffen: Anwendung und Umweltverträglichkeit

Bettina. Ratz<sup>1,2</sup>, Klaus P. Sedlazeck<sup>2</sup>, Monika Butacevic<sup>1,3</sup>, Sana Gul<sup>1,4</sup>, Amr Hassan<sup>1,3</sup>, Anthony Kenny<sup>1,3</sup>, Florian Mittermayr<sup>1,5</sup>, Stefanie Radinger<sup>1,3</sup>, Sara Raič<sup>1,3</sup>, Ognjen Rudic<sup>1,3,4</sup>, Florian R. Steindl<sup>1,3,4</sup>, Cyrill Grengg<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>*Christian Doppler Labor für abfallbasierte Geopolymer-Baustoffe in der CO<sub>2</sub>-neutralen Kreislaufwirtschaft (GECCO<sub>2</sub>)*

<sup>2</sup>*Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Montanuniversität Leoben, Franz-Josef-Str. 18, A-8700 Leoben*

<sup>3</sup>*Institut für Angewandte Geowissenschaften, TU Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz*

<sup>4</sup>*Institut für Materialprüfung und Baustofftechnologie mit angeschlossener TVFA, TU Graz, Inffeldgasse 24, A-8010 Graz*

<sup>5</sup>*Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Universität Innsbruck, Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck*

Reststoffbasierte Geopolymerbaustoffe bieten die Möglichkeit, mineralische Abfälle stofflich hochwertig zu verwerten und als klimafreundliche Sekundärbaustoffe einzusetzen. Geopolymere, häufig auch als alkalisch aktivierte Materialien (AAM) bezeichnet, sind anorganische Bindemittel, die durch die Aktivierung alumosilikatreicher Ausgangsstoffe hergestellt werden und deren physikalische Eigenschaften mit jenen von Portlandzement-Systemen vergleichbar sind. Werden dabei mineralische Reststoffe genutzt, können Primärrohstoffe geschont und Abfallströme reduziert werden. Ein besonderer Vorteil von solchen AAMs ist die ihre hohe Beständigkeit gegenüber Säureangriff in (bio-)chemisch aggressiven Umgebungen, wodurch Anwendungen u.a. in Abwassersystemen (z.B. Schächte, Kanäle, Becken) in Frage kommen. Für die praktische Umsetzung solcher reststoffbasierter Baustoffe ist der Nachweis der zweifelsfreien Umweltverträglichkeit unerlässlich, insbesondere die Charakterisierung des Auslaugverhalten von Schwermetallen und potentiellen Schadstoffen. In Österreich fehlen hierfür bislang etablierte Prüfverfahren und Grenzwerte speziell für monolithische, reststoffbasierte Sekundärbaustoffe. Nach einer systematischen Recherche und Bewertung verfügbarer Verfahren wurden drei Regelwerke für diese Studie ausgewählt, um ein geeignetes Bewertungsprotokoll für die hergestellten AAM-Mörtel abzuleiten: 1) EN 12457-4 (Auslaugtest an gebrochenem Material (<10 mm) im Überkopfschüttler für 24 h), wie in der Recycling-Baustoffverordnung für rezyklierte Gesteinskörnungen gefordert; 2) EN 16637-2 (oberflächen-bezogene Freisetzung aus monolithischen Bauprodukten über 2 Monate mit periodischem Wechsel des Elutionsmittels); 3) ONR CEN/TS 15864 (oberflächenbezogene Freisetzung aus monolithischen Abfallproben über 2 Monate mit kontinuierlicher Erneuerung des Elutionsmittels). Ziel ist ein praxistaugliches Testprotokoll, das verlässliche Aussagen zum Auslaugverhalten monolithischer AAM ermöglicht und als Grundlage für künftige Bewertungs- und Zulassungsverfahren in Österreich dienen kann.

# Entwicklung digitaler, sensorbasierter Methoden zur Charakterisierung von Abfällen

Alexander Egarter & Renato Sarc

Montanuniversität Leoben - Lehrstuhl für Abfallverfahrenstechnik und Abfallwirtschaft

Die repräsentative Charakterisierung von Abfällen bildet das Fundament einer modernen Kreislaufwirtschaft. Sie ist essenziell für die qualitative und quantitative Bewertung von Abfallströmen, die Erfüllung gesetzlicher Nachweispflichten sowie die Optimierung von Behandlungs- und Verwertungsprozessen. Aktuelle Standardverfahren für feste, heterogene Abfälle (z. B. Siedlungs- und Gewerbeabfälle) basieren auf Normen wie der „ÖNORM S 2097: Sortieranalyse von Abfällen“ oder „ÖNORM S 2127: Grundlegende Charakterisierung von Abfallhaufen oder von festen Abfällen aus Behältnissen und Transportfahrzeugen“, oft ergänzt durch Siebanalysen (ÖNORM EN 15415). Aufgrund der signifikanten Heterogenität der Materialgemische (Khodier et al. 2020; Viczek et al. 2021) sind diese manuellen Sortieranalysen jedoch mit einem erheblichen personellen und zeitlichen Aufwand verbunden, was zu einer verzögerten Verfügbarkeit der Ergebnisse führt.

Ziel der vorliegenden Forschung ist die **Entwicklung einer digitalen, sensorbasierten, automatisierten Alternativmethode zur konventionellen Sortieranalyse**. Das Digital Waste Research Lab am Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft der Montanuniversität Leoben bietet hierfür eine modular erweiterbare Forschungsinfrastruktur. Diese spezielle Hard- und Softwarekombination ermöglicht die Erforschung einer berührungslosen Charakterisierung sowohl im Technikums-Maßstab als auch unter realen Produktionsbedingungen, wobei auch mobile Aggregate externer Partner in den Prozess integriert werden können. Die Anlage verfügt über:

- **Multisensorik:** Individuell kombinierbare Sensoren für Nahinfrarot (NIR), RGB-Bildverarbeitung, 3D-Lasertriangulation und Induktion mit Möglichkeit der Datenfusionierung sowie Partikeltracking mit RFID.
- **Datenverarbeitung:** Eine zentrale Recycling Analysis Plattform, welche sämtliche Sensordaten in Echtzeit synchronisiert, visualisiert und für komplexe Datenfusionen auf Partikelebene bereitstellt.
- **Prozessflexibilität:** Neben der Analyse einzelner Objekte sowie der Kreislaufführung von verschiedenen Probenvoluminas ermöglichen ein vorgeschaltetes Dosieraggregat und adaptive Fördertechnik die Untersuchung kontinuierlicher Materialströme von mehreren Tonnen (*Industrial Scale*).

Aufbauend auf den Vorarbeiten von Egarter (2025) sowie Kandlbauer et al. (2024) wird eine standardisierbare Methode zur digitalen Sortieranalyse entwickelt. Diese zielt darauf ab, Parameter wie **Korngrößenverteilung, Materialzusammensetzung, Störstoffanteile und Massenströme** mit minimalem Zeitversatz zu bestimmen. Um die Aussagekraft oberflächenbasierter Sensorik zu steigern, werden **KI-Modelle zur Objektwiedererkennung** implementiert. Langfristiges Ziel ist es, eine standardisierte Methode zu erarbeiten, mit der Ergebnisse generiert werden, die hinsichtlich ihrer Validität und Präzision mit konventionellen Normverfahren vergleichbar sind und gleichzeitig die **Effizienz der Abfallanalytik signifikant steigern**.

# Product/Service Carbon Footprint

## Relevanz und Chancen für die Abfallwirtschaft

DI Sabrina Hofmeister

ECOFIDES Consulting GmbH

Ing. Katja Gruber, MSc

Wirtschaftskammer Österreich, Fachverband Entsorgungs- und Ressourcenmanagement

Gesetzliche Vorgaben, die persönliche Überzeugung von Entscheidungsträger:innen oder auch steigende Anforderungen von Investor:innen und Geschäftspartner:innen treiben Nachhaltigkeit im unternehmerischen Kontext voran. Trotz Gegenwind auf regulatorischer Ebene sowie geopolitischen und ökonomischen Herausforderungen der Industrie, bleibt die Dekarbonisierung weiterhin auf der Agenda der Wirtschaft.

Die Grundlage einer Dekarbonisierungsstrategie ist die Erstellung einer Treibhausgasbilanz, gegliedert in Scope-1, Scope-2 und Scope-3. Insbesondere mit der Berechnung von Scope-3-Emissionen rückt zudem die Wertschöpfungskette stärker in den Fokus. In der Kategorie 3.5 „Abfallaufkommen im Betrieb“ sind etwa Treibhausgasemissionen aus der Abfallbehandlung zu berücksichtigen. Insbesondere berichtspflichtige Unternehmen **fordern daher zunehmend spezifische Daten, wie etwa einen Product Carbon Footprint (PCF) bzw. Service Carbon Footprint von ihren Dienstleistern**, um eine vollständige Bilanz aufzustellen. Diese Anforderung betrifft somit auch Abfallbehandler, die Abfälle anderer verwerten oder beseitigen. Eine Studie von SBTi zeigt, dass **6 % der befragten Unternehmen lieferantenspezifische Faktoren für Ihre Abfallemissionen** verwenden. Der weitaus größere Teil stützt seine Berechnungen auf ungenaueren Methoden und Daten, die etwa aus öffentlichen Datenbanken stammen (SBTi, 2023).

Die **Abfallwirtschaft** wird in der österreichischen Treibhausgasinventur nach dem Klimaschutzgesetz als eigener Sektor eingestuft. Mit 2,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq hatte die Branche 2024 einen **Anteil von 3,4 % an der österreichischen Treibhausgasbilanz**. Seit 1990 hat sich der Treibhausgasausstoß in der Abfallwirtschaft um 52,8 % (von 4,6 auf 2,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-eq) reduziert. (Umweltbundesamt, 2026)

Aufgrund der sperrigen Auswahl an generischen Emissionsfaktoren bilanzieren viele österreichische Unternehmen ihre Abfallemissionen aktuell anhand von Annahmen (Emissionsfaktoren), welche für die österreichische Abfallwirtschaft nicht repräsentativ sind. Eine individuelle Bilanzierung auf Basis realer Gegebenheiten würde sowohl die methodische Qualität erhöhen als auch in vielen Fällen zu besseren Emissionsbilanzen führen. Für die Abfallwirtschaft ergibt sich hierdurch eine klare Chance:

**Treibhausgasbilanzen** stellen ein **wichtiges Werkzeug zur Dekarbonisierung** dar und sind zugleich ein **Wettbewerbsvorteil**, da sie Kund:innen belastbare Emissionsdaten liefern.

Im Rahmen unseres Posters stellen wir **Praxistipps und eine Checkliste für die Erstellung von Service Carbon Footprints in der Abfallwirtschaft** vor und wollen so die Branche anregen, sich mit diesem Thema strategisch auseinanderzusetzen. Hierbei bringen wir Erkenntnisse aus zahlreichen Bilanzierungsprojekten sowie die Vogelperspektive der Branchenvertretung mit ein.

Umweltbundesamt (2026): Rückblick Sektorale Entwicklung. <https://www.umweltbundesamt.at/news260121-treibhausgas-emissionen-2024/rueckblick> [Abfrage am 26.02.2026].

SBTi (2023): CATALYZING VALUE CHAIN DECARBONIZATION: Corporate Survey Results. Seite 14.

# recAlcle: KI-Unterstützte Handsortierung

Julian Aberger & Renato Sarc

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft/ Montanuniversität Leoben

Das kürzlich abgeschlossene FFG-Projekt **recAlcle** entwickelte und validierte ein KI-gestütztes Assistenzsystem zur **Digitalisierung der manuellen Abfallsortierung**. Das Resultat des Projektes ist der **recAlcle-Prototyp** und eine Umsetzungsstrategie für den Einsatz des Systems in realen abfallwirtschaftlichen Anlagen. Der Neuheitswert liegt in einer methodischen **End-to-End-Lösung**, die eine robuste und anpassungsfähige Implementierung von KI mit kontinuierlich vom Menschen inspiriertem Lernen in den Sortierbetrieb ermöglicht. Weiters wurden **Mensch-Maschine-Interaktion**, automatisierte Datenerfassung und -annotation sowie fortgeschrittene Ansätze des maschinellen Lernens in einer **kohärenten Systemarchitektur** integriert.

Eine **projektionsbasierte** Mensch-Maschine-Schnittstelle hebt **Partikel** von Interesse für die Sortierarbeiter:innen auf dem Förderband in Echtzeit hervor. Während eine zweite Kamera, die hinter den Sortierarbeiter:innen positioniert ist, Feedback an das KI-Modell liefert. Diese Schnittstelle ermöglicht es dem Modell, durch Beobachtung kontinuierlich zu lernen. Mehrere Maßnahmen zur Reduktion bzw. Verhinderung von „catastrophic forgetting“ (Vergessen bereits erlernter Objekte) wurden in das Assistenzsystem implementiert.

Der Prototyp wurde als **industrietaugliche Gesamtlösung** realisiert. Die Validierung im **Digital Waste Research Lab (DWRL)** des Lehrstuhls AVAW zeigte eine klare, **intuitiv verständliche Projektion** und **robustes Tracking** im Betrieb. Versuche bestätigten darüber hinaus Echtzeitfähigkeit und eine Detektionspräzision von etwa 93 % unter realistischen Bedingungen.

Die breite Anwendbarkeit wurde in einem zweiten, **industriell relevanten Use-Case** demonstriert. In einem gemischten Metall-/Bettaschestrom wurden Kleinmotoren und Transformatoren als Störstoffe detektiert.

Eine Marktumfrage im **DACH-Raum** unterstreicht die wirtschaftliche Relevanz: **82 %** der befragten Unternehmen können sich **KI-Unterstützung** in der manuellen Sortierung vorstellen.

recAlcle belegt damit die Machbarkeit eines skalierbaren Assistenzsystems, das menschliche Expertise mit KI-gestützter Wahrnehmung, Projektion und kontinuierlichem Lernen verbindet und sich **dynamisch an wechselnde Stoffströme** anpasst. Aufbauend darauf sind industrielle Pilotierungen und systematische Anwenderstudien vorgesehen, um Effekte auf Geschwindigkeit, Reinheit und Effizienz quantitativ nachzuweisen.

Das Projekt RecAlcle (FFG-Projektnummer: FO999892220) wird im Zuge der Ausschreibung AI for Green 2021 (KP) aus Mitteln der FFG gefördert.

Finanziert durch:

Projektpartner:

# PFAS im Bioabfall: Erste Abschätzung der PFAS-Gesamtbelastung

Livia Hökl, Anke Bockreis

*Universität Innsbruck, Institut für Infrastruktur, Arbeitsbereich Umwelttechnik, Fachgebiet Abfallbehandlung und Ressourcenmanagement*

Die zunehmende Präsenz von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) in Abfallströmen stellt ein relevantes Umweltproblem dar und rückt verstärkt in den Fokus von Wissenschaft und Abfallwirtschaft. PFAS werden aufgrund ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften und ihrer Langlebigkeit in zahlreichen Industrie- und Alltagsprodukten eingesetzt. Über verschiedene Eintragungspfade gelangen sie in organische Abfallströme und können infolge ihrer außergewöhnlichen chemischen Stabilität in der Umwelt persistent verbleiben.

Die PFAS-Belastung im österreichischen Bioabfall wurde auf Basis der Zusammensetzung von Bioabfall sowie Literaturwerten zu PFAS-Konzentrationen abgeschätzt.

Die jährliche PFAS-Belastung des österreichischen Bioabfalls beträgt mindestens  $40 \text{ kg a}^{-1}$ . Dieser Wert ist als konservative Untergrenze zu verstehen, da für einige Fraktionen keine belastbaren Literaturwerte vorlagen und sie aufgrund unzureichender Datenlage oder unklarer Zusammensetzung nicht berücksichtigt werden konnten.

PFAS müssen in der Behandlung organischer Abfälle gezielt adressiert werden, um den Eintrag in die Umwelt sowie eine unbeabsichtigte Rückführung in Stoffkreisläufe, etwa über Kompost oder Gärprodukte, zu vermeiden. Kompostierung oder anaerobe Vergärung sind nicht auf die Entfernung von PFAS und anderen organischen persistenten Schadstoffen ausgelegt und können daher keine PFAS-freien Endprodukte gewährleisten. Vor diesem Hintergrund sollten zukünftig neben den Nährstoffpotenzialen des Bioabfalls auch die Auswirkungen persistenter Schadstoffe wie PFAS berücksichtigt werden.

Eine nachhaltige Kreislaufwirtschaft erfordert daher eine Kombination aus präventivem Stoffstrommanagement und Produktdesign, angepassten Behandlungstechnologien, praktikablen Mess- und Bewertungsansätzen sowie einem geeigneten regulatorischen Rahmen.

## Halogenierte Flammschutzmittel in Kunststoffrohren und Kabelkanälen des europäischen Bausektors

Fabian Mattersberger<sup>1</sup>, Florian Part<sup>2</sup>, Michael Gasser<sup>3</sup>, Roland Weber<sup>4</sup>, Erwin Rosenberg<sup>5</sup>, Dominik Leverenz<sup>6</sup>, Thomas Højlund Christensen<sup>6</sup>, Helmut Rechberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement, Technische Universität Wien, Österreich, <sup>2</sup>Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft (ABF-BOKU), Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich, <sup>3</sup>Volutio GmbH, CH-5000 Aarau, <sup>4</sup>POPs Environmental Consulting, Schwäbisch Gmünd, Germany, <sup>5</sup>Institut für chemische Technologien und Analytik, Technische Universität Wien, Österreich, <sup>6</sup>Department für Umwelt- und Ressourceningenieurwesen, Technische Universität Dänemark

Halogenierte Flammschutzmittel (HFSM) stellen einen bedeutenden Anteil der weltweit eingesetzten Kunststoffadditive dar. Zehn dieser Stoffe, die insbesondere in Kunststoffen des Bausektors verwendet wurden, sind aufgrund ihrer Persistenz, Bioakkumulation und Toxizität unter der Stockholmer Konvention als persistente organische Schadstoffe (POPs) gelistet. Aufgrund der langen Nutzungsdauern von Baukunststoffen können diese Materialien als relevante Langzeitlager historisch eingesetzter POP-Flammschutzmittel betrachtet werden. Rohre und Kabelkanäle sind hierbei von besonderer Bedeutung, da sie Nutzungsdauern von über 100 Jahren aufweisen und mengenmäßig die wichtigste Produktgruppe sowohl für Primär- als auch für Sekundärkunststoffe im Bausektor darstellen. Entsprechend werden sie häufig als Vorzeigeprojekt für eine funktionierende europäische Kreislaufwirtschaft herangezogen.

In einer vorangegangenen Studie haben wir belegt, dass mehr als 22 % der anfallenden Rohre und Kabelkanalabfälle in Österreich, bromierte Flammschutzmittel (BFSM) enthalten. In weiterführenden Untersuchungen konnten zwar POP-BFSM nachgewiesen werden, jedoch in Konzentrationen, die keine eindeutige Unterscheidung zwischen gezieltem Einsatz und Kreuzkontamination durch Rezyklateinsatz zuließen.

Vor diesem Hintergrund wurde die Schweiz als zusätzlicher Probenahmestandort ausgewählt, da sie Österreich geografisch nahe und strukturell vergleichbar ist, gleichzeitig jedoch eine deutlich geringere Menge Kunststoffrecycling einsetzt, diese ausschließlich aus Verpackungen herangezogen werden und so das Risiko einer Kreuzkontamination minimiert.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 879 kg Kunststoffrohre und Kabelkanäle aus gemischten Bau- und Abbruchabfällen im Kanton Zürich untersucht. Nach mechanischer Aufbereitung und polymeranalytischer Charakterisierung wurde die polyolefinreiche Fraktion mittels tragbarer Röntgenfluoreszenzspektrometrie (h-XRF) auf Halogene sowie Synergisten, insbesondere Antimon und Molybdän und mittels Flammwidrigkeitstests, nach DIN EN ISO 11925-2, auf die Anwesenheit von Flammschutzmitteln (FSM) analysiert. Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Anwendungsbereiche wurden die Proben außerdem in Farbgruppen sortiert. Ergänzend wurden Markt- und Lieferkettenstrukturen in Europa durch Interviews und Umfragen der Mitglieder der TEPPFA (The European Plastic Pipes and Fittings Association) untersucht.

In etwa 25 % der untersuchten Gesamtmasse wurden Flammschutzmittel nachgewiesen. Während Brom nicht detektiert wurde, zeigten alle flammgeschützten Proben erhöhte Chlor- und Antimongehalte, was eindeutig auf den Einsatz chlorierter Flammschutzmittel hinweist. Die Befunde korrelierten deutlich mit bestimmten Farb- und Anwendungsklassen, insbesondere bei Rohren und Kabelkanälen für Elektroinstallationen. Da nur eine begrenzte Zahl von chlorierten Flammschutzmitteln in der EU zugelassen sind, sprechen die Ergebnisse dafür, dass es sich aller Wahrscheinlichkeit nach um chlorierte POP-Flammschutzmittel handelt. Eine eindeutige stoffliche Zuordnung erfordert jedoch weiterführende, substanzspezifische Analytik.

Die Ergebnisse liefern erstmals belastbare Hinweise auf das Vorhandensein von POPs in europäischen Polyolefinrohren. Sie verdeutlichen zugleich das Risiko einer unbeabsichtigten Kreislaufführung solcher Stoffe durch Recyclingprozesse und unterstreichen den Bedarf an halogenspezifischen Sortier- und Analysestrategien, um eine schadstofffreie Kreislaufwirtschaft im Bausektor zu ermöglichen.

# Umweltverträglichkeit der Wiederverwendung

Souphaphone Soudachanh und Stefan Salhofer

*Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Department für Landschaft, Wasser und Infrastruktur,  
Universität für Bodenkultur Wien*

Diese Studie bewertet die Umweltauswirkungen der Wiederverwendung gebrauchter Elektro- und Elektronikgeräte (UEEE) in Slowenien. Die Wiederverwendungsvorgänge in vier Zentren von Ponovne Uporabe wurden durch die Integration einer Materialflussanalyse mit einem vereinfachten Lebenszyklusbewertungsansatz analysiert. Es wurden vier Szenarien bewertet: S1 (optimistische Wiederverwendung), S2 (konservative Wiederverwendung), S3 (keine Wiederverwendung) und S4 (vollständige Wiederverwendung), die sich jeweils in der Zuweisung der Materialien zur Wiederverwendung, zum Recycling und zur Verbrennung sowie in der angenommenen Wiederverwendungseffizienz unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass S4 (vollständige Wiederverwendung) mit 7,87 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kg Materialinput die höchste Emissionsminderung erzielte, was die erheblichen Umweltvorteile der Wiederverwendung gegenüber dem Recycling unterstreicht.

Die optimistische Wiederverwendung (S1), die von einer vollständigen Substitution ausgeht, bringt ebenfalls erhebliche Umweltvorteile von 7,82 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kg Materialinput. Im Gegensatz dazu führt S3 (das Szenario ohne Wiederverwendung), bei dem Materialien hauptsächlich dem Recycling zugeführt werden, zu einer Emissionsreduktion von 5,2 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kg Materialinput. S2 (konservative Wiederverwendung), bei dem ein konservativer Wiederverwendungsfaktor angewendet wird, weist mit 4,1 kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro kg Materialeinsatz die geringsten vermiedenen Emissionen auf. Obwohl diese Studie in Slowenien durchgeführt wurde, bietet sie übertragbare Erkenntnisse für Länder, die Wiederverwendungssysteme ausbauen möchten. Die Ergebnisse zeigen, dass die Maximierung der Umweltvorteile im Kreislaufwirtschaftsmodell systemische Unterstützung erfordert, darunter Design für Wiederverwendung, Langlebigkeit, Reparaturfähigkeit, effektive Vorbereitung auf Wiederverwendungsvorgänge, unterstützende politische Rahmenbedingungen sowie angemessene finanzielle und infrastrukturelle Kapazitäten.

Die Studie ist Teil des Circular WEEEP-Projekts, das vom European Union - Interreg Central Europe Programme finanziert wird, um die Wiederverwendung und Reparatur von Elektro- und Elektronik-Altgeräten zu fördern.

## Glasrückgewinnung aus Bettaschen: Bilanzierung einer neuen Aufbereitungsanlage

Constantin Rodas Reyna

*CD-Labor für recyclingbasierte Kreislaufwirtschaft, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, TU Wien*

Bettaschen aus österreichischen Wirbelschichtfeuerungen enthalten beträchtliche Mengen verwertbaren Glases, dessen Recyclingpotenzial bislang weitgehend ungenutzt bleibt. Im Rahmen dieser Masterarbeit am CD-Labor für recyclingbasierte Kreislaufwirtschaft an der TU Wien wurde die Glasrückgewinnung einer neu errichteten Aufbereitungsanlage bilanziert und hinsichtlich Stoffströmen, Reinheiten und Massenverlusten bewertet.

Für die Bilanzierung der Aufbereitungsanlage wurden zehn unterschiedliche Outputströme direkt an der Anlage beprobt. Die Probenahme erfolgte über einen Zeitraum von zwei Stunden als repräsentative Teilmenge des kontinuierlichen Massenstroms. Anschließend wurden die Proben luftgetrocknet und für die Untersuchung vorbereitet.

Zur Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung erfolgte eine händische Einzelkornsortierung. Sämtliche Partikel wurden visuell klassifiziert und in definierte Materialkategorien eingeteilt: Weißglas, Grünglas, Braunglas, Buntglas, KSP (Keramik–Steine–Porzellan), Metalle, Bleiglas sowie eine Feinfraktion < 4 mm. Durch Auswiegen der einzelnen Materialgruppen wurde deren Massenanteil pro Outputstrom bestimmt. Ergänzend wurde mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) die elementare Zusammensetzung bestimmt, insbesondere zur Identifikation von Bleigehalten und anderen visuell nicht bestimmbareren Störstoffen.

Das Eingangsgemisch – eine Glasfraktion aus einer industriellen Ascheaufbereitungsanlage – weist einen Glasgehalt von rund 90 % auf. Die folgenden Aufbereitungsschritte wie Siebung, sensorbasierte Sortierung sowie Metall- und Bleiglasabscheidung führen zu deutlich höheren Reinheiten der gewonnenen Fraktionen. In den Produktströmen *Weißglas* und *Braunglas* konnten Glasanteile von 98 % erzielt werden. Gleichzeitig sinkt der Störstoffanteil aus Metallen, KSP oder Bleiglas von ursprünglich 9% auf unter 0,1 %, der Rest entfällt auf Feinanteile.

Die Massenbilanz zeigt, dass ein großer Teil des im Eingang enthaltenen Glases durch die mehrstufige sensorbasierte Sortierung in hochwertige Outputströme übergeht. Gleichzeitig entstehen durch die Sortierung auch relevante Materialverluste, da zwar viele Störstoffe abgetrennt werden, jedoch auch wertvolle Glasanteile in KSP und XRF Outputfraktionen verloren gehen.

Insgesamt bestätigt die Untersuchung ein sehr hohes Rückgewinnungs- und Recyclingpotenzial für Glas aus Bettaschen. Die erzeugten Produktfraktionen erfüllen die Qualitätsanforderungen der Verpackungsglasindustrie und ermöglichen eine nachhaltige Nutzung bislang kaum erschlossener Ressourcen.

# Sensorbasierte Sortierung zur Reduktion des Ziegelanteils in aufbereitetem Bauschutt

Mariella Laure, Dominik Blasenbauer, Jakob Lederer

*Technische Universität Wien (TU Wien), Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und technische Biowissenschaften, Forschungsbereich Mechanische Verfahrenstechnik, Getreidemarkt 9/166, 1060 Wien*

In Österreich zählen Bau- und Abbruchabfälle mit rund 11,5 Millionen Tonnen pro Jahr (Stand 2022) nach Aushubmaterialien zu den mengenmäßig bedeutendsten Abfallströmen. Diese Abfallgruppe umfasst unter anderem mineralische Abfälle wie Bauschutt. Dieser besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Materialien zusammen. Um aus diesem heterogenen Stoffstrom unerwünschte Bestandteile abzutrennen und hochwertigere Recycling-Gesteinskörnungen zu erzeugen, sind umfassende Aufbereitungsverfahren erforderlich. Da Beton große Mengen natürlicher Gesteinskörnung benötigt, kann ein Teil davon durch rezyklierte Gesteinskörnung aus aufbereitetem Bauschutt ersetzt werden.

Die aus Bauschutt gewonnene, rezyklierte Gesteinskörnung enthält jedoch noch wesentliche Anteile an Ziegelsplitt. Dadurch ist der Einsatz von Beton mit dieser Gesteinskörnung nur in bestimmten Anwendungsbereichen möglich. Wenn der Ziegelanteil minimiert werden kann, besteht die Annahme, dass auch Beton für höherwertige Anwendungen hergestellt werden kann. Eine Möglichkeit zur Reduzierung ist die Abtrennung mittels sensorbasierter Sortierung. Das erste Ziel dieser Arbeit bestand darin, das Potenzial einer sensorbasierten Sortierung zur Reduktion des Ziegelanteils in aufbereitetem Bauschutt zu untersuchen.

Als Ausgangsmaterial diente eine als RH-B 0/16 U-A definierte Recycling-Gesteinskörnung der Firma Wopfinger Transportbeton. Diese wurde in Vorbereitung auf den Sortierversuch in definierte Korngrößenklassen (4–8 mm, 8–16 mm und 4–16 mm) siebklassiert und anschließend im Versuchstechnikum von Binder+Co sensorbasiert sortiert. Die Versuche wurden sowohl an einem Rutschen- als auch an einem Bandsortierer durchgeführt, wobei die Sortiereinstellungen so gewählt wurden, dass eine möglichst reine Beton-Fraktion erzielt wird. Der Ziegelsplitt wurde anhand seiner rotbraunen Farbe im sichtbaren Spektrum detektiert und mittels Druckluft aus dem Stoffstrom ausgeschleust. Die Zusammensetzung des Ausgangsmaterials sowie der im Versuch erzeugten Fraktionen wurde mittels Einzelkornsortierung bestimmt.

Die Ergebnisse zeigen bei allen Versuchen eine relative Reduktion des Ziegelanteils von 73 bis 95 m.%. Der höchste Abscheidegrad von 95 m.% wurde bei der Bandsortierung der Korngrößenklasse 8–16 mm erzielt, während bei der Korngrößenklasse 4–8 mm eine geringere Reduktion beobachtet werden kann. Auch das breite Kornband 4–16 mm zeigte mit rund 90 m.% eine deutliche Ziegelanreicherung. Insgesamt belegen die Ergebnisse das Potenzial der sensorbasierten Sortierung zur weiteren Qualitätsverbesserung von Recycling-Gesteinskörnungen, wobei insbesondere bei größeren Korngrößen hohe Abscheidegrade erreicht werden. Im nächsten Schritt wird die ziegelabgereicherte Fraktion für Betonversuche herangezogen, um den Einfluss des reduzierten Ziegelanteils auf die Festigkeit zu prüfen.

# Das PP-Dilemma – wenn Modifizierbarkeit zum Problem wird

Nikolai Kuhn<sup>1</sup>, Moritz Mager<sup>2</sup>, Gerald Koinig<sup>1</sup>, Jörg Fischer<sup>2</sup>, Alexia Tischberger-Aldrian<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Montanuniversität Leoben, <sup>2</sup>Johannes Kepler Universität Linz

In der Verpackungsindustrie wird Polypropylen (PP) gerne eingesetzt, weil sich seine Eigenschaften gezielt modifizieren lassen. Zwei wichtige Stellschrauben sind die Copolymer-Struktur und die Molmasse: Reines PP (Homopolymer) ist spröde und steif und wird daher bspw. für dünnwandige Becher eingesetzt. Die Steifigkeit ändert sich, wenn Ethylen beigemischt wird. Bei regelmäßiger Anordnung (Blockcopolymer) entstehen elastische Phasenbereiche, die wie Stoßdämpfer wirken, die Schlagzähigkeit erhöhen und die Sprödigkeit reduzieren und sich ideal für Niedertemperatur-Anwendungen wie Speiseeisschalen eignen. Bei zufälliger Verteilung des Ethylens in der PP-Matrix (Statistische Copolymer), durchmischen sich die Phasen stärker und der kristalline Anteil steigt. Dies führt zu höherer Steifigkeit und Transluzenz, weil die weniger amorphe  $\gamma$ -Phase Licht streut. Typische Produkte sind bspw. durchsichtige Flaschen und Schalen.

Dagegen beeinflusst die Molmasse (Kettenlänge), wie zähflüssig die Kunststoffschmelze ist (Schmelzviskosität, gemessen als MFR). Kurze Ketten bedeuten geringe Viskosität und somit leichtes Spritzgießen. Lange Ketten erhöhen die Viskosität und ermöglichen somit Blasformen und Thermoformen. Der MFR ist somit ein Proxy für die Verarbeitbarkeit.

Bisher erfolgt weder in Sortier- und Recyclinganlagen eine Trennung von PP anhand von mechanischen bzw. verarbeitungsrelevanten Eigenschaften. Somit verfügt das Rezyklat über die Mischeigenschaften aller PP-Verpackungen. Durch nachträgliche Modifikation lassen sich diese Eigenschaften (limitiert) beeinflussen. Das Substitutionspotenzial von PP-Rezyklaten könnte also durch eine zusätzliche Sortierung erhöht werden – ein solches Verfahren existiert jedoch bisher nicht.

Im Rahmen des Leitprojekts circPLAST-mr wurden zwei mechanische Aufbereitungsverfahren zur Beeinflussung mechanischer bzw. verarbeitungsrelevanter Rezyklatmerkmale entwickelt und untersucht: Im Technikumsmaßstab wurde mittels sensorbasierter Sortierung transluzentes PP von opakem PP getrennt. Die so gewonnenen Rezyklate unterscheiden sich in ihrem E-Modul (1.424 vs. 1.154 MPa) und MFR (17 vs. 9 g/10 min). Die zentrale Erkenntnis: Optische Unterschiede (Transluzenz) korrelieren mit mechanischen und verarbeitungsrelevanten Eigenschaften und können somit zukünftig für die Sortierung angewendet werden.

Anschließend wurde im Labormaßstab das Potential für eine sensorbasierte Sortierung anhand des MFR untersucht: Dazu wurden Verpackungen gesammelt, deren MFR bestimmt und die Nahinfrarot-Spektren der Verpackungen mittels hyperspektraler Bildgebung erhoben. Die nachfolgend erstellten Korrelationsmodelle weisen befriedigende Bestimmtheitsmaße zwischen 0,61-0,85 mit hohen Standardfehlern (~13 g/10 min) auf. Allerdings erreicht die binäre Klassifikation bei einem Grenzwert von 12 g/10 min eine industrietaugliche Genauigkeit von 91 %. Als zukünftige Herausforderung zeigt sich die starke Variabilität der Spektren: Bei einigen Proben ähneln sich die Spektren trotz eines großen MFR-Unterschieds sehr stark – bei anderen Proben unterschieden sich hingegen die Spektren trotz ähnlicher MFR-Werte.

# Sprühtrocknung in der Abfallwirtschaft: Technologie und Anwendungen

Simon Leitner<sup>1</sup>, Christian Mayerl<sup>1</sup>, Nataly Knöpfle<sup>2</sup>, Silvia Kostner<sup>1</sup>, Maximilian Larch<sup>1</sup>, Niklas Kargruber<sup>2</sup>, Thomas Senfter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Studiengang Umwelt-, Verfahrens- und Energietechnik, MCI - Die Unternehmerische Hochschule, Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich

<sup>2</sup>Studiengang Bio- und Lebensmitteltechnologie, MCI - Die Unternehmerische Hochschule, Universitätsstraße 15, A-6020 Innsbruck, Österreich

**Einleitung und Motivation** Der Übergang von einer linearen Entsorgungswirtschaft hin zur zirkulären Wertschöpfung (Circular Economy) erfordert innovative Verfahrenstechniken, um komplexe Reststoffströme effizient aufzubereiten. Insbesondere flüssige, schlammige oder hochkonzentrierte Reststoffe stellen Anlagenbetreiber vor große Herausforderungen: Hohe Wassergehalte verursachen ineffiziente Logistikketten, während gelöste Frachten oft eine konventionelle Entsorgung unmöglich machen. Dieser Beitrag stellt die Sprühtrocknung als Schlüsseltechnologie zur Volumenreduktion und Wertstoffrückgewinnung vor.

**Technologischer Ansatz** Die Sprühtrocknung ist ein thermisches Trennverfahren, bei dem die flüssige Matrix über eine Sprühdüse in feinste Tröpfchen zerstäubt und in einen heißen Luftstrom geleitet wird. Durch die vergrößerte Oberfläche verdunstet das enthaltene Wasser in Sekundenbruchteilen. Die Feststoffe werden als Pulver über Zyklone und Filter abgeschieden.

**Anwendungsfelder** Der Beitrag beleuchtet zwei wesentliche Einsatzgebiete:

1. **Bioökonomie (Trocknung von Gärresten):** Die logistische Handhabung flüssiger Gärreste aus Biogasanlagen ist oft unwirtschaftlich. Die Sprühtrocknung ermöglicht hier eine Volumenreduktion um bis zu 90 %. Neben der Senkung von Transportkosten bietet das Verfahren den entscheidenden Vorteil der Hygienisierung (thermische Abtötung von Pathogenen). Das Endprodukt ist ein lagerfähiger, standardisierter N-P-K-Dünger, der überregional vermarktet werden kann und so Nährstoffüberschüsse in Regionen mit intensiver Tierhaltung entlastet.
2. **Industrielle Abwässer (Zero Liquid Discharge):** In der Chemie-, Galvanik- oder Batterieproduktion fallen häufig salz- oder metallhaltige Prozesswässer an, die nicht in die Kanalisation eingeleitet werden dürfen. Mittels Sprühtrocknung lassen sich Strategien zur abwasserfreien Produktion (Zero Liquid Discharge / ZLD) realisieren. Das Wasser wird verdunstet und als Kondensat in den Prozess zurückgeführt, während Schad- oder Wertstoffe (z. B. Metallsalze, "Black Mass"-Vorprodukte) als fester Rückstand separiert und dem Recycling zugeführt werden.

**Fazit und Ausblick** Die Sprühtrocknung erweist sich als vielseitiges Instrument zur Schließung von Stoffkreisläufen. Die größte Herausforderung bleibt der energetische Aufwand der Wasserverdampfung. Zukünftige Anlagenkonzepte müssen auf die Nutzung industrieller Abwärme oder die Kombination mit mechanischen Vorentwässerungsverfahren setzen, um die Technologie ökologisch und ökonomisch nachhaltig zu etablieren.

# Mechanische Aufbereitung von Mineralwolleabfällen für das Open-Loop-Recycling in der Zementindustrie

Alena Vydrenkova<sup>1</sup> & Klaus Philipp Sedlazeck<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Montanuniversität Leoben, Österreich

Die weit verbreitete Verwendung von Mineralwolle als Dämmstoff hat zu einem deutlichen Anstieg der Abfallmengen geführt, sowohl aus Produktionsprozessen als auch aus dem Rückbau und der Sanierung von Bestandsgebäuden. Mit dem in Österreich ab 2027 vorgesehenen Deponierungsverbot für Mineralwolleabfälle besteht ein dringender Bedarf an technisch umsetzbaren Recyclingstrategien. Zusätzlich unterstreichen umwelt- und arbeitsschutzrelevante Fragestellungen die Notwendigkeit kontrollierter und technisch abgesicherter Behandlungsverfahren.

Gleichzeitig zählt die Zementindustrie weiterhin zu den größten Verursachern globaler CO<sub>2</sub>-Emissionen, wobei die Klinkerherstellung den energie- und emissionsintensivsten Prozessschritt darstellt. Traditionell wird gemahlene Hochofenschlacke als Sekundärzumahlstoff eingesetzt, um den Klinkeranteil im Zement zu reduzieren und damit Emissionen zu senken. Im Zuge der Transformation der Stahlindustrie hin zu dekarbonisierten Produktionsrouten wie der Direktreduktion und der Elektrostahlerzeugung im Lichtbogenofen ist jedoch künftig mit einer deutlich geringeren Verfügbarkeit von Hochofenschlacke zu rechnen. Diese Entwicklung erhöht den Bedarf an alternativen sekundären Rohstoffen für die Zementherstellung.

Das Projekt BitKOIN adressiert beide Herausforderungen durch die Untersuchung des Potenzials von Mineralwolleabfällen als Rohstoff für die Zementindustrie. Mittels thermochemischer Konversion in Kombination mit weiteren industriellen Nebenprodukten wird die Machbarkeit der Herstellung eines reaktiven sekundären zementären Bindemittels untersucht.

Rückbau- und Baustellenabfälle mit Mineralwolleanteil sind typischerweise heterogen und enthalten neben unterschiedlichen Faserarten diverse Störstoffe wie Mörtelreste, Holz, Metalle, Kunststoffe oder Verpackungsmaterialien. Darüber hinaus erschweren materialspezifische Eigenschaften - insbesondere geringe Schüttdichte, hohe Elastizität sowie ausgeprägte Faserverflechtungen - eine effiziente Trennung und Klassierung mit konventionellen Aufbereitungstechnologien. Diese Randbedingungen führen häufig zu inhomogenen Materialströmen, welche die stabile Weiterverarbeitung in nachgelagerten Prozessen beeinträchtigen.

Der vorliegende Beitrag entwickelt einen konzeptionellen Rahmen zur systematischen Bewertung mechanischer Vorbehandlungsschritte für Mineralwolleabfälle. Die mechanische Aufbereitung wird dabei nicht als isolierte Einzeloperation betrachtet, sondern als integraler Bestandteil einer mehrstufigen Verwertungskette.

# KiRAMET: KI Basiertes Recycling von Metallverbund- Abfällen

Gerald Koinig, Julian Aberger, Alexia Tischberger-Aldrian

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Montanuniversität Leoben

Der derzeitige Übergang von Hochöfen zu Elektrolichtbogenöfen (EAF) stellt einen vielversprechenden Weg dar, die CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Stahlproduktion zu reduzieren. Gleichzeitig verändert er jedoch die Anforderungen an Schrott als sekundären Rohstoff. Kupfer stellt dabei eine besondere Herausforderung dar, da es während des EAF-Prozesses weder in die Gas- noch in die Schlackenphase übergeht. Selbst kleinste Mengen von Kupfer in der Schmelze beeinträchtigen die mechanischen Eigenschaften des erzeugten Rohstahls erheblich. Gleichzeitig geht diese wertvolle Ressource verloren, da eine wirtschaftliche Rückgewinnung aus dem, nun minderwertigen, Stahl nicht möglich ist. Können kupferhaltige Partikel nicht bereits vor Einsatz des Schrottes entfernt werden, ist das Verdünnen der Schmelze mit Eisen oder Stahl die einzige, derzeit valide, Möglichkeit, den Kupfergehalt an diesem Punkt noch zu reduzieren. Derzeit existieren zwei wesentliche Methoden zur Reduzierung des Kupfergehalts in der Post-Shredder-Fraktion. Einerseits kann nach dem Schreddern, Zerkleinern und der magnetischen Separation eine manuelle Sortierung eingesetzt werden, um kupferhaltige Partikel zu entfernen. Das Finden, Ausbilden und Halten verlässlichen Personals für diese arbeitsintensive Tätigkeit stellt Industriebetriebe zunehmend vor Herausforderungen. Dies macht automatisierte Lösungen besonders attraktiv. Dementsprechend können sensorbasierte Verfahren wie Röntgenfluoreszenz (XRF) eingesetzt werden. Ein wesentlicher Nachteil des Einsatzes von XRF-Messsystemen sind die hohen Kosten dieser Anlagen sowie – abhängig von der jeweiligen Gesetzgebung – umfangreiche rechtliche Vorschriften und Anforderungen für deren Integration. Weiters ist XRF als Oberflächentechnologie nicht in der Lage, den Kupfergehalt von geschlossenen Partikeln, etwa Elektromotoren, verlässlich abzuschätzen. In KiRAMET wurde eine dritte, KI basierte Computer Vision Methode entwickelt, die in der Lage ist, kupferhaltige Partikel in Schredderschrott zu erkennen. Die Methode basiert auf Industriekameras, deren Aufnahmen mittels sogenannter One-Stage Detektoren analysiert werden, um anschließend kupferhaltige Partikel auszuschleusen. Dreh- und Angelpunkt dieser Methode sind stabile, verlässliche Daten und zahlreiche annotierte Bilder für das Training der Modelle. Da gerade das Annotieren der Bilddaten eine immens arbeitsintensive Tätigkeit ist, wurde im Rahmen des Projektes außerdem eine semiautomatische Annotierungsplattform erstellt. Diese erlaubt eine lokale, unterstützte Annotierung der Bilddaten. Diese Software beschleunigt den Annotiervorgang immens, erlaubt durch die lokale Berechnung Datenhoheit über Trainingsdaten und ist zudem völlig kostenlos verfügbar. Diese Methode wurde bereits in industrienahen Sortierkampagnen erprobt und die erreichbare Reinheit in großtechnischen Schmelzversuchen in einem industriellen Elektrolichtbogenofen validiert. Hierzu wurden etwa 20 t Shredder-Schrott mit dem im Projekt entwickelten Prototypen sortiert, in einem Elektrolichtbogenofen eingeschmolzen und anschließend mittels Funkenspektroskopie auf die chemische Zusammensetzung analysiert, laut der die in EN 10025-2 festgelegten Grenzwerte eingehalten werden konnten.

# Abfall-Atlas Niederösterreich

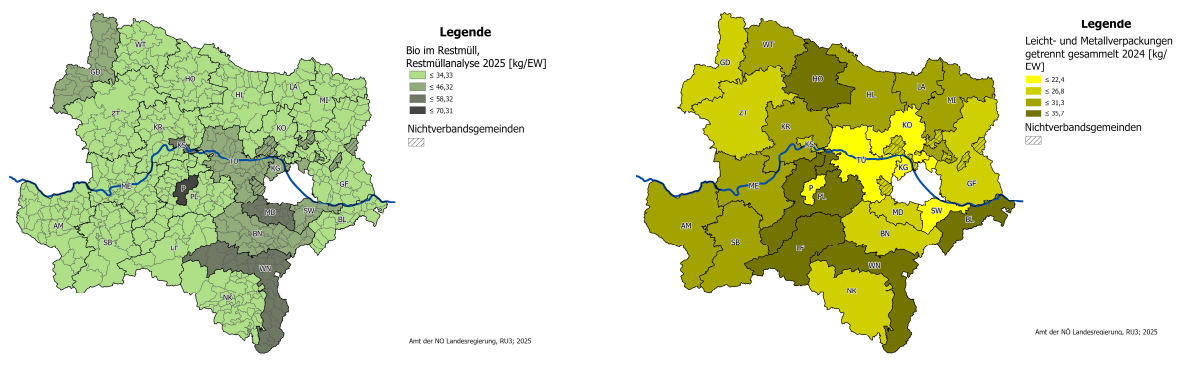
Eva Müller, Johannes Mayerhofer, Elisabeth Punesch

Amt der NÖ Landesregierung, Abt. Umwelt und Energiewirtschaft (RU3), Abfallwirtschaft und Ressourcenschonung

Der NÖ Abfall-Atlas visualisiert erstmals das kommunale Abfallaufkommen Niederösterreichs auf Ebene der Abfallverbände bzw. Gemeinden. Die Daten stammen aus den plausibilisierten Jahresabfallbilanzen der Verbände und Gemeinden (EDM), die jährlich in Tabellenform im NÖ Abfallwirtschaftsbericht veröffentlicht werden. Die kartografische Darstellung (durch ArcGIS Pro) ermöglicht eine bessere räumliche Einordnung, den Vergleich der Verbände und das Erkennen regionaler Unterschiede.

Die Karten dienen der Bevölkerung, um einen schnelleren und leichter verständlichen Überblick über die kommunale Abfallwirtschaft zu bekommen. Den Abfallverbänden wird damit ein visuelles „Benchmarking“ Tool zur Verfügung gestellt, um künftige Optimierungen in der Sammlung anzustoßen. Der Abteilung RU3 dienen die Karten als erweitertes Planungsinstrument, um Sammelmengen in den Regionen rasch zu veranschaulichen und zu vergleichen. Ebenso können die Karten als Basis für zukünftige Maßnahmen zur Verbesserung von Trennquoten herangezogen werden.

Im NÖ Abfall-Atlas werden strukturelle Daten zur NÖ Abfallwirtschaft (z.B. Organisation der Verbände / Nichtverbandsgemeinden, vorhandene Sammelinfrastruktur, sozioökonomische Schichtung) und zum Abfallaufkommen (z.B. von Restmüll, Sperrmüll, Biomüll, Grünschnitt, Leicht- und Metallverpackungen, EAGs, Altholz, Altmetall und Altpapier) dargestellt. Darüber hinaus werden wesentliche Ergebnisse der Restmüll-Analyse 2025 (z.B. Anteil biogener Abfälle im Restmüll) visualisiert. Des Weiteren finden sich Karten zum Anfall von Hochwasser-Sperrmüll im September 2024 im NÖ Abfall-Atlas.



# GreenPLAST-food: Grüne Kunststoffrecyclingfabrik für Lebensmittelkontaktmaterialien

Martin Schneiderbeck, Gerald Koinig, Julian Aberger, Alexia Tischberger-Aldrian

Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft, Montanuniversität Leoben

Weltweit werden etwa 14% der Kunststoffverpackungen recycelt, während in der EU die Quote bei über 40% liegt, aber bis 2030 auf 55% steigen soll. In Österreich liegt die Recyclingquote für Kunststoffverpackungen aktuell bei etwa 25% (Stand 2024). Das bedeutet, dass hier weiterhin Innovations- und Aufholbedarf besteht. Ein möglicher Ansatzpunkt sind beispielsweise 2D-Folienverpackungen, die rund 50% der jährlich anfallenden Leichtverpackungs-Fraktion ausmachen. In diesem Bereich dominieren Materialien wie Low-Density-Polyethylen (LDPE) und Linear-Low-Density-Polyethylen (LLDPE). Ein weiterer relevanter Bereich sind die Kategorien Hollow Bodies Large und Hollow Bodies Small. Hier überwiegen hingegen Verpackungen auf Basis von Polypropylen. Insgesamt ergibt sich somit ein klares Bild einer Dominanz von Polyolefinen. Nach Einführung des PET-Pfandsystems, ist die Verbesserung der Kreislaufwirtschaft von Polyolefinen somit ein geeignetes Mittel, um die Recyclingquote der Kunststoffverpackungen zu erhöhen. Nach derzeitiger Rechtslage ist es jedoch nicht möglich Polyolefine in Verpackungen mit Lebensmittelkontakt zu recyceln. Diese Einschränkung ist der Lebensmittelsicherheit geschuldet, da eine Kontaminationsfreiheit der Polyolefine derzeit kaum gewährleistet werden kann. Das Leitprojekt greenPLAST-food hat zum Ziel, das Recycling von Kunststoffverpackungsabfällen aus Polypropylen und Polyethylen zur Verwendung in Lebensmittelkontaktmaterialien zu verbessern. Dieses Projekt untersucht die Entwicklung energieeffizienter und nachhaltiger Verfahren für das Recycling von Kunststoffverpackungsabfällen. Der Fokus liegt dabei auf der Herstellung hochwertiger und sicherer Polyolefin-Rezyklate, die die strengen Dekontaminationsanforderungen für Materialien mit Lebensmittelkontakt erfüllen. Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Erkennung von Produkten mit Lebensmittelkontakt in Kunststoffverpackungsabfällen. Ziel ist es, eine Fraktion aus Foodgrade Verpackungen zu erzeugen. Hierzu werden sowohl Handsortierung als auch Modelle der künstlichen Intelligenz eingesetzt. Die KI-Modelle zielen darauf ab, den Sortierprozess zu automatisieren und die Effizienz und Genauigkeit zu erhöhen. Hierzu wurde ein Prototyp erstellt, der es ermöglicht, die Sortiermodelle unter Realbedingungen zu testen und deren Einsatzfähigkeit zu bestätigen. Da das Training von Computer Vision Modellen, sogenannten One-Stage Object Detektoren, gerade im abfallwirtschaftlichen Bereich eine immense Vielfalt an Daten (Trainingsbildern) erfordert, wurde im Rahmen des Projektes eine Methode der synthetischen Datenerstellung mittels Stable Diffusion Modellen erprobt. Dies erlaubt die Erstellung von künstlichen Trainingsbildern um den Datensatz zu erweitern und die Heterogenität von Kunststoffverpackungen besser abzudecken. Weiters benötigt das Training dieser Modelle annotierte Daten. Deren Erstellung ist zeitintensiv und erfordert Personal, welches bereits in der Lage ist, Partikel mit hoher Genauigkeit zu klassifizieren. Im Laufe des Projektes wurden Methoden erprobt, welche diese Arbeit automatisieren. Darunter fallen etwa Zero-Shot Transformer, welche in der Lage sind, Bilddaten anhand von Textinput, sogenannten Prompts, zu annotieren.

# Methodenvergleich zur Heizwertbestimmung von Outputs einer Restmüllsortieranlage

Gisela Breslmayer, Dominik Blasenbauer, Jakob Lederer

*Technische Universität Wien (TU Wien), CD-Labor für Recyclingbasierte Kreislaufwirtschaft, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, Forschungsbereich Mechanische Verfahrenstechnik, Getreidemarkt 9/166, 1060 Wien*

Heizwerte fester Brennstoffe können mittels Bombenkalorimetrie oder mittels Elementaranalyse (CHNS) und darauffolgender Berechnung bestimmt werden. Problem beider Methoden ist, dass nur sehr kleine Probenmassen (im Gramm- bzw. Milligrammbereich) benötigt werden. Um den Heizwert von heterogenem Restmüll adäquat bestimmen zu können, sind zeitaufwendige und kostspielige Aufbereitungsschritte erforderlich, um für die Messungen benötigte kleine Probenmassen zu erhalten.

Eine weitere Möglichkeit der Heizwertbestimmung besteht in der händischen Sortierung von Restmüll und dem Heranziehen der Elementarzusammensetzung der einzelnen Abfallfraktionen aus der Literatur. Ziel dieser Arbeit ist ein Methodenvergleich zur Heizwertermittlung zwischen händischer Sortierung und Literaturdaten, Bombenkalorimetrie und Elementaranalyse. Dieser Vergleich wird anhand von drei Outputs einer mechanischen Aufbereitungsanlage für Restmüll in Österreich durchgeführt. Bei den untersuchten Outputs handelt es sich um den Siebdurchgang „<80 mm“, und die „Leicht-“ und „Schwerfraktion“ aus dem Windsichter. Zu allen drei Outputs sind langjährige Heizwertdaten des Anlagenbetreibers vorhanden, wodurch ein Vergleich mit diesen Daten möglich ist.

Die mittels Bombenkalorimeters erhobenen Heizwerte reichen von 8 MJ/kg roh in der „<80 mm“-Fraktion bis zu 14 MJ/kg roh in der „Leichtfraktion“. Die mittels Elementaranalyse bestimmten Heizwerte decken sich gut mit jenen des Bombenkalorimeters (Unterschätzung des Heizwertes um 2% in der „Leichtfraktion“ und um 6% in der „<80 mm“-Fraktion). Auch die mittels Sortieranalyse erhobenen Heizwerte decken sich gut mit jenen des Bombenkalorimeters (Unterschätzung des Heizwertes von 2% in der „Schwerfraktion“ und von 3% in der „Leichtfraktion“), wobei es jedoch zu einer Unterschätzung von 17% in der „<80 mm“-Fraktion kam. Grund dafür könnten veraltete Brennstoffdaten aus der Literatur zur Feinfraktion sein, die den Hauptteil der „<80-Fraktion“ ausmacht. Hierbei kann die Arbeit dazu beitragen, dass aktuelle Daten zur Verfügung stehen. Der Vergleich mit den langjährigen Messwerten zeigt, dass sich die in dieser Arbeit ermittelten Werte innerhalb der Schwankungsbreite der Betreiberdaten befinden.

Die durchgeführte Sortieranalyse zeigt eine Aufkonzentrierung von Kunststoffen und Papier, Pappe und Kartonagen in der „Leichtfraktion“ und „Schwerfraktion“, welche zwar maßgeblich zum Heizwert der Outputs beitragen, aber auf diesem Wege auch für ein stoffliches Recycling verloren gehen. Aufgrund der regelmäßigen, österreichweit stattfindenden Sortieranalysen könnten somit Heizwerte von Restmüll lokal ermittelt werden und wichtige Daten für das Design und den Betrieb von Abfallverbrennungsanlagen liefern.

# Händische und sensorbasierte Charakterisierung von Alttextilien in Graz

Pablo Kählig, Andreas Bartl, Jakob Lederer

*Technische Universität Wien (TU Wien), CD-Labor für Recyclingbasierte Kreislaufwirtschaft, Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften, Forschungsbereich Mechanische Verfahrenstechnik, Getreidemarkt 9/166, 1060 Wien*

Für die Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft für Textilien sind abgestimmte Sortier- und Recyclingprozesse mit definierten Eingangsmaterial erforderlich. Vor dem Hintergrund der Bestrebungen der EU-Kommission [1,2] setzt dies eine Wissensbasis über Zusammensetzung und Beschaffenheit der Alttextilien voraus. Darüber hinaus braucht es Sortiersysteme an etablierten Systemen mit realen Materialströmen, um die Übertragbarkeit dieser Erkenntnisse in industrielle Prozesse zu untersuchen.

Im CD-Labor für Recyclingbasierte Kreislaufwirtschaft wurden aus diesem Grund Textilien aus der Containersammlung eines Sammelunternehmens im öffentlichen Raum in Graz 2024 untersucht. Die analysierte Probemenge betrug 470 kg. In einem Vorsortierschritt wurden mehrschichtige Textilien sowie Schuhe und Lederwaren manuell aussortiert und die verbleibenden Bekleidungs- und Haushaltstextilien in einem Sortiersystem im Technikumsmaßstab mithilfe von NIR-Sensoren fraktioniert. Insgesamt wurden 4 Fraktionen mit unterschiedlichen Baumwollgehalten generiert, welche anschließend manuell nachsortiert und charakterisiert wurden – u. a. nach Fasermaterial, Qualität, Zusatzkomponenten, Färbung – um die Sortenreinheit dieser generierten Fraktionen zu analysieren.

Die Ergebnisse der händischen Sortierung zeigen eine ähnliche Zusammensetzung der Alttextilien zu vorhergegangenen Alttextil-Analysen aus Wien [3]. Die Vorsortierung ergab, dass ein Großteil der analysierten Textilien aus nicht-mehrschichtigen Bekleidungs- und Haushaltstextilien bestand. Diese erste Sortierung ist dahingehend notwendig, da vor allem mehrschichtige Textilien von NIR-Sensoren nicht einwandfrei identifiziert werden können [4]. Die generierten Fraktionen zeigten, dass ein hoher Baumwollanteil vorlag. Circa 30 % der analysierten Textilien befanden sich in der Fraktion "Baumwollanteil >90 %", die händische Nachsortierung lt. Etikett ergab hier einen reinen Baumwollanteil von 97 %. Die durchgeführten Analysen weisen die Sortenreinheit der generierbaren Fraktionen auf NIR-Basis nach dem derzeitigen Stand der Technik auf und in weiterer Folge, mit welchen Störstoffen innerhalb dieser Fraktionen nachfolgende Recyclingprozesse umgehen müssen.

- [1] EC. (2018). Directive (EU) 2018/851 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2008/98/EC on waste. Official Journal of the European Union, 61(L150), 109–140. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0851>
- [2] EC. (2025). Directive (EU) 2025/1892 of the European Parliament and of the Council of 10 September 2025 amending Directive 2008/98/EC on waste. Official Journal of the European Union, L 2025/1892. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32025L1892>
- [3] Kählig, P., Ipsmiller, W., Bartl, A., & Lederer, J. (2025). Characterisation of Waste Textiles from Mixed MSW and Separate Collection—A Case Study from Vienna, Austria. *Sustainability (Switzerland)*, 17(12). <https://doi.org/10.3390/su17125484>
- [4] Tischberger-Aldrian, A.; Stipanovic, H.; Kuhn, N.; Bäck, T.; Schwartz, D.; Koinig, G. Automatisierte Textilsortierung—Status quo, Herausforderungen und Perspektiven. *Österr Wasser-Abfallw* 2024, 76, 63–79. <https://doi.org/10.1007/s00506-023-01004-5>

## 10 Jahre Social Urban Mining aus Sicht eines Genossenschaftsmitglieds

Victoria Menedetter<sup>1</sup>, Markus Meissner<sup>1,2</sup>, Jasmin Bermadinger<sup>2</sup>, Christian Pladerer<sup>1</sup>

*pulswerk GmbH<sup>1</sup>, BauKarussell e.Gen<sup>2</sup>*

Der Bausektor ist in Österreich für einen Großteil des Abfallaufkommens verantwortlich: Im Jahr 2022 entfielen rund 43,8 Millionen Tonnen (59 %) auf Aushubmaterialien und weitere 11,5 Millionen Tonnen (16 %) auf Bau- und Abbruchabfälle. Insgesamt stammen damit rund 75 % der österreichischen Abfälle aus dem Bauwesen (BAWP Statusbericht 2024). Re-Use von Bauteilen sowie die Bereitstellung sortenreiner Abfallfraktionen können den Ressourcenverbrauch und die damit verbundenen Umweltauswirkungen deutlich reduzieren. Mit der Recyclingbaustoffverordnung und der ON B 3151 wurden bereits rechtliche Grundlagen für einen verwertungsorientierten Rückbau geschaffen. Zwei wesentliche Punkte dabei sind die Erkundung des Rückbauobjekts und das Aufgreifen des Themas Wiederverwendung. Letzteres ist bislang kaum in die gängige Praxis von Erkundung, Planung und Ausführung integriert.

Das Konzept des **Social Urban Mining** adressiert diese Lücke, indem es kreislaforientiertes Bauen mit sozialen Beschäftigungsmodellen verbindet. Sozialwirtschaftliche Organisationen übernehmen für die Sanierung oder den Abbruch notwendige vorbereitende Rückbauarbeiten. Gleichzeitig werden wiederverwendbare Bauelemente in Rückbaugebäuden systematisch identifiziert und in neue Nutzungskreisläufe vermittelt. Erlöse aus dem Verkauf von Re-Use-Bauteilen tragen zur Finanzierung dieser Arbeiten bei. Dieses Vorgehen schafft Qualifizierung und Beschäftigung für arbeitsmarktferne Personengruppen.

**BauKarussell** entwickelte dieses Modell seit 2016 zunächst als Projektkonsortium bestehend aus pulswerk, Romm ZT, der Caritas der Erzdiözese Wien, dem Demontage- und Recyclingzentrum der Volkshochschulen Wien, den Werkstätten- und Kulturhaus (WUK) und Re-Use Austria. Aus dem Konsortium und weiteren Partnern ging 2022 die **BauKarussell** Genossenschaft hervor, mit dem Ziel, Social Urban Mining langfristig strukturell im Bauwesen zu verankern. Die Verbindung von abbruch- und sanierungsvorbereitem Rückbau und sozialer Beschäftigung stellt bis heute ein einzigartiges Konzept dar.

Pilotprojekte zeigen mögliche Wirkungen und den Bedarf an weiterer Standardisierung und Skalierung. Die Ergebnisse der letzten zehn Jahre belegen die praktische Umsetzbarkeit und Wirkung des Ansatzes:

- **1.960** Tonnen Material wurden bewegt und für Wiederverwendung oder umweltgerechte Entsorgung vorbereitet
- **851** Tonnen wurden erfolgreich in Re-Use vermittelt
- **44.000** Stunden Qualifizierung und Arbeitserfahrung wurden geschaffen
- sowie **270** Personen beim Wiedereinstieg in den Arbeitsmarkt unterstützt.

**BauKarussell** zeigt, wie zirkuläre Bauwirtschaft und soziale Integration wirksam miteinander verbunden und als skalierbares Modell im Bausektor realisiert werden können.

# Kreislaufwirtschaft in der Filmbranche: Das Österreichische Umweltzeichen für Green Producing in Film und Fernsehen

DI Maximilian Wagner, DI Christian Pladerer

pulswerk GmbH



International wie national verzeichnet die Filmindustrie erhebliche Wachstumszahlen. Durch Streaming und nicht lineare Fernsehgewohnheiten rund um die Uhr, ist der Content-Bedarf deutlich gestiegen. Im Filmwirtschaftsbericht 2025 wird international, wie national von Anstiegen bei der Anzahl von Produktionen und Umsätzen berichtet<sup>1</sup>. Studien aus den USA und EU zeigen, dass die Filmindustrie eine sehr energie- und ressourcenintensive Branche mit hohem ökologischem Fußabdruck ist. Die zunehmende Anwendung von KI in der Postproduktion kommt erschwerend hinzu<sup>1</sup>.

Megatrends wie diese sind ein idealer Anwendungsfall für Umweltzertifikate: Das Österreichische Umweltzeichen, als staatliches Typ I Umweltgütesiegel nach dem EN ISO 14024 Standard, hat seit seiner Einführung 1990 über 60 Richtlinien für Produkte und Dienstleistungen entwickelt, die alle vier Jahre überarbeitet und an die aktuellen Rahmenbedingungen, sowie neues Wissen zu nachhaltigen Produktionsmethoden angepasst und erweitert werden. Kreislaufwirtschaftliche Ansätze und konsequente Abfallvermeidung sind Grundsätze, die hierbei schrittweise stärker verankert werden.

Seit 2017 regelt die Richtlinie UZ76 Green Producing in Film und Fernsehen und die Kriterien werden kontinuierlich vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Klima- und Umweltschutz, Regionen und Wasserwirtschaft, dem Verein für Konsumenteninformation und unabhängigen Expert\*innen aus der Praxis überarbeitet. Die Anzahl der zertifizierten Produktionen ist kürzlich stark gestiegen und mittlerweile sind 45 Produktionsfirmen als Lizenznehmer gelistet. Für sie ist das UZ76 ein wichtiges Tool, um ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen. So auch der ORF, der in seinem Nachhaltigkeitsbericht 2024 anstrebt, möglichst viele Produktionen nach der UZ76 zu beauftragen und all seine Landesstudios zu zertifizieren<sup>1</sup>.

Das Plakat für die Abfallwirtschaftstagung 2026 gibt einen Überblick zur Kriterienstruktur des Umweltzeichens für Green Producing und zeigt anhand Praxisbeispielen, wie dadurch Natur- und Umweltschutz, regionale Akteure der Kreislauf- und allgemeinen Wirtschaft profitieren.

Österreichisches Filminstitut: Filmwirtschaftsbericht 2025

Cine Tirol Film Commission: Green Filming – Was ist das?

<https://www.cine.tirol/green-filming-was-ist-das/>

Österreichischer Rundfunk: Corporate Sustainability Report 2023/24

# Ermittlung der Schwermetallgehalte in Polyolefin Regranulat mittels ICP-OES

Lucas Eder<sup>1</sup>, Fabian Mattersberger<sup>1</sup>, Helmut Rechberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wassergüte und Ressourcenmanagement, TU Wien

Die weltweite Kunststoffproduktion steigt seit Jahrzehnten kontinuierlich an und wird Prognosen zufolge weiterhin stark wachsen. Derzeit wird nur ein geringer Anteil des Kunststoffbedarfs durch Rezyklate gedeckt. Um Ressourcen zu schonen, Treibhausgasemissionen zu reduzieren und regulatorische Zielvorgaben zu erfüllen, wird der Anteil rezyklierter Kunststoffe in Zukunft deutlich steigen müssen.

Der Großteil der Kunststoffabfälle stammt aus Post-Consumer-Strömen (PC) und hat zum Zeitpunkt des Recyclings bereits eine Nutzungsphase durchlaufen. Diese Abfallströme sind oft heterogen, was zur Folge hat, dass weder Zusammensetzung noch Herkunft bekannt ist. Insbesondere Polyolefine sind von besonderer Bedeutung, da sie sowohl die Hälfte des gesammelten PC-Kunststoffabfalls als auch zwei Drittel des europäischen Kunststoffverbrauchs darstellen.

Kunststoffe enthalten eine große Anzahl an Additiven und Abbauprodukten. Darunter befinden sich Schwermetalle, die beispielsweise als Pigmente, Stabilisatoren oder Flammschutzmittel verwendet werden und oftmals bioakkumulativ und toxisch sind. Da diese Stoffe während mechanischer Recyclingprozesse in der Regel nicht entfernt werden, können sie über mehrere Recyclingzyklen hinweg im Materialkreislauf als Verunreinigungen verbleiben und akkumulieren.

Einige Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Arsen oder Chrom unterliegen in der EU anwendungsspezifischen Vorgaben und erfordern daher eine zuverlässige analytische Bestimmung. Ziel dieser Arbeit war daher die Untersuchung von Schwermetallgehalten in Polyolefin-Regranulaten sowie die Bewertung geeigneter analytischer Methoden zu deren Quantifizierung. Insgesamt wurden 50 Regranulatproben verschiedener Polymerarten (PP, HDPE, LDPE, LLDPE sowie PE/PP-Mischungen) von verschiedenen europäischen Recyclingunternehmen analysiert.

Zur Bestimmung der Elementgehalte wurden zwei analytische Ansätze verfolgt: die Röntgenfluoreszenzanalyse (XRF) als schnelle und zerstörungsfreie Screening-Methode sowie die induktiv gekoppelte Plasma-Optische Emissionsspektrometrie (ICP-OES) zur quantitativen Analyse. Für die ICP-OES-Messungen wurden unterschiedliche Probenvorbereitungsverfahren untersucht, darunter der Aufschluss gemahlener Granulate sowie die Veraschung mit anschließendem Aufschluss. Analysiert wurden die Elemente Arsen, Cadmium, Chrom, Blei, Antimon und Zink.

Die Ergebnisse zeigen, dass XRF-Messungen aufgrund von Matrixeffekten teilweise deutliche Abweichungen von den Referenzwerten des eingesetzten Referenzmaterials (Wiederfindungen: 54-513%) aufweisen. Die zuverlässigsten Ergebnisse wurden durch ICP-OES nach Aufschluss der gemahlenden Proben erzielt.

Die gemessenen Schwermetallkonzentrationen verdeutlichen, dass der Einsatz von Rezyklaten in Bereichen mit hoher Exposition (z. B. Spielzeug oder Lebensmittel) aufgrund der niedrigen Grenzwerte in den meisten Fällen nicht möglich ist. Insgesamt überschritten 70 % der Proben die Grenzwerte für Materialien mit Lebensmittelkontakt. Die Grenzwertüberschreitungen für Spielzeug lagen bei 24 % und für Verpackungsanwendungen bei 8%, während keine Überschreitungen der Grenzwerte der RoHS-Richtlinie für Elektronikprodukte sowie der End-of-Life Vehicles (ELV)-Richtlinie für Anwendungen im Automobilbereich festgestellt wurden. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Polymerart, Farbe, Herkunft und Schwermetallgehalt konnte nicht festgestellt werden.



zukunft  
SEIT 1909  
denken



Welches Poster ist IHR Favorit?  
**Voten Sie mit!**

Beitreten über  
**slido.com**  
**#poster26**

