Maßnahmen zur Verringerung der Kunststoffbelastung in Komposten bei der Sammlung und durch sensorgestützte Sortierung bei der Kompostaufbereitung

Martin Wellacher, Josef Adam, Reinhold Huber, Alexandra Loidl, Franz Poschacher, Robert Ellersdorfer, Andreas Zöscher, Anja Pongritz

Zusammenfassung

Der Artikel befasst sich mit drei Wegen zur Lösung der Kunststoffproblematik in Komposten. Erstens, der Detektion und Messung von Störstoffen, zweitens, der Prüfung von vorhandenen und neuen Technologien zur Verbesserung der Kompostqualität und drittens, der Prüfung von psychologischen Maßnahmen zur Verhaltensänderung beim Anfall von biogenen Abfällen. Im Projekt wurde eine Zählmethode entwickelt, mit welcher durch einer schnellen Erfassung der Zahl der sichtbaren Störstoffe bezogen auf das Schüttvolumen eine Aussage über die Störstoffkonzentration getroffen werden kann. Weiters wird eine weitergehende Kompostreinigung durch Siebung, Windsichtung und automatische Sortierung vorgeschlagen. Schließlich ergab die persönliche Verteilung von Papiersäcken als Vorsammelhilfen eine nachhaltige Veränderung des Fehlwurfverhaltens von BürgerInnen.

1 Einleitung, Aufgabenstellung

Die Kunststoffproblematik in biogenen Abfällen gefährdet immer mehr die Verwertung biogener Abfälle zu Kompost als Dünger und Bodenverbesserer, die eine tragende Säule der modernen Siedlungsabfallwirtschaft ist. Beschwerden über den sichtbaren Kunststoffgehalt in Kompost nehmen stark zu. Dieser liegt immer öfter nahe der in Deutschland und Österreich geltenden gesetzlichen Grenzwerten, d.h. 0,1-0,4 Masseprozent. Als Folge davon sinken die Vermarktungserlöse für Kompost, die Übergabekosten der Kommunen an die Kompostierer steigen und Rückweisungen von zu stark störstoffbehafteten Chargen werden erwartet. Kommunen verpflichten sich immer öfter, die vom Kompostierer aussortierten Störstoffe zurückzunehmen, was zusätzliche Kosten verursacht.

In dieser Situation werden vorhandene und neue Technologien zur Störstoffabtrennung einerseits und Maßnahmen zur Verhaltensänderung der Verursacher

andererseits als Lösungskonzepte vorgeschlagen. In der Folge werden diese Maßnahmen richtigerweise als „psychologische“ Maßnahmen bezeichnet.

Die Aufgabenstellung für die vorliegenden Untersuchungen war:

1. Detektion und Messung von Störstoffen, um das Ausmaß des Problems und seine Veränderung über die Zeit bzw. durch Eingriffe von außen zu erfassen. Obwohl diese Herausforderung eine in der Abfallwirtschaft bekannte ist, muss festgehalten werden, dass hierzu Daten über einen schwierig zu messenden Parameter in niedriger Konzentration einerseits hochgerechnet und andererseits interpretiert werden müssen.
2. Prüfung von vorhandenen und neuen Technologien zur Verbesserung der Kompostqualität.
3. Prüfung von psychologischen Maßnahmen zur Verhaltensänderung beim Anfall von biogenen Abfällen, sowohl beim Bürger als auch bei den kommunalen Verantwortlichen. Ersteres hat durch Maßnahmen der Kommune zu geschehen, zweiteres durch Maßnahmen des Regelsetzers.

Das Projekt DeSort, Grundlagen für die automatische Erkennung und die sensorgestützte Sortierung von Kunststoffen in biogenen Materialien, wurde unter der Leitung des Lehrstuhls für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft der Montanuniversität Leoben im Zeitraum von 2018-2021 an verschiedenen steirischen Standorten zusammen mit folgenden Partnern durchgeführt:

- Poschacher Kompost
- Binder+Co AG
- Abfallwirtschaftsverband Mürzverband
- Holding Graz – Kommunale Dienstleistungen GmbH/Servus Abfall Dienstleistung GmbH
- Ingenieurbüro Wellacher e.U.

2 Methodik

2.1 Detektion und Messung von Störstoffen

Zur Detektion von Störstoffen in Biotonnen wurden im Februar 2019 drei Methoden untersucht:

- Zählmethode: Erfassung der Anzahl der sichtbaren Störstoffe in der Schüttgosse des Sammelfahrzeuges. Der Messwert wurde auf das zuvor festgestellte Füllvolumen bezogen und auf Stück pro 12 l Schüttvolumen umgerechnet.

- Nahinfrarot-Kamera System „Clarity“ der Binder+Co AG: Der Biotonneninhalt wurde auf ein Förderband aufgelegt, alle NIR-detektierbaren Kunststoffe mittels eines Kameramessbalkens digital erfasst und in Flächenprozent am Gesamtmaterial umgerechnet.
- Bilderkennungsverfahren: Automatisierte Bilderkennung von allen Störstoffen über künstliche Intelligenz (machine learning), bei welchem eine Software mit Farbbildern trainiert wird, markierte Gegenstände vor einem Hintergrund zu erkennen und ihren Flächenanteil an der Gesamtoberfläche zu messen. Die Trainingsbilder müssen vorab manuell von einer geschulten Person markiert werden. Im Projekt werden in einem geplanten Versuch einige 100 Bilder aufgenommen und bearbeitet, um die Methode für diese Anwendung erstmals zu testen. Davon wurde der Großteil zum Training verwendet und mit den restlichen Bildern die Leistungsfähigkeit der Bilderkennung geprüft.

Alle drei Methoden wurden in Korrelation mit den tatsächlich sortierten Werten in 85 untersuchten Biotonnen verglichen und auf ihre Übereinstimmung bewertet.

In einer zweiten Untersuchung wurde die Zählmethode näher untersucht, indem Messwerte in 40 Biotonnen mit den daraufhin tatsächlich sortierten Gesamtgehalten an Störstoffen verglichen und die Übereinstimmung bewertet wurde.

Zur Messung der Störstoffe erfolgten Probenahme und manuelle Sortieranalyse in Anlehnung an die Gebietsanalyse der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK) (Kehres 2018) bzw. für Kompost nach dem Methodenbuch der BGK (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. 2015). Die Sortierung der biogenen Abfälle erfolgte in 17 Fraktionen, die für die Ergebnisdarstellung zu fünf Gruppen zusammengefasst wurden.

2.2 Technologien zur Verbesserung der Kompostqualität

Die Versuche fanden an zwei Standorten statt, einmal auf einer Kompostanlage in Kraubath/M und einmal in einem Technikum in Gleisdorf. Für den Versuch im Demonstrationsmaßstab wurden die Maschinen Trommelsieb, Windsichter und Radlader zur Verfügung gestellt, für den Versuch im Technikumsmaßstab die Maschinen Spannwellensieb, Windsichter und optische Sortiermaschine. Die Versuche fanden im Zeitraum 2019 bis 2020 statt.

Es wurden zwei Prozesse untersucht, der Stand der Technik-Prozess und ein neues im Projekt DeSort entwickeltes Störstoffabscheideverfahren (DeSort-Prozess).

Ein Kompostierungsprozess mit verschiedenen Technologien zur Störstoffabscheidung wurde im Demonstrationsmaßstab als Massenbilanz und Störstoffbilanz abgebildet. Sowohl Kompostierung als auch die Technologien zur Störstoffabscheidung betrafen den Stand der Technik. Das Kompostprodukt war ein 10 mm-Kompost, der hinsichtlich der Störstoffgehalte den Vorgaben der österreichischen Kompostverordnung entsprach.

Die Bearbeitungsschritte waren:

- Dreiecksmietenkompostierung I von 100 t biogenen Abfällen mit Radlader, inkl. Klaubung,
- Trommelsiebung bei 80 mm, inkl. händischer Sortierung des Überkorns,
- Dreiecksmietenkompostierung II mit Radlader, inkl. Klaubung,
- Trommelsiebung bei 10 mm, inkl. Magnetscheidung des Überkorns, und
- Windsichtung des Überkorns >10 mm, inkl. Magnetscheidung der Schwerfraktion.

Ein zweiter Kompostierungsprozess wurde parallel geführt, jedoch durch eine Siebung bei 8 und 25 mm abgeschlossen, wobei die Zwischenfraktion 8-25 mm durch Windsichtung und sensorgestützte Sortierung bis zu einem Kompostprodukt gereinigt wurde. Dieses Kompostprodukt wurde auf Konformität mit den Störstoffgehalten der österreichischen Kompostverordnung geprüft.

Die Bearbeitungsschritte beim DeSort-Prozess waren demnach:

- Dreiecksmietenkompostierung I von 100 t biogenen Abfällen mit Radlader, inkl. Klaubung,
- Trommelsiebung bei 80 mm, inkl. händischer Sortierung des Überkorns,
- Dreiecksmietenkompostierung II mit Radlader, inkl. Klaubung,
- Trommelsiebung bei 25 mm, inkl. Magnetscheidung des Überkorns, und
- Windsichtung des Überkorns >25 mm, inkl. Magnetscheidung der Schwerfraktion,
- Spannwellensiebung bei 8 mm der Fraktion <25 mm
- Windsichtung des Zwischenkorns 8-25 mm und
- automatische Sortierung der Schwerfraktion.

2.3 Psychologische Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität in der Biotonne

Zur Untersuchung wurden mäßig problematische Sammeltouren von Mehrparteienwohnhäusern ausgewählt, d.h. weder Einfamilienwohnhaustouren noch sehr problematische Mehrparteienwohnhäusertouren. Die Sammeltouren umfassten jeweils 20 Biotonnen von 120 l bzw. 240 l Fassungsvolumen in vier Gebieten der Steiermark:

- Graz 1
- Graz 2
- Kapfenberg
- Mürzzuschlag

Die Biotonnen wurden dabei gesammelt, vor der Sortierung mit der Zählmethode bewertet und dann sortiert.

Bei den Untersuchungen im Dezember 2020 wurden in den vorangegangenen 6-8 Wochen Maßnahmen bei allen involvierten Liegenschaften und allen Wohnparteien

durchgeführt. Dabei wurden persönlich adressierte Anschreiben unterschiedlichen Inhalts mit oder ohne eine Serie von Papiersäcken an jede Wohnpartei verteilt, teilweise über die Postfächer, teilweise persönlich, teilweise durch ein Platzieren vor der Haustüre. In dem Anschreiben wurde auf eine Kontrolle der Biotonne in den nächsten Wochen hingewiesen, was während dieser Zeit drei Mal mit der Zählmethode praktiziert wurde (und beim dritten Mal zusätzlich gesammelt und sortiert). Zwischenzeitlich gab es dann ein Erinnerungsschreiben, in dem auf die Zwischenbewertung hingewiesen wurde.

Die Sortierergebnisse wurden für die Darstellung der Gebietswerte summiert und als Gesamtwert ausgegeben.

3 Ergebnisse

3.1 Detektion und Messung von Störstoffen

Die durch manuelle Sortierung gefundenen Störstoffe sind überwiegend Kunststoffe, beispielsweise in einer Messung in 120 Biotonnen im Dezember 2020 umfassen diese 86 % (OS) (Abbildung 1). Die Summe der Kunststoffe kann weiter aufgeteilt werden in Säcke und nicht-Säcke, erstere in nicht-abbaubare, 21 %, und abbaubare, 18 %, sowie letztere in reine Kunststoffe (nicht-Säcke), 14 %, und Verbunde/Sonstiges, 33 %.

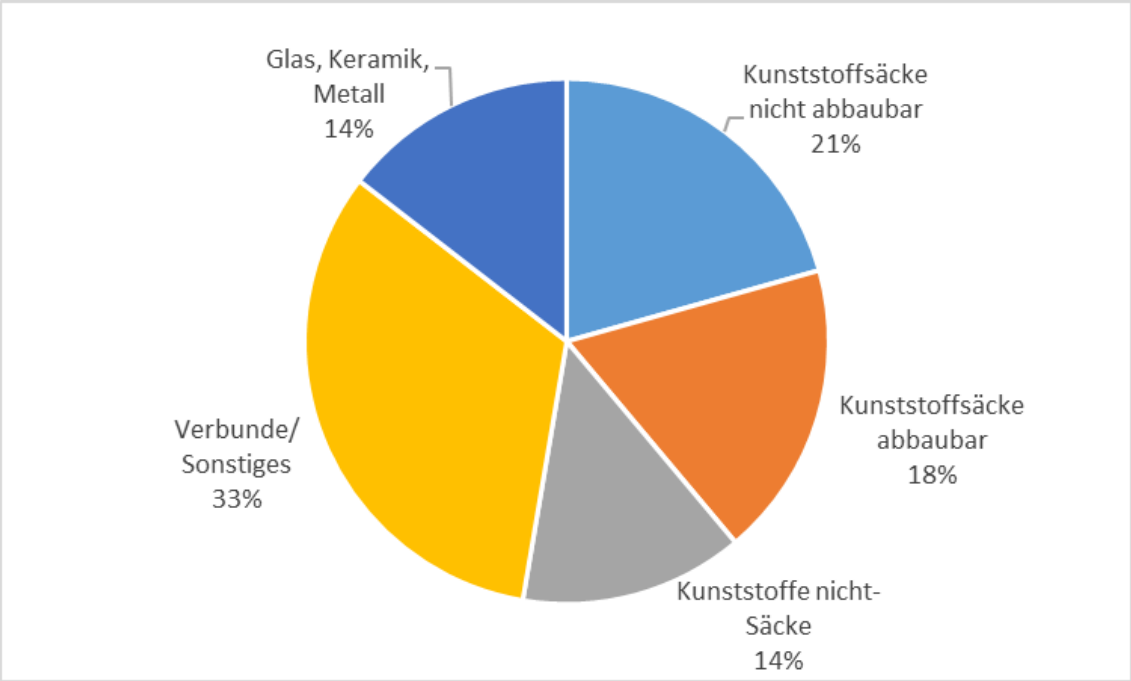

Abbildung 1: Beispielhafte Aufteilung der Störstoffe in biogenen Abfällen in 120 Biotonnen im Dezember 2020 in fünf Störstoffgruppen in Prozent an der Originalsubstanz

Im Laufe von Messungen zu vier verschiedenen Zeitpunkten wurden unterschiedlich hohe Messwerte bei ein und denselben Abfuhrtouren von je zwanzig Biotonnen gefunden. Für Kapfenberg schwanken die Werte innerhalb der kalten Jahreszeit um das Vierfache, in Graz 1 reduzierte sich der Gesamtgehalt über drei Jahre um fast 90 % (Abbildung 2).

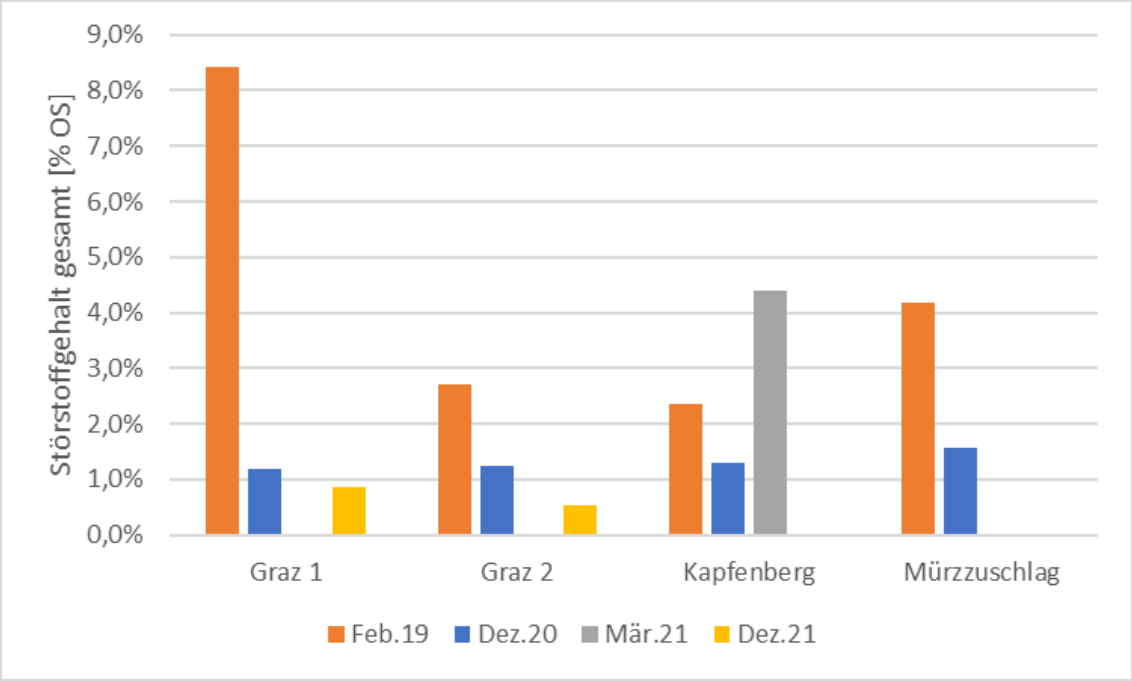

Abbildung 2: Störstoffgesamtgehalte in vier verschiedenen Gebieten zu vier verschiedenen Zeitpunkten (Summenwerte aus jeweils 20 Biotonnen, auf Originalsubstanz bezogen)

Ebenso konnten Veränderungen über drei Messzeitpunkte in der Aufteilung des Gesamtstörstoffgehaltes in Störstoffgruppen festgestellt werden. Hierzu wurden die Summenwerte aus allen sortierten Biotonnen berechnet. Anteilsmäßig zugenommen haben abbaubare Kunststoffsäcke, abgenommen haben Verbunde/Sonstiges sowie Glas/Keramik/Metall (Abbildung 3).

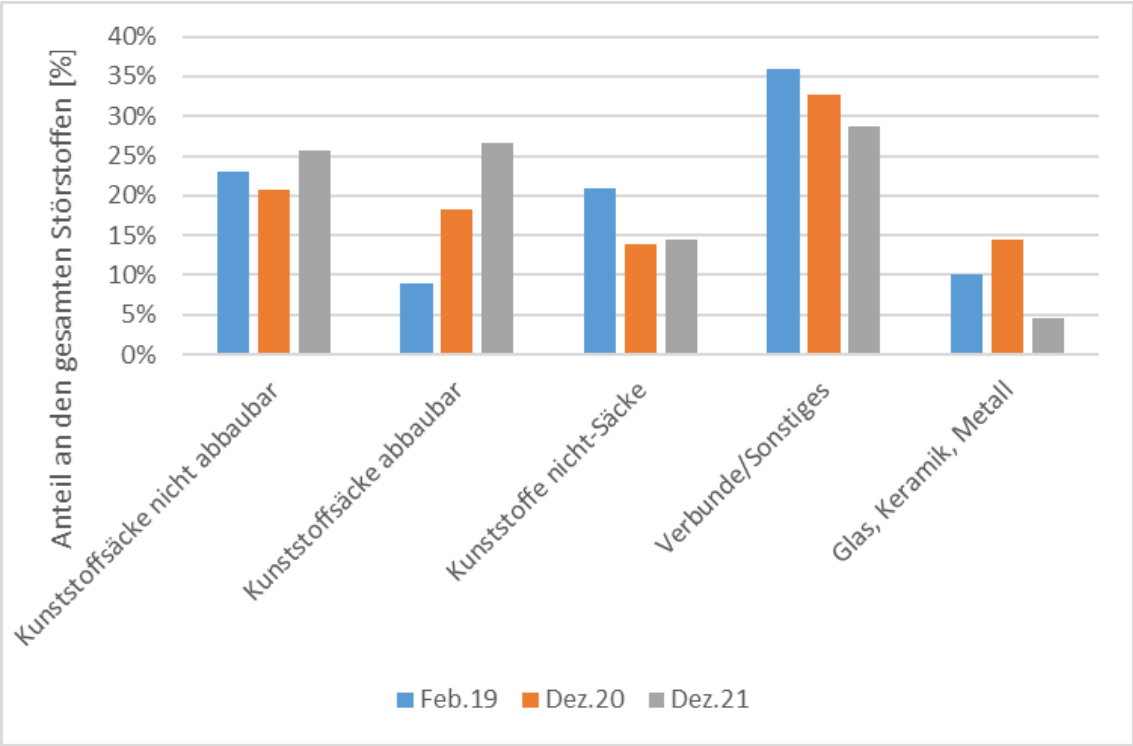

Abbildung 3: Veränderung der Anteile von fünf Störstoffgruppen an der Gesamtmasse an Störstoffen zu drei verschiedenen Zeitpunkten in jeweils 40-100 Biotonnen (Messung in Prozent an der Originalsubstanz; Feb.19 n=100, Dez.20 n=80, Dez.21 n=40)

Die drei untersuchten Detektionsmethoden zeigen große Unterschiede bei der Erkennung der Störstoffe und im Vergleich zum tatsächlich sortierten Wert. In der ersten Untersuchung kommt die Zählmethode den sortierten Gesamtgehalten am nächsten. Die NIR-Detektion ergibt eine schlechtere Übereinstimmung mit den sortierten Gesamtgehalten. Die Bilderkennung hatte keine Übereinstimmung mit den sortierten Gesamtgehalten, da nur 6-44 % der Teile richtig identifiziert wurden. Der Aufwand der drei Methoden unterschied sich jedoch diametral zur Übereinstimmung mit den sortierten Gesamtgehalten. Während die Zählmethode mit dem Blick einer Person und der Dokumentation der Störstoffanzahl abgeschlossen war, benötigte die NIR-Detektion einen technischen Aufbau mit entsprechender Kamera mit Beleuchtung und die digitalisierte Auswertung. Die Detektion mit dem Bilderkennungsverfahren benötigte neben der Kamera mit Beleuchtung und Fremdlichtschutz noch eine wochenlange personalaufwendige und schließlich digitale Auswertung.

Die in der zweiten Untersuchung ermittelte Korrelation der Zählmethode mit sortierten Gesamtgehalten ergab für die Gebiete Graz 1 und Graz 2 ein gutes Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0{,}57$, unabhängig vom Füllgrad der Behälter, wobei alle Behälter 120 l Fassungsvolumen hatten (Abbildung 4). Werden auch die Ergebnisse der beiden anderen Untersuchungsgebiete herangezogen, sinkt das Bestimmtheitsmaß.

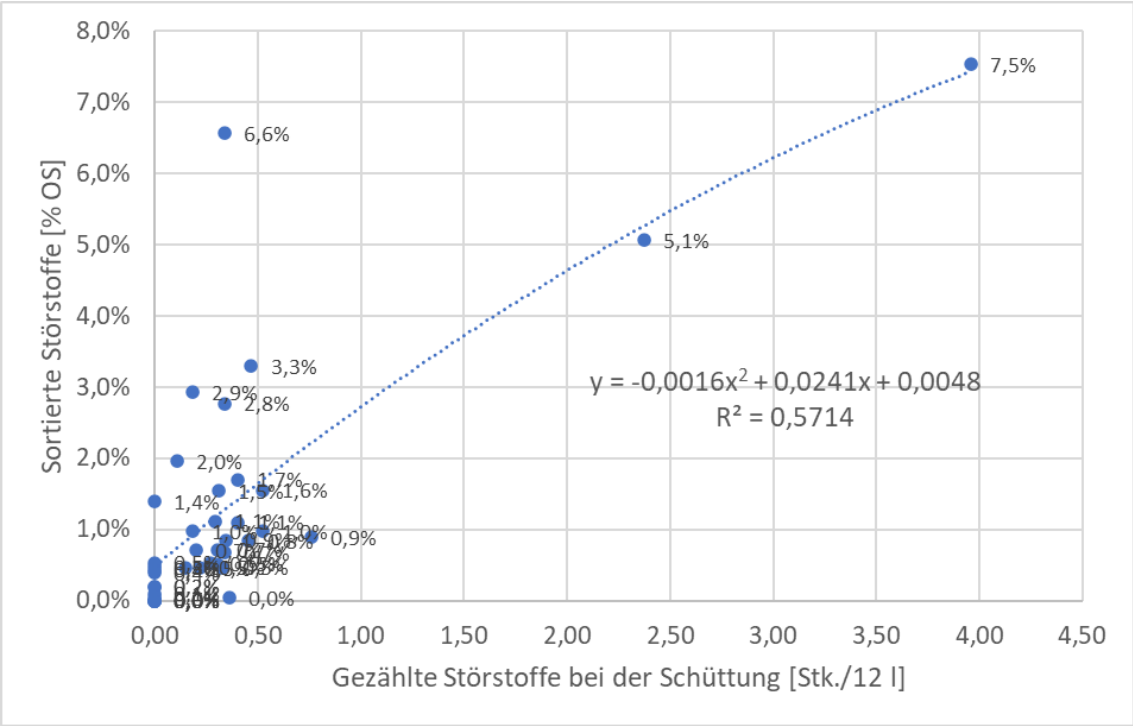

Abbildung 4: Korrelation von gezählten Störstoffen in 40 Biotonnen aus Graz 1 und Graz 2 mit den sortierten Gesamtgehalten

Die Korrelationsgrafik und deren Gleichung ist folgendermaßen zu verwenden: Möchte man beispielsweise Biotonnen mit einem Störstoffgehalt von ≥2 % erkennen, so muss man alle Behälter mit mehr als 0,7 Störstoffen pro 12 l Schüttvolumen dafür auswählen (oder 7 Störstoffen pro 120 l etc.).

3.2 Technologien zur Verbesserung der Kompostqualität

Die Massenbilanz des Kompostierungsprozesses nach dem Stand der Technik zeigte einen Komposterertrag von 36 bzw. 41 %, 22 bzw. 25 % fielen als Siebüberlauf an und der Rotteverlust betrug 34 bzw. 42 % (für ein Material siehe Abbildung 5).

Die Massenbilanz des Kompostierungsprozesses mit dem DeSort-Prozess zeigte einen Komposterertrag von 44 bzw. 57 %, 8 bzw. 10 % fielen als Siebüberlauf an und der Rotteverlust betrug identisch mit dem Stand der Technik 34 bzw. 42 % (ohne Abbildung). Damit beträgt der Kompostmehrertrag im Vergleich zum Stand der Technik-Prozess 32 % und der Überkorn-Minderertrag 60 %.

Die Störstoffbilanz des Stand der Technik-Prozesses ergibt einen Störstoffabscheidegrad von Kunststoffen über den gesamten Prozess von 72 % exklusive dem Siebüberlauf, d.h. der Siebüberlauf wird nicht wiedereingesetzt. Die Wirkungsgrade der eingesetzten Störstoffabscheidemethoden Klaubung, Siebung und Sortierung >80 mm bzw. Windsichtung betrugen bei einem Beispielmaterial mit 17 %, 29 % bzw. 44 % durchwegs zweistellige Prozentbeträge der in die Methode eingehenden Werte (Abbildung 6).

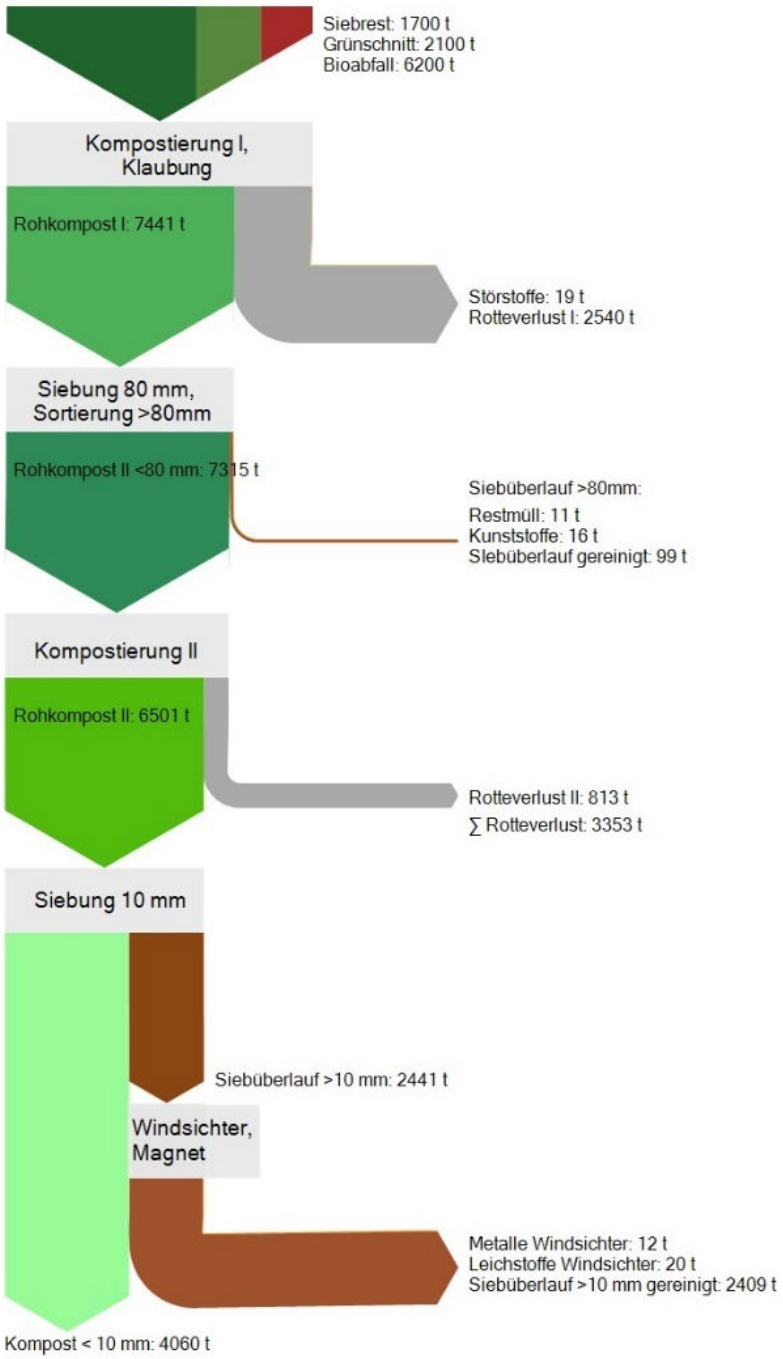

Abbildung 5: Massenbilanz eines Kompostierungsprozesses mit Technologien nach dem Stand der Technik (Zahlen auf eine Inputmenge von 10.000 t hochgerechnet)

Je nach Bedingungen der Methode und des eingehenden Störstoffbesatzes variieren die Abscheidegrade, z.B. bei der Klaubung konnten bis zu 29 % Abscheidegrad erreicht werden.

Abbildung 6: Störstoffbilanz für die Kunststoffe eines Kompostierungsprozesses nach dem Stand der Technik (Zahlen auf eine Inputmenge von 10.000 t gerechnet)

Die Störstoffbilanz des DeSort-Prozesses ergibt einen Störstoffabscheidegrad von Kunststoffen über den gesamten Prozess von 78 % exklusive dem Siebüberlauf, d.h. der Siebüberlauf wird nicht wiedereingesetzt. Die Erhöhung der Wirkungsgrade ist auf die zusätzlich eingesetzten Störstoffabscheidemethoden Windsichtung und optische Sortierung zurückzuführen. Dabei war eine deutliche Präferenz des Windsichters für weiche Kunststoffe (Folien, flexible Teile) festzustellen. Harte Kunststoffe dagegen wurden bevorzugt durch die optische Sortierung ausgebracht.

Die Störstoff-Qualität des erzeugten Kompostes 0-25 mm beim DeSort-Prozess entspricht den Grenzwerten der österreichischen Kompostverordnung.

3.3 Psychologische Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität in der Biotonne

Unter den Maßnahmen zur Verhaltensänderung der Erzeuger biogener Abfälle zur Reduktion von Störstoffen war die Verteilung von Papiersäcken als Vorsammelhilfen signifikant die erfolgreichste (Abbildung 7 Kapfenberg). Die Androhung von Kosten einer Sonderentleerung hatte schwach signifikante Verbesserungen bewirkt (Graz 2), ein Motivationsschreiben alleine brachte keine Verbesserungen (Mürzzuschlag). Die Kombination von Papiersäcken und Androhung von Kosten einer Sonderentleerung führte jedoch zu einer messbaren Verbesserung beim Störstoffbesatz der betrachteten Biotonnen (Graz 1).

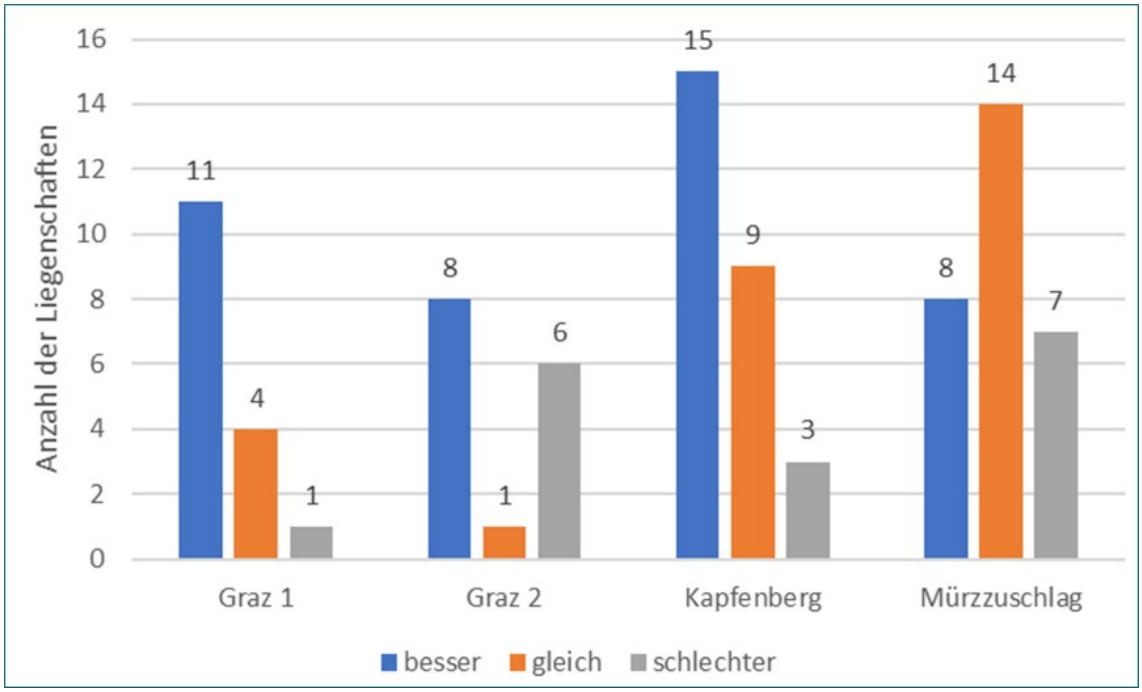

Abbildung 7: Vergleich der Veränderungen des Störstoffbesatzes durch unterschiedliche Maßnahmen (Anzahl der Biotonnen in den Untersuchungsgebieten, die über den Versuchszeitraum besser wurden, gleich blieben bzw. schlechter wurden)

4 Diskussion

4.1 Detektion und Messung von Störstoffen

Die Bedeutung der Kunststoffe als Störstoffe ist überragend und darunter jene der Kunststoffsäcke bedeutend. Glas, Keramik und Metalle spielen untergeordnete Rollen.

Abbaubare Kunststoffsäcke nehmen im Laufe der letzten Jahre als Störstoff oder akzeptierter nicht-Störstoff deutlich zu, in manchen Proben bilden sie bereits die größte Störstofffraktion.

Die im Laufe der Messungen zu vier verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich hohen Messwerte bei ein und denselben Liegenschaften können einerseits auf saisonale Einflüsse und andererseits auf gesellschaftliche bzw. abfallwirtschaftliche Entwicklungen als Ursache für die Veränderungen zurückgeführt werden. Der saisonale Einfluss ist hinreichend beschrieben (z.B. Jansen et al. 2020), über gesellschaftliche bzw. abfallwirtschaftliche Entwicklungen wird wenig berichtet. Die Zunahme der abbaubaren Kunststoffsäcke weist aber auf solche Entwicklungen hin. So wird deutlich, dass sich der Markt für Vorsammelhilfen dynamisch entwickelt. Das Marktvolumen für diese Produkte alleine als Vorsammelhilfen wird in Deutschland und Österreich auf über 100 Millionen € geschätzt. Dass hierbei Bemühungen der Hersteller um ihre Einflussnahme auf diesen Markt unternommen werden, ist auch selbstverständlich.

Die Bewertung der drei erprobten Detektionsmethoden fiel eindeutig für die Zählmethode aus. Die Methode mit der Bilderkennung war noch mitten in der Forschung und Entwicklungsphase und daher nicht praktikabel. Mittlerweile sind mit dieser Technologie Langzeitversuche in der Schweiz unternommen worden (Oswald & Heiniger 2021), eine Überprüfung der Messwerte mit sortierten Gesamtgehalten wurde jedoch bisher nicht vorgelegt. Die NIR-Detektion könnte eine Möglichkeit sein, über festgestellte Flächenprozent Kunststoffe auf den Störstoffgehalt zu schließen, jedoch sind keine Hinweise in eine Weiterentwicklung in diese Richtung bekannt.

Die Zählmethode dagegen konnte auf eine für die Gebiete Graz 1 und Graz 2 zufriedenstellende Korrelation mit den sortierten Gesamtgehalten geprüft werden. Warum keine zufriedenstellende Korrelation mit Mürzzuschlag und Kapfenberg feststellbar war, ist unklar. Es kann am Behältervolumen liegen, da in Graz nur 120 l-Behälter untersucht wurden, in Kapfenberg und Mürzzuschlag aber 240 l-Behälter gesammelt wurden. Ein Zusammenhang mit dem vorliegenden Füllgrad war nicht zu erkennen. Kürzlich wurde den Autoren bekannt, dass ein neuer Anbieter für genau diesen Anwendungsbereich ein Bilderkennungsverfahren als Zählmethode für Störstoffe in biogenen Abfällen entwickelt hat und demnächst mehrere Systeme in Einsatz nehmen möchte (Pasching 2022).

Mittlerweile wird die Zählmethode zur Bonitierung von Fahrzeuginhalten biogener Abfall-Sammelfahrzeuge weiterentwickelt (Wellacher 2022).

Viele Messungen in Abfällen stoßen auf Herausforderungen hinsichtlich Genauigkeit und Richtigkeit der Ergebnisse. Im Bereich der Messung von Störstoffen in biogenen Abfällen sind die Stückgröße und die geringen Konzentrationen typische Schwierigkeiten, die vor allem die Probenahme betreffen. Die Analyse selbst ist im Allgemeinen wenig fehlerbehaftet, da das manuelle Sortieren gut abgesichert ist. Das Ergebnis wird umso genauer, je mehr Störstoffe in der entsprechenden Probe gezählt werden können, d.h. mit zunehmender Probenmenge bzw. Störstoffkonzentration. Befindet sich aber in der Probe (z.B. eine Biotonne) nur ein oder wenige Stück einer Störstoffgruppe, kann keine seriöse Hochrechnung auf eine größere Beurteilungsgesamtheit erfolgen.

4.2 Technologien zur Verbesserung der Kompostqualität

Die Klaubung als eine der weitverbreitetsten Methoden zur Störstoffreduktion auf Kompostanlagen ist nicht so schlecht wie der Ruf, den sie hat. Der gemessene maximale Abscheidegrad von 29 % für Kunststoffstörstoffe gehört zu den überraschendsten Ergebnissen der vorliegenden Arbeit.

Die Zwischensiebung bei 80 mm und Sortierung des Überkorns >80 mm erreichte als Maximalwert der Kunststoffabscheidung 27 % und lag im Schnitt höher als die Klaubung.

Alleine mit diesen zwei Methoden kann ein Kompostanlagenbetreiber schon die Hälfte seiner Kunststoffstörstoffe eliminieren.

Mit dem Einsatz einer zusätzlichen Störstoffabscheidung einer Zwischenfraktion 8-25 mm durch Windsichtung und automatische Sortierung kann der Gesamtabscheidegrad zwar nur geringfügig gehoben werden, jedoch werden andere positive Veränderungen für eine Kompostanlage erzielt:

- Die Ausbeute von regelkonformem Kompost wird massiv erhöht.
- Die Kreislaufführung von Überkorn wird reduziert und damit auch die Flächenbelastung der Anlage herabgesetzt, d.h. die Anlage gewinnt Freiflächen.
- Es werden mehr Störstoffe aus der Anlage ausgeschleust.

Als Nachteil müssen auch mehr störstoffhaltige Materialien entsorgt werden.

Der Abscheidegrad für Störstoffe und v.a. Kunststoffe auf Kompostanlagen liegt somit bei ca. 75 %. Selbst wenn mehrere Methoden angewendet werden, verbleiben noch ein Viertel der Störstoffe im Kompost und im Überkorn. Damit sind den Möglichkeiten der Kompostanlage Störstoffe zu eliminieren klare Grenzen gesetzt. Weisen ankommende Bioabfälle zu hohe Störstoffgehalte auf, ist mit einer Überschreitung der Grenzwerte im Kompost zu rechnen.

Eine Ausschleusung des Überkorns nach jedem Kompostierprozess ist nicht üblich, jedoch bei zu hoher Belastung notwendig, um nicht zusätzlich Kunststoffe ins System zu bringen. Unter diesen befinden sich leicht versprödende Materialien, die bei ihrem

nächsten Zyklus als Kleinteile in den Kompost gelangen und diesen belasten, sichtbar oder unsichtbar (Mikroplastik).

In der vorliegenden Untersuchung wurden Hinweise gesammelt, dass ein Teil der Kunststoff-Störstoffe in Kompost nicht erfasst wird. Das sind dunkle oder mit einer Deckschicht (Staub) überzogene Teile, die in ihrer Färbung nicht von Kompost zu unterscheiden sind, aber auch Teile <2 mm, welche nicht gewertet werden. Bisher werden nur Teile >2 mm erfasst, was zumindest in Deutschland durch die Novelle der deutschen Bioabfallverordnung auf nun 1 mm verändert wird (Anonymus 2021). Es ist allerdings zu bemerken, dass schon jetzt die Bestimmung von Kunststoffteilen in dieser Größenordnung ohne Lupe kaum möglich ist. Eine Unterscheidung durch Farbe, Form oder Haptik wird jedenfalls umso schwieriger, je kleiner die Teile sind. Das dürfte auch der Grund sein, warum Störstoffe in 8 mm-Komposten weniger augenscheinlich sind, als in gröberen Fraktionen. Somit ist von einer Dunkelziffer Kunststoff-Störstoffe und Mikroplastik im Kompost auszugehen, die mengenmäßig aber (noch) nicht erfasst werden kann.

4.3 Psychologische Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität in der Biotonne

Die klare Wirkung der Verteilung von Papiersäcken auf die Verbesserung der Störstoffqualität der biogenen Abfälle in Graz 1 und Kapfenberg war überraschend und erfreulich. Das Ergebnis ist abgesichert, da es an zwei verschiedenen Standorten erfolgreich war.

Die leicht positive Wirkung eines Anschreibens mit Androhung auf eine Sonderentleerungsgebühr erscheint unter dem Blickwinkel der Kurzzeitbetrachtung nicht signifikant.

Ein reines Informationsschreiben, das an die Bewohner verteilt wurde, auch in Verbindung mit dem Erinnerungsschreiben, war nicht erfolgreich. Das verwundert nicht, wird aber nach wie vor in vielen Kommunen nicht berücksichtigt.

Wurde anfangs durch den Untersuchungszeitraum von 6-8 Wochen davon ausgegangen, dass dabei vorerst nur der Kurzzeiteffekt nachgewiesen werden konnte, so konnte mittlerweile im Dezember 2021 eine neue Sortierung der 40 Biotonnen in Graz 1 und Graz 2 durchgeführt werden. Diese ergab ebenso überraschend sehr niedrige Störstoffgehalte von 0,9 bzw. 0,5 % Origialsubstanz (siehe Abbildung 2). Somit konnte seit Februar 2019 durch die Maßnahme im Dezember 2020 in den 40 Liegenschaften eine durchschnittliche Verbesserung der Störstoffgehalte von 6,2 % auf unter 1 % erreicht werden. Ein bemerkenswerter Erfolg.

Das weist darauf hin, dass auch ein Jahr nach der Durchführung die Erfolge der Maßnahme Papiersackverteilung und – jetzt unter dem Blickwinkel der Langzeitbetrachtung – auch die Androhung einer Sonderentleerungsgebühr nachweisbar sind.

Die Ergebnisse bestätigen die Empfehlung von Fachleuten und auch Erfahrungen, dass sowohl Anreize als auch Konsequenzen in Zusammenhang mit einer Kontrolle wirkungsvolle Elemente bei der Veränderung des Fehlwurfverhaltens der BürgerInnen darstellen (Henssen 2020, Ohde & Eger 2020).

5 Schlussfolgerungen

Der Vergleich der Effekte durch die technischen Lösungen mit jenen der psychologischen zeigt klare Vorteile bei Letzteren. Die Abfallwirtschaft wird zurzeit vor allem von Ingenieuren und Naturwissenschaftlern bestimmt, Psychologie und Soziologie werden nur selten als Lösungswege vorgeschlagen. Nicht zuletzt der Einsatz einer sprechenden Biotonne im DeSort-Projekt und einige erste überraschenden Ergebnisse damit haben gezeigt, dass das Potential größer sein könnte, als derzeit angenommen (Jamnik 2021).

Auch bei einer reinen Kostenbetrachtung dürfte eine einmalige Aktion mit Papiersackverteilung günstiger ausfallen als die Investition in Reinigungstechnologien auf Kompostanlagen. Trotzdem wird die biogene Abfallbehandlung ohne (neue) Technologie zur Störstoffabscheidung bei der Kompostierung nicht auskommen. Die Windsichtung für Weichkunststoffe und die automatische Sortierung für Hartkunststoffe können hierzu empfohlen werden.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH und bei den Wirtschaftspartnern für die Unterstützung im Projekt.

Literaturliste

Anonymus (2021) Lesefassung „Kleine“ Novelle der BioAbfV nach Artikel 1 des Entwurfs der Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Verordnungen (Fassung nach Beschluss des Bundeskabinetts vom 22.09.2021)

Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2015) Methodenbuch – 4. Erg.Lfg. 12/2015 Verunreinigungsgrad (quantitativ als Flächensumme der Fremdstoffe). BGK, Köln-Gremberghoven

Hennsen, D. (2020) Sortenreine Bioguterfassung – Orientierungshilfe für qualitätssteigernde Maßnahmen. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Köln-Gemberghoven

Jamnik, A. (2021) Voicebin. Bachelorarbeit am Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft der Montanuniversität Leoben

Jansen, C., Brune, M., Pretz, T., Gerlach, D., Ehmann, H., Onasch, J. (2020) Schlussbericht – Energieeffiziente Bioabfallbehandlung durch Konditionierung – EnKoBio.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Forschungszentrum Jülich GmbH (PTJ)

Kehres, B. (2018) Gebietsanalyse - Bestimmung der Sortenreinheit von Biogut eines Entsorgungsgebietes - Fassung: 01.07.2018. Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V., Köln-Gremberghoven, Deutschland

Ohde, J., Eger, Y. (2020) Wie minimiert man Plastik bei der Bioabfall-Sammlung? Vortrag auf der Online-Konferenz der Kommission Bodenschutz beim UBA (KBU): Kunststoffe in der Umwelt – Ein Problem für unsere Böden, oder nur falscher Alarm? Am 03.12.2020, Berlin. GAB Umwelt Service, Kummerfeld

Oswald, H., Heiniger, R. (2021) Wertstoffscanner zur Detektion von Fremdstoffen bei der Bioabfallsammlung – Erfahrungen aus einem Schweizer Pionierprojekt. Bioabfallforum 2021 Baden-Württemberg, 29.06.-30.06.2021 Live-Web-Konferenz

Pasching, C. (2022) Hawkeye – Künstliche Intelligenz bei der Erkennung von Störstoffen in biogenen Abfällen. Persönliches Gespräch am 25.01.2022. Brantner Österreich GmbH, Krems an der Donau

Wellacher, M. (2022) Management von Fehlwürfen in biogenen Abfällen durch die Bonitierung von Fahrzeuginhalten. Unveröffentlichte Ergebnisse. Ingenieurbüro Wellacher e.U., Graz

Bitte tragen Sie hier Ihre Kontaktdaten für die Veröffentlichung im Autorenverzeichnis ein:

Name, Vorname, Titel: Wellacher, Martin, Mag. Dr.	Name, Vorname, Titel: Adam, Josef, DI (FH), Meng
Firma/Institution: Ingenieurbüro Wellacher e.U.	Firma/Institution: Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft
Straße Hausnummer: Franz Werfel Gasse 33	Straße, Hausnummer: Franz Josef Straße 18
PLZ Ort: 8045 Graz	PLZ Ort: 8700 Leoben
E-Mail: martin.wellacher@ibwellacher.at	E-Mail: josef.adam@unileoben.ac.at