

Neue technische und psychologische Methoden bei der Abfallsammlung und ihre Wirkung auf die Trennung

Martin Wellacher

Ingenieurbüro Wellacher e.U., Graz, Österreich

KURZFASSUNG: Intelligente Methoden bei der Abfallsammlung von Einzelbehältern sollen helfen, Probleme im Zuge der Abfalltrennung zu beseitigen. Zuerst muss eine Prüfung (0/1 oder Notenbewertungen) bzw. Messung (skalierbare Messwerte) erfolgen. Aus dieser geht hervor, wie der Inhalt eines Behälters beschaffen ist. Auf dieser Grundlage lassen sich nun genau dort Maßnahmen ergreifen, wo der Inhalt nicht den Anforderungen der Abfalltrennung entsprochen hat. Aktuell sind digitale Methoden der Oberflächenbewertung in aller Munde. Damit können automatisiert Bilder gemacht und Gegenstände detektiert werden. Es wird die Vorstellung erzeugt, hier würden mit Hilfe der KI digitale Analysen gemacht werden, die alleine schon ausreichen, um den Abfallerzeuger zu einer besseren Trennung zu bewegen. Bekannte und erfolgreiche Methoden zur Verbesserung der Abfalltrennung sind Behältergestaltung (Funktionalität, Farbe), Gebührenmodelle oder das zur Verfügung stehende Sammelvolumen (Stichwort: Abholfrequenzen). Zu prüfende neue Methoden wären z.B. digitale Oberflächenbetrachtungen, neue Arten von Sammelbehältern oder eine erweiterte Behälterreinigung. Veränderungen des Verhaltens bei der Abfalltrennung als Ziel von alten und neuen Methoden müssen eine Prüfung auf ihre Wirksamkeit bestehen. Findet keine Prüfung statt, bleibt die Wirkung unklar. Um hier eine Änderung des Verhaltens auszulösen, bedarf es einer klugen Kommunikation der Kommune und Kommunalverwaltungen an die Bürger, denn die Ausgangssituation des privaten Abfallerzeugers ist, dass sein Abfallbehälter bisher immer abgeholt wurde. Schließlich ist für eine nachhaltige Wirkung die Kosteneffizienz für die Gemeinde entscheidend.

1 EINLEITUNG

Abfalltrennung ist ein Schlüsselfaktor in der Abfallwirtschaft und damit eine Kernaufgabe dieser. Getrennt gesammelten Abfällen stehen mehr und hochwertigere Entsorgungswege offen als gemischt gesammelten. Rezyklatquoten für getrennt gesammelte Abfälle können weit über 90 % erreichen, jene für gemischte Abfälle liegen meist unter 10 %. Kreislaufwirtschaft funktioniert nur mit Abfalltrennung und je besser die Trennung funktioniert, desto mehr Sekundärrohstoffe werden im Kreis geführt. Passiert die Abfalltrennung vor der Sammlung, verursacht das weniger Aufwand als im Zuge der nachfolgenden Behandlung. Anders ausgedrückt: Wenige Behandlungsanlagen machen nicht wett, was viele Bürger und Bürgerinnen könn(t)en. Hier wird deutlich, dass der Mensch als Abfalltrenner das effizienteste und kostengünstigste Trennaggregat innerhalb der Entsorgungskette darstellt. Typische Probleme durch schlechte Abfalltrennung sind Brandereignisse auf Abfallbehandlungsanlagen durch falsch entsorgte Lithium-Ionen-Akkus, Kunststoffemissionen im Zuge der Kompostausbringung durch Fehlwürfe im Bioabfall oder geringe Recyclingquoten durch zu viele Wertstoffe und somit Fehlwürfe im Restabfall.

Im Bereich der kommunalen Abfälle ist es Aufgabe der **Gemeinden**, zur Trennung zu informieren, aufzufordern und diese einzufordern. Auch die privaten Systeme der verpflichteten Herstellerverantwortung informieren zur Trennung, tun dies aber nur für die von ihnen verantwortete Fraktionen. Daher, und weil Gemeinden für die Daseinsvorsorge verantwortlich sind, kommt ihnen im Bereich der Abfalltrennung die zentrale Rolle zu. Das Verbesserungspotential liegt deutlich mehr in der Hand der Gemeinden als in der der Systeme der Herstellerverantwortung.

Neue technische Methoden der Prüfung bzw. Messung der Abfalltrennung nutzen Oberflächenbetrachtungen im Sinne eines Rosinenbrot-Effektes: Wenn auf der Oberfläche „Rosinen“

sichtbar sind, ist bei einer homogenen Mischung davon auszugehen, dass auch im gesamten Brot „Rosinen“ enthalten sind. Die Oberfläche ist ein Abbild des darunterliegenden Materials. Voraussetzungen dafür sind die Homogenität der Mischung (vice versa: kein entmischtes Material) und der freie Blick auf die zu bestimmende Fraktion (keine Verpackung in undurchsichtige Sammelsäcke).

Eine oft angewendete Prüfung, die auf einer Oberflächenbetrachtung beruht, ist die Deckel-Öffnen-Methode, bei welcher von einem Blick auf die Oberfläche eines Behälterinhaltes auf die Zusammensetzung des gesamten Behälterinhaltes geschlossen wird (BGK 2023, Wellacher et al. 2024). Üblich passiert das bei der Prüfung von Biotonneninhalten auf Störstoffe. Darauf aufbauend werden Produkte angeboten, die diese Methode digital mit Bilderkennung und automatisierter Dokumentation durchführen (Holler 2026). Das kann vom Sammelfahrzeug aus vor oder während der Schüttung durchgeführt werden.

Neue psychologische Methoden zur Verbesserung der Abfalltrennung beruhen vornehmlich auf Vorteilen für den Nutzer, z.B. eine gratis Verteilung von Papiersäcken vor die Wohnungstüren in Mehrparteienwohnhäusern (Wellacher et al. 2024). Ziel ist es, zur Vorsammlung von biologischen Abfällen in der Küche Kunststoffsäcke (gleich, ob angeblich abbaubar oder nicht abbaubar) durch Papiersäcke zu ersetzen und so den Störstoffgehalt in der Biotonne zu reduzieren. Ebenso neu ist eine erweiterte Biotonnenreinigung inklusive der Behälterdeckelinnenseite oder ein Fußpedal, um den Deckel nicht händisch öffnen zu müssen. Ziel dieser Methoden ist es, das Haupthindernis für die Verwendung der Biotonne - den Ekel - zu reduzieren. Ekel und Geruch sind die größten Hemmnisse zur Verwendung der Biotonne (Ohde 2025).

Für die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Abfalltrennung ist die **Wohnstruktur** von Bedeutung. Hierbei werden Einfamilienhäuser (EFH), Mehrparteienwohnhäuser (MPW) und Großwohnanlagen (GWA) unterschieden (INFA 2025). Ergebnisse zur Wirksamkeit von Maßnahmen können nicht 1:1 von einer Struktur auf eine andere übertragen werden. Ein Beispiel hierfür ist die Maßnahme des Nicht-Entleerens der Biotonne mit dem Hinweis auf enthaltene Störstoffe. Im EFH *kann* diese Maßnahme zu einer Veränderung im Trennverhalten führen (z.B. Bocksnick 2026), im MPW tut sie das *meist* nicht.

Ziel dieses Beitrages ist die Abgrenzung von (1) Methoden zur *Prüfung* bzw. *Messung* der Abfalltrennung von (2) Methoden zur *Verbesserung* der Abfalltrennung. Beides wird auf der Ebene von Sammelbehältern bzw. Liegenschaften diskutiert.

2 METHODEN

Es gibt Methoden zur Prüfung bzw. Messung der Abfalltrennung. Hier wird festgestellt, ob die Abfalltrennung funktioniert und wie gut sie funktioniert. Diese Methoden dürfen nicht verwechselt werden mit Methoden zur Verbesserung der Abfalltrennung an sich.

2.1 Methoden zur Prüfung bzw. Messung der Abfalltrennung

Prüfungen bzw. Messungen der Abfalltrennung dienen in erste Linie zur Datenerhebung und Dokumentation. Während *Prüfungen* 0/1-Ergebnisse oder Ergebnisse nach Noten liefern, können durch *Messungen* skalierbare Daten generiert werden. Folgende Methoden sind bekannt (neue Methoden sind gekennzeichnet):

- Prüfmethode:
 - Deckel-Öffnen durch „Müllsherrifs“ und Bewertung der Behälteroberfläche gegebenenfalls mit Nachweisfoto (Berheide 2024),
 - digitale Fotografie mit Bilderkennung der Oberfläche der Abfälle inklusive Aufnahmen während der Schüttung (NEU),

- Transmissionsröntgenaufnahme des Behälterinhaltes und visuelle oder digitale Bilderkennung (NEU) und
- Umfragen zur Abfalltrennung, in welchen sich der Abfallerzeuger selbst bewertet (Bauer 2025).
- Messmethoden:
 - manuelle Sortieranalysen des Behälterinhaltes und
 - indirekte Messungen, die durch eine Kalibration mit manuellen Sortieranalysen statistisch abgesichert wurden, z.B. Zählmethoden der Oberfläche der Abfälle (Adam et al. 2024) (NEU), oder Wirbelstrommessungen des Behälterinhaltes (Helfmeier 2024).

Umfragen zur Abfalltrennung werden mit der Versprechung angeboten, die Trennmoral über eine anschließende lokal den Umfrageergebnissen angepasste Kommunikation zu verbessern. Die Kommunikationsinhalte beruhen auf Selbstbewertungen der Abfallerzeuger. Deren Wahrheitsgehalt ist aus psychologischen Gründen als gering anzusehen. Somit ist auch ihre Verwendung als Kommunikationsinhalt zur Verbesserung des Trennverhaltens zweifelhaft wirksam. Zudem fehlen Prüfergebnisse zur Wirksamkeit dieses Vorgehens.

2.2 Methoden zur Verbesserung der Abfalltrennung

Methoden, die der Verbesserung der Abfalltrennung dienen, haben das Ziel eine Verhaltensänderung beim Abfallerzeuger zu bewirken. Gezielte Verhaltensänderungen werden durch Kommunikation bewirkt, somit ist jede Methode mit dem Ziel einer Verhaltensänderung auch eine Kommunikationsmethode. Psychologische und soziale Aspekte sind dabei relevant. Bekannte Methoden zur Verbesserung der Abfalltrennung sind (neue Methoden sind gekennzeichnet):

- Persönliche Abfallberatung, gegebenenfalls mit dem Verteilen von Vorsammelhilfen, z.B. Kübel, Säcke aus Papier; u.a. durch Verteilung vor den Wohnungstüren in MPW,
- postalische Anschreiben,
- Informationen über verschiedene Medien, z.B. die Gemeindezeitung,
- Anbieten von Applikationen für das persönliche Smartphone – uni- oder bidirektional,
- Behälterdesign im Allgemeinen, d.h. die Funktionalität des Behälters im Allgemeinen oder zusätzliche Eigenschaften, wie die Oberflächenbeschaffenheit (Farbe, Beklebung), ein Fußpedal zum Deckelöffnen (NEU) etc.,
- Aufkleber oder Anhänger für den Behälter oder andere Wege der Kommunikation, z.B. das Zurücklassen von Störstoffen auf dem Deckel (Reisenhofer 2015),
- Biofilterdeckel als Behälterdeckel zur Geruchsreduktion in geschlossenen Räumen (nicht neu, aber wenig bekannt),
- Reinigung der Behälter als Service, um den Ekelfaktor zu reduzieren – v.a. für die Biotonne, wobei die Deckelinnenseite mitgereinigt wird (NEU),
- auffällige Bilder beim Abfallsammelplatz bzw. dem Behälterraum, z.B. ein großes Augenpaar oder Naturbilder (NEU),
- Sammelmethode (Hol- oder Bringsammlung) und
- Gebührenmodelle.

Diese Methoden führen nicht per se zu einer Verbesserung der Abfalltrennung. Die Feststellung der Verbesserung muss durch eine Prüfung bzw. Messung belegt werden. Das wurde bisher nur vereinzelt durchgeführt. Daraus resultieren wirksame Methoden und unwirksame (Wellaicher et al. 2024, INFA 2025, Bocksnick 2026).

Andere Maßnahmen am Behälter, wie z.B. Adressenangaben oder RFID-Chips am Behälter (zur visuellen oder automatisierten Zuordnung des Behälters zur Liegenschaft) oder ein Füllstandssensor am Behälter, helfen bei der Organisation der Abfallsammlung, führen aber nicht zu einer Verbesserung der Abfalltrennung.

2.3 Diskussion von digitalen Methoden mit KI und Bilderkennung

Aktuell sind **digitale Methoden der Oberflächenbewertung** in aller Munde (digitale Fotografie mit Bilderkennung und automatisierter Dokumentation). Eine stetig steigende Zahl von Anbietern und Produkten erscheint am abfallwirtschaftlichen Markt. Damit können automatisiert Bilder gemacht und Gegenstände detektiert werden. Die Anbieter werben damit, dass mit Hilfe der KI digitale *Analysen* gemacht werden, die alleine schon ausreichen, die Abfalltrennung zu verbessern (Helfmeier 2024, Holler 2026).

Nun handelt es sich um *Prüfungen*, keinesfalls um *Messungen*. Es werden nur detektierte Gegenstände ausgewiesen. Wieweit das Ergebnis dieser Prüfungen einer visuellen Prüfung entspricht, konnte von einzelnen am Markt angebotenen Produkten nur grob bestätigt werden (INFA 2023). Eigene Untersuchungen des Autors zeigen einen Detektionsgrad von 20-50 % verglichen mit der visuellen Wahrnehmung.

Keinesfalls kann damit eine bessere Abfalltrennung erzielt werden. Dazu sind wirksame Maßnahmen nötig. Schon die Ankündigung beim Abfallerzeuger, sein Behälterinhalt würde nun automatisch mit Hilfe der KI geprüft werden, wäre eine solche Maßnahme. Dass diese kurzfristig im EFH-Bereich zu Verbesserungen führt, ist möglich. Ohne weitere Maßnahme verbessert das die Abfalltrennung aber nicht nachhaltig. Der Effekt klingt innerhalb kurzer Zeit ab. Eine weitere Maßnahme wäre das Stehenlassen der Tonne ohne sie zu entleeren und die Aufforderung zur Bestellung einer kostenpflichtigen Sonderentleerung.

Für diese Produkte stellt sich die Frage, wieso bei jeder Leerung gemessen werden sollte. Die Änderung des Abfalltrennverhaltens einer Person ist ohne Intervention nicht zu erwarten. Eine Prüfung in Intervallen von 6-12 Monaten sollte ausreichend sein, um schlecht-trennende von gut-trennenden Liegenschaften zu differenzieren. Würde jedoch bei jeder Leerung gemessen, entstünden jedenfalls hohe Kosten und Datenmengen.

Es wird angeregt, die Vorteile dieser Produkte gegenüber ihren Kosten zu erwägen. Die analoge „Deckel-Öffnen-Methode“ könnte effizienter sein (Riegler et al. 2024).

3 SCHLUSSFOLGERUNG

Intelligente Methoden bei der Abfallsammlung von Einzelbehältern sollen helfen, **Probleme im Zuge der Abfalltrennung** zu beseitigen. Solche Probleme sind Brandereignisse auf Abfallbehandlungsanlagen durch falsch entsorgte Lithium-Ionen-Akkus, Kunststoffemissionen im Zuge der Kompostausbringung durch Fehlwürfe im Bioabfall oder geringe Recyclingquoten durch zu viele Wertstoffe im Restabfall.

Zuerst muss eine **Prüfung (0/1 oder Notenbewertungen) bzw. Messung (skalierbare Messwerte)** erfolgen. Aus dieser geht hervor, wie der Inhalt eines Behälters beschaffen ist. Darauf aufbauend können nun gezielt dort Maßnahmen ergriffen werden, wo der Inhalt nicht den Vorgaben entsprochen hat. Zur Prüfung bieten sich Methoden an, die z.B. auf der Bewertung der Oberflächenbeschaffenheit beruhen und entsprechende Nachweise generieren. Zur Messung bieten sich indirekte Messmethoden an, die durch eine Kalibration mit manuellen Sortieranalysen statistisch abgesichert wurden, z.B. Zählmethoden der Oberfläche.

Aktuell werden **digitale Methoden der Oberflächenbewertung** viel diskutiert. Damit können automatisiert Bilder gemacht und Gegenstände detektiert werden. Es wird die Vorstellung erzeugt, hier würden mit Hilfe der KI digitale *Analysen* durchgeführt werden, die für sich schon ausreichen, um den Abfallerzeuger zu einer besseren Trennung zu bewegen. Nun handelt es sich um *Prüfungen*, aber keinesfalls *Messungen*, und der Nachweis der Richtigkeit des Prüfergebnisses ist bei den am Markt angebotenen Produkten ausständig. Außerdem kann nur alleine

mit der Prüfung durch KI-gestützte Systeme keine bessere Abfalltrennung erzielt werden. Dazu sind wirksame Maßnahmen nötig. Die Kosteneffizienz dieser Produkte ist zu abwägen.

Bekannte und erfolgreiche **Methoden zur Verbesserung der Abfalltrennung** sind Behältergestaltung (Funktionalität, Farbe), Gebührenmodelle oder das zur Verfügung stehende Sammelvolumen (Stichwort: Abholfrequenzen). Zu prüfende neue Methoden wären z.B. neue Funktionalitäten von Sammelbehältern (Fußpedal zum Deckelöffnen), eine erweiterte Behälterreinigung oder auffällige Bilder an Abfallsammelplätzen. Veränderungen des Verhaltens bei der Abfalltrennung als Ziel von alten und neuen Methoden müssen eine Prüfung auf ihre Wirksamkeit bestehen. Findet keine Prüfung statt, bleibt die Wirkung unklar.

Um hier eine Änderung des Verhaltens auszulösen, bedarf es einer **klugen Kommunikation** der Gemeinde an die Bürger, denn die Ausgangssituation des privaten Abfallerzeugers ist, dass sein Abfallbehälter bisher immer abgeholt wurde. Damit fehlt die wesentliche Motivation zu einer Verhaltensänderung. Die Kommunikation sollte im ersten Schritt Aufmerksamkeit erregen, um im Weiteren eine Verhaltensveränderungen zu bewirken.

Schließlich ist für eine nachhaltige Wirkung die Kosteneffizienz für die Gemeinde entscheidend, ob eine nachgewiesenen wirksame Methode in einem Sammelgebiet dauerhaft angewendet wird oder nicht. Ein Grund für fehlendes Interesse von Gemeinden an einer Verbesserung der Abfalltrennung liegt in der Wirtschaftlichkeit einer solchen Ausweitung. Die Kosten werden von den Erlösen für mehr Rezyklate meist nicht aufgewogen. Der Markt wirkt einer Verbesserung bei der Abfalltrennung entgegen – eine im Umweltschutz nicht unbekannte Tatsache.

LITERATURVERZEICHNIS

- Adam, J., Wellacher, M., Azizi, F., Loidl, A., Zöschner, A., Poschacher, F., Pomberger, R., Tischberger-Adrian, A. (2024) *Determination and improvement of the quality of separately collected bio-waste from households*. Waste management & Research, Vol. 42(9) 842-854: DOI: 10.1177/0734242X241259895
- Bauer, S.K. (2025) *Trennverhalten verstehen: Ein Leitfaden für die Kreislaufwirtschaft*. Präsentation beim Online-Seminar Akademie Dr. Obladen am 19.02.2025. Berlin, Deutschland: L-Q-M Marktforschung GmbH
- Berheide, W. (2024) *Einsatz von Scouts im Landkreis Ludwigsburg*. Präsentation am Humustag der Bundesgütegemeinschaft Kompost in Augsburg am 07.11.2024. Ludwigsburg, Deutschland: AVL Ludwigsburg
- BGK – Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (2023) *Biotonnenkontrolle - Untersuchung*. Köln-Gremberg-hoven, Deutschland: Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.
- Bocksnick, S. (2026) *Erfahrungen mit Biotonnenkontrollen im Landkreis Bergstraße*. Vortrag am 37. Kasseler Abfallforum 14.-16.4.2026, Tagungsband S. 119-128. Lampertheim-Hüttenfeld, Deutschland: Zweckverband Abfallwirtschaft Kreis Bergstraße
- Helfmeier, U. (2024) *DeepScan und SmartScan zur Fremdstofferkennung in der Biosammlung*. Präsentation. Mainz, Deutschland: Scantec GmbH
- Holler, A. (2025) *c-detect – KI-basiertes Störstoffdetektionssystem*. Vortrag am 36. Kasseler Abfallforum 8.-10.4.2024, Tagungsband S. 167-177. Bielefeld, Deutschland: c-trace GmbH
- INFA – Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH (2023) *Untersuchungen der Eignung und Effizienz technischer Systeme zur Fremdstofferkennung bei der Sammlung von Bioabfällen*. Ahlen, Deutschland: LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
- INFA – Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH (2025) *Maßnahmen zur Erhöhung von Menge und Sortenreinheit getrennt gesammelter Bioabfälle – Leitfaden*. Ahlen, Deutschland: Umweltbundesamt
- Ohde, J. (2025) *„...ich habe (gar) keinen Bioabfall...“ – Ergebnisse einer repräsentativen gesamtdeutschen Befragung zum Thema Abfalltrennung*. Vortrag beim Biomasseforum Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH in Bad Hersfeld am 25.11.2025. Delmenhorst, Deutschland: Abfallwirtschaft Delmenhorst GmbH
- Reisenhofer, R. (2015) *Bioabfallsammlung im ländlichen Bereich, landwirtschaftliche Kompostierung*. St. Ulrich am Waasen, Österreich: ARGE Kompost & Biogas

Riegler, C., Wellacher, M., Adam, J. (2024) *Vergleich von Detektionssystemen für Störstoffe bei der Sammlung von biogenen Abfällen – Teilprojekt von PlasticFreeCompost*. Graz, Österreich: Ingenieurbüro Wellacher e.U. und Montanuniversität Leoben

Wellacher, M., Adam, J., Poschacher, F., Loidl, A., Zöschner, A., Kunter, A., Weingrill, G., Kreindl, G. (2024) *Kunststoffe und Kunststoffabreicherung im Prozess der biologischen Behandlung*. Vortrag am 35. Kasseler Abfallforum 9.-11.4.2024, Tagungsband S. 235-246. Graz, Österreich: Ingenieurbüro Wellacher e.U.

KONTAKT

Dr. Martin Wellacher
martin.wellacher@ibwellacher.at
+43 664 1900064
Ingenieurbüro Wellacher e.U.
www.ibwellacher.at

SCHLAGWORTE

Digital, Prüfung, Messung, Detektion, Analyse, Kosten