



# Behandlung von biogenen Abfällen in Kleingeräten in Haushalten und Kleinanlagen in der Gastronomie

Anke Bockreis · Julius Hecher · Luzia Schäfer · Julika Knapp

Angenommen: 5. Februar 2024  
 © The Author(s) 2024

**Zusammenfassung** Die Abfallwirtschaft wird in den Sustainable Development Goals (SDGs), den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen, durch mehrere spezifische Ziele und Indikatoren berücksichtigt. Biogene Abfälle spielen in der Abfallwirtschaft eine wesentliche Rolle, zum einen aufgrund ihrer Mengenrelevanz sowie ihres Emissionspotenzials vor allem bei der Deponierung unbehandelte Abfälle, zum anderen auch aufgrund ihres Energie- und Nährstoffpotenzials. Wesentlich ist daher die getrennte Erfassung der biogenen Abfälle und ihre entsprechende Behandlung bzw. Verwertung. Im Haushaltsbereich gibt es seit einiger Zeit eine verstärkte Entwicklung und Verwendung von Kleingeräten zur Sammlung bzw. zur Behandlung von Lebensmittelabfällen. Diese sollen die Sammlung bzw. Behandlung hygienischer und geruchsärmer gestalten. Am Markt verfügbar sind sowohl Geräte mit bzw. ohne Strombedarf. Die Geräte haben verschiedene Zielsetzungen und Funktionsweisen, wie z. B. Kühlung der Bioabfälle, Trocknung oder auch „Schnellkompostierung“. Solche „Schnellkomposter“ und Trockner werden heutzutage auch verstärkt für den Gastronomiebereich beworben. Bei den „Schnellkompostern“ ist die Zielsetzung, einen „Kompost“ bzw. ein umweltfreundliches Produkt in kurzer Zeit herzustellen und damit sowohl das Volumen der gelagerten Lebensmittelabfälle (und damit verbundene Entsorgungskosten) als auch die Gerüche zu reduzieren. Solche Geräte aus dem Haushaltsbereich bzw. Kleinanlagen aus dem Gastronomiebereich wurden

untersucht und evaluiert. Zielsetzung war, neben der Ermittlung der Handhabung solcher Geräte, die Überprüfung der Funktionsweise und bei den Kleingeräten für den Haushaltsbereich auch die ökologische Bewertung der Geräte.

**Schlüsselwörter** SDGs · Biogene Abfälle · Abfallverringern · Abfallbehandlung

## Treatment of biogenic waste in small appliances in households and small systems in the catering industry

**Abstract** Waste management is taken into account in the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations through several specific targets and indicators. Biogenic waste plays a significant role in waste management. On the one hand, due to its large volume and potential for emissions, especially when untreated waste is landfilled. On the other hand, due to its energy and nutrient potential. It is therefore essential to collect biogenic waste and treat it accordingly. For some time now, there has been an increase in the development and use of small appliances for the collection and treatment of biowaste in the household sector, with the promise of making collection and treatment more hygienic and odour-free. In addition to appliances that do not require electricity, there are various appliances on the market, some of which have a high energy demand, with different objectives and functions, such as cooling biowaste, drying or even “rapid composting”. Such “rapid composters” and dryers have recently also been increasingly advertised for the catering sector. The aim of “rapid composters” is to produce a “compost” or an environmentally friendly product in a short period of time and thus reduce both the volume of stored waste (and the associated disposal costs) and odours. Such appliances from the household

sector and small appliances from the catering sector were examined and evaluated. In addition to determining the handling of such appliances, the objective was to examine the functionality and, in the case of small appliances for the household sector, also to conduct an ecological assessment of the appliances.

**Keywords** SDGs · Biogenic waste · Waste reduction · Waste treatment

## 1 Einleitung

Die Abfallwirtschaft wird in den Sustainable Development Goals (SDGs), den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen, durch spezifische Ziele und Indikatoren berücksichtigt. Die relevanten SDGs, die direkt oder indirekt mit der Abfallwirtschaft zusammenhängen, sind insbesondere:

- SDG 6 Sauberes Wasser und Sanitäre Einrichtungen: Eine ordnungsgemäße Abfallentsorgung ist entscheidend für den Schutz von Wasserquellen und die Verhinderung von Wasserverschmutzung. Sauberes Wasser ist ein grundlegendes Element für nachhaltige Entwicklung.
- SDG 9 Industrie, Innovation und Infrastruktur: schließt die Förderung von Innovationen in der Abfallwirtschaft, einschließlich effizienterer Recyclingtechnologien und Infrastrukturen, mit ein.
- SDG 11 Nachhaltige Städte und Gemeinden: schließt Maßnahmen zur Abfallsammlung und -behandlung sowie Reduzierung der Umweltauswirkungen von Abfällen mit ein.
- SDG 12 Nachhaltige/r Konsum und Produktion: beinhaltet die effiziente Nutzung von Ressourcen und Minimierung von Abfällen. Ein Unterziel ist die Reduzierung der Lebensmittelverschwendung und die Förderung von ReUse und Recycling.
- SDG 13 Maßnahmen zum Klimaschutz: Eine nicht funktionierende Abfallwirtschaft trägt zu Treibhaus-

Univ.-Prof. Dr.-Ing. A. Bockreis (✉) ·  
 J. Hecher, MSc · DI L. Schäfer ·  
 DI J. Knapp  
 Institut für Infrastruktur,  
 Arbeitsbereich Umwelttechnik,  
 Universität Innsbruck,  
 Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck,  
 Österreich  
[anke.bockreis@uibk.ac.at](mailto:anke.bockreis@uibk.ac.at)

gasemissionen bei. Daher ist eine nachhaltige Abfallwirtschaft auch relevant für den Klimaschutz.

- SDG 14 Leben unter Wasser und SDG 15 Leben an Land: Diese Ziele befassen sich mit dem Schutz der Ozeane, Meere und terrestrischer Ökosysteme. Unsachgemäße Abfallentsorgung kann diese Umgebungen stark beeinträchtigen, deshalb wird in diesen Zielen (indirekt) auf eine nachhaltige Abfallwirtschaft hingewiesen.

Eine nachhaltige Abfallwirtschaft besteht nicht nur aus Entsorgung, sondern umfasst auch die Reduzierung von Abfall, die Förderung von Recycling, die Wiederverwendung von Materialien und die Einführung umweltfreundlicherer Technologien. Das Ziel ist es, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit durch das Einführen einer Kreislaufwirtschaft zu fördern, auch wenn der Begriff Kreislaufwirtschaft nicht direkt in den SGDs genannt wird. Biogene Abfälle spielen in der Abfallwirtschaft eine wesentliche Rolle, zum einen aufgrund ihrer Mengenrelevanz sowie ihres Emissionspotenzials bei der Deponierung, aber zum anderen auch aufgrund ihres Energie- und Nährstoffpotenzials. Wesentlich ist daher die getrennte Erfassung der biogenen Abfälle und ihre entsprechende Behandlung.

In Österreich ist eine getrennte Sammlung von biogenen Abfällen seit 1995 Pflicht (Bioabfallverordnung 1994). Die Sammlung in den Haushalten wird jedoch oft als unhygienisch empfunden und mit Geruchsbelästigung verbunden. Durch eine regelmäßige Entleerung des Sammelgefäßes im Küchenbereich kann dies zwar verringert werden, jedoch findet dies in der Praxis nicht immer statt. Um den Nutzungskomfort bei der getrennten Sammlung von biogenen Abfällen zu erhöhen, werden seit einiger Zeit vermehrt Kleingeräte zur Sammlung bzw. zur Behandlung von biogenen Abfällen auf den Markt gebracht. Diese sollen die Sammlung bzw. Behandlung hygienischer und geruchsärmer gestalten. Neben Geräten ohne Strombedarf existieren auch solche mit einem hohen Stromverbrauch. Die Geräte haben verschiedene Zielsetzungen und Funktionsweisen, wie z. B. alleinige Kühlung der biogenen Abfälle, Trocknung oder auch „Schnellkompostierung“. Bei den „Schnellkompostern“ ist die Zielsetzung, einen „Kompost“ bzw. ein umweltfreundliches Material

in sehr kurzer Zeit herzustellen und damit sowohl das Volumen der gelagerten Abfälle (und ggf. damit verbundene Entsorgungskosten) als auch die Geräusche zu reduzieren.

Neben den Hygiene- und Geruchsaspekten werben herstellende Unternehmen mit Umweltvorteilen durch die Nutzung der Geräte, wie die Einsparung von Treibhausgasen oder auch die Minimierung des ökologischen Fußabdrucks. Die Einsparung von Treibhausgasen wird von den Herstellern damit begründet, dass durch den Einsatz dieser Geräte die Bioabfälle nicht mehr deponiert werden. Dieses Argument trifft in Österreich nicht zu, da hier Bioabfälle nicht deponiert werden, sondern verwertet werden müssen.

In letzter Zeit werden solche „Schnellkomposter“ oder Trockner auch verstärkt für den Gastronomiebereich beworben. Die Kapazität dieser Geräte liegt deutlich höher als bei den Geräten für den Haushaltsbereich mit bis zu 500–1000 t/a. Neben der Reduzierung der Geruchsbelästigung und Vorteilen hinsichtlich der hygienischen Aspekte wird v. a. eine Volumenreduktion in der Größenordnung von 70–90% beworben.

Die Aktualität des Themas wird auch im ÖWAV-Arbeitsbehelf 73 deutlich, dessen Fokus auf der Behandlung von Küchen- und Speiseresten in gewerblichen Betriebsanlagen liegt (ÖWAV-Arbeitsbehelf 73 2023). Der Arbeitsbehelf soll eine Beurteilung dieser Anlagen ermöglichen, ohne aber konkret auf einzelne Geräte bzw. Kleinanlagen einzugehen.

Am Arbeitsbereich Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur an der Universität Innsbruck wurden verschiedene Geräte getestet und ihre Vor- und Nachteile evaluiert. Zielsetzung war, neben der Ermittlung der Handhabung solcher Geräte, die Überprüfung der Funktionsweise und bei den Kleingeräten für den Haushaltsbereich auch die ökologische Bewertung der Geräte.

## 2 Methodik/Untersuchungsrahmen

### 2.1 Kleingeräte im Haushaltsbereich

Untersucht wurden vier verschiedene Geräte zur Behandlung von biogenen Abfällen im Haushaltsbereich mit unterschiedlicher Funktionsweise und unterschiedlichen Behandlungszielen. In Tab. 1 werden die untersuchten Kleingeräte anonymisiert näher beschrieben.

Meistens werden die Geräte in unterschiedlichen Ausführungen angeboten (z. B. unterschiedliche Größe bzw. Durchsatz). Die untersuchten Geräte werden in den Fußnoten der Tabelle näher spezifiziert. Alle Geräte wurden entsprechend den Herstellervorgaben betrieben. Als Inputmaterial wurden getrennt gesammelte biogene Abfälle aus privaten Haushalten, hauptsächlich Lebensmittelabfälle, verwendet, deren Zusammensetzung den Herstellerangaben der jeweiligen Geräte entsprach.

### 2.2 Kleinanlagen im Gastronomiebereich

Untersucht wurde ein sogenannter „Schnellkomposter“, der das Inputmaterial innerhalb von 24 h verarbeitet. Zum Animpfen werden Mikroorganismen zugegeben. Als Inputmaterial dienen biogene Abfälle aus der Gastronomie, jedoch keine Knochen ab einer Größe von 5 mm. Die maximale Kapazität beträgt 1000 l pro Woche und die Volumenreduktion liegt laut Hersteller bei ca. 85%.

Das Gerät wurde gemäß den Herstellerangaben betrieben. Als Inputmaterial wurden für den vierwöchigen Versuch Lebensmittelabfälle aus einem Restaurant verwendet. Die ersten zwei Wochen wurden ohne die Zugabe von effektiven Mikroorganismen betrieben, dann erfolgte deren Zugabe. Die Anschaffungskosten für das Gerät ohne weiteres Zubehör fangen bei ca. 20.000 € an.

### 2.3 Methoden und Analysen

In Tab. 2 sind die durchgeführten Analysen sowie deren Bestimmungsgrundlage dargestellt.

Die ökologische Bewertung der betrachteten Kleingeräte im Haushaltsbereich wurde in Anlehnung an die ISO 14040 ff durchgeführt. Die Berechnungen wurden mit der Software EASETECH (Version 3.4.4), entwickelt von der Technischen Universität Dänemark ([www.easetech.dk](http://www.easetech.dk)), durchgeführt. Für den Betrieb der Kleingeräte wurden Primärdaten erhoben. Für die weiteren Prozesse wurden Datensätze der Ökobilanzdatenbank ecoinvent (Version 3.8) verwendet.

**Tab. 1** Übersicht und Beschreibung der untersuchten Kleingeräte für den Haushaltsbereich

	Gerät 1 <sup>a</sup>	Gerät 2 <sup>b</sup>	Gerät 3 <sup>c</sup>	Gerät 4 <sup>d</sup>
Verfahren laut Herstellerangabe	Kompostierung mit Mikroorganismen	Trocknung, Zerkleinerung, Kühlung	Fermentierung	Wurmkompostierung
Preis	Ca. 500 €	Ca. 500 €	Ca. 65 €	Ca. 100 €
Strombedarf laut Hersteller	1,25 kWh/24 h (kontinuierlicher Betrieb)	0,8 kWh/Zyklus bzw. 2 kWh/Monat im Standby-Modus	Nein	Nein
Input	Lebensmittelabfälle	Lebensmittelabfälle	Lebensmittelabfälle, Gartenabfälle	Vegetarische Lebensmittelabfälle
Aufbereitung vorab notwendig	Ja, waschen und schneiden	Nein	Nein	Ja, waschen und schneiden
Limitierte Zusammensetzung des Inputmaterials	Ja	Ja	Ja	Ja
Tägliche Zugabemenge bzw. Fassungsvermögen	Bis zu 1 kg/d Optimum 0,5 kg/d	2l/Zyklus	Keine Angabe	100–500 g/d
Behandlungsdauer	Mind. 24 h	4–8 h	Ca. 2 Wochen	Mind. 6 Monate
Betriebstemperatur	50–60 °C	Keine Angabe	Keine Angabe	Empfohlene Umgebungstemperatur: 15–20 °C
Sonstige Zugabe laut Hersteller	Startermix (Mikroben, Sägemehl & Aktivkohle); Mikroorganismen; ggf. Wasserzugabe für den biologischen Prozess	Keine Angabe	Effektive Mikroorganismen	Würmer
Output laut Hersteller	Kompost	Getrocknete und zerkleinerte Bioabfälle	Flüssiger Dünger und Feststoffe zur weiteren Kompostierung oder Entsorgung	Flüssiger Dünger und fester „Wurm“-Kompost
Verwendung der Outputs	Entsorgung über Rest-/Bioabfall oder Verwendung als Kompost nach Vermischen mit Erde (Verdünnung 1:4)	Entsorgung über Rest-/Bioabfall oder Verwendung als Kompost nach Vermischen mit Erde; keine Verdünnung vorgegeben aber der Hinweis über diese Verwendung erst nach 90 Tagen	Fest: Entsorgung über Rest-/Bioabfall oder auf einem Komposthaufen flüssig: Verwendung als Dünger in verdünnter Form	Fest: Verwendung als Dünger in verdünnter Form Flüssig: Verwendung als Dünger in verdünnter Form

<sup>a</sup>Gerät 1 besteht aus einem Gehäuse mit verschließbarem Deckel. Im Inneren befinden sich Rührstäbe sowie kleine Schneidmesser, um den Bioabfall zu zerkleinern und zu vermischen, sowie ein Heizaggregat. An der Rückseite des Geräts befindet sich ein Filter zur Geruchsminderung. Nach einer Inkubationszeit von 4 Wochen kann das erste Outputmaterial entnommen werden

<sup>b</sup>Gerät 2 besteht aus einem Gehäuse mit verschließbarem Deckel, Filtern zur Geruchsminderung sowie einem Behälter mit Mahlwerk. Vor der Benutzung wird der Bioabfall in dem Behälter mit Mahlwerk gesammelt. Ist der Behälter bis zur Fülllinie gefüllt, wird er in das Gehäuse eingesetzt und der Prozess gestartet. Ein Zyklus im Gerät umfasst die Zerkleinerung, Trocknung und Kühlung und dauert in der Regel zwischen 4 und 6 h, je nach Art der zu verarbeitenden Lebensmittelabfälle. Die angegebene maximale Verarbeitungszeit beträgt 8 h plus weitere 30 min für die Kühlung

<sup>c</sup>Gerät 3 besteht aus 2 Eimern mit Deckeln und Zubehör. Durch die Verwendung der beiden Eimer können die Bioabfälle in einem gesammelt werden, während der Fermentationsprozess parallel dazu für ca. 2 Wochen im anderen zuvor gefüllten Eimer stattfindet

<sup>d</sup>Gerät 4 besteht aus 3 Plastikeinheiten, die übereinandergestapelt werden, sowie einem Deckel. Die untere Einheit dient zum Auffangen der anfallenden Flüssigkeit. In den anderen zwei Einheiten findet die Wurmkompostierung statt. Die Würmer sind nicht im Lieferumfang enthalten, sondern müssen separat bestellt werden

### 3 Ergebnisse und Diskussion

#### 3.1 Kleingeräte im Haushaltsbereich

Aufgrund der limitierten Zusammensetzung des Inputmaterials für alle untersuchten Geräte (u.a. Knochen, Schalen, Öle & Fette, Eierschalen, Nüsse, Scharfes, Milchprodukte etc.) ergibt sich ein erhöhter Sammel- und Sortieraufwand der anfallenden Lebensmittelabfälle. Durch die Behandlung wird die getrennte Sammlung in einer Biotonne nicht ersetzt, sondern nur

reduziert, da alle anderen anfallenden biogenen Abfälle über eine Biotonne entsorgt werden müssen. Ein zusätzlicher Aufwand ergibt sich bei Gerät 1 und 4 durch die vorausgehende Behandlung in Form von Waschen und Zerkleinern. Die Anschaffungskosten der untersuchten Geräte variieren stark (vgl. Tab. 1). Gerät 1 und 2 sind in der Anschaffung teuer und verursachen durch ihren Stromverbrauch fortlaufend Kosten. In Tab. 3 ist der Stromverbrauch der Geräte 1 und 2 dargestellt. Der gemessene Stromverbrauch war

bei beiden Geräten niedriger als von den herstellenden Unternehmen angegeben. Unter der Annahme eines täglichen Inputs an biogenen Abfällen von 0,5 kg/d ergibt sich ein Stromverbrauch von 1,0 kWh/d für Gerät 1 und 0,8 kWh/d für Gerät 2 (Annahme 1 Zyklus/d). Legt man einen durchschnittlichen Stromverbrauch für einen 2 Personenhaushalt mit ca. 2200 kWh pro Jahr (ohne elektrische Warmwasser-Bereitung) zugrunde (klimaaktiv 2020), ergibt sich ein durchschnittlicher Tagesverbrauch von 6 kWh/d.

**Tab. 2** Durchgeführte Analysen

Parameter	Bestimmungsgrundlage bzw. Gerätebezeichnung
Trockenmasse	ÖNORM EN 12880
Glühverlust	ÖNORM EN 15935
pH-Wert und Leitfähigkeit	DIN 38404-5; WTW Multi 3630, WTW Sentix 940
Biogaspotenzial	VDI 4630; Automatic Methane Potential Test System (AMPTS II) von Bioprocess Control
Kressetest	Menzel et al. (2015)
Visuelle und olfaktorische Beobachtungen	Partikelgröße, Textur, Geruch, Farbe
Messung des Stromverbrauchs	Energiemessgerät PM 230 von brennenstuhl Fluke 1732

Wird somit eines der Geräte zusätzlich im Haushalt verwendet, erhöht sich der Stromverbrauch um ca. 16 % bzw. 13 %. Der Stromverbrauch beider Geräte liegt mit 365 kWh/a bzw. 292 kWh/a deutlich über dem Verbrauch einer neuen, hochwertigen Kühl-Gefrier-Kombination mit rund 116 kWh/a (Klimaaktiv 2024).

In Tab. 4 sind die Ergebnisse der visuellen und olfaktorischen Betrachtungen während des Betriebs der Geräte dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass die Ergebnisse für die einzelnen Geräte unterschiedlich ausfallen. Bei den Geräten 3 und 4 kam es zu Insektenbefall, bei Gerät 3 zu Geruchsentwicklung und zu einer Geräuschentwicklung bei Gerät 1. Übereinstimmend war bei allen Geräten die Massen- und Volumenreduktion während des Betriebs. Besonders deutlich war diese bei den elektrischen Geräten. Dort lagen die Massenreduktionen zwischen 76 und 79 %.

In Tab. 5 sind die Analyseergebnisse des Outputs der jeweiligen Geräte dargestellt und zum Vergleich Literaturwerten von Komposten gegenübergestellt. Aufgrund der Ergebnisse der Trockenmasse, des Wassergehalts sowie des Glühverlusts (Anteil an organischer Substanz) lässt sich schlussfolgern, dass

**Tab. 3** Stromverbrauch der Geräte 1 und 2, verändert nach Schäfer (2023)

	Stromverbrauch laut Hersteller	Durchschnittlich gemessener Stromverbrauch
Gerät 1	1,25 kWh/d	1,0 kWh/d
Gerät 2	0,8 kWh/Zyklus	0,48 kWh/Zyklus*

\*Da der Stromverbrauch von Gerät 2 stark von der Art des zu verarbeitenden Bioabfalls abhing, wurde für die Berechnung des Energieverbrauchs die Herstellerangabe (0,8 kWh/Zyklus) verwendet

bei den Geräten 1 und 2 hauptsächlich eine Trocknung stattfindet und kein biologischer Abbau. Somit ist das Outputmaterial zwar vom Aussehen her erdähnlich, es kann aber nicht als Kompost bezeichnet werden. Bei Gerät 3 fällt sowohl ein flüssiger als auch ein fester Output an. Der flüssige Output kann in verdünnter Form als Dünger verwendet werden. Beim fermentierten, festen Output von Gerät 3 sind einzelne Bestandteile des Bioabfall-Inputs noch deutlich erkennbar. Es ist davon auszugehen, dass erst nach Vermischung des Outputs mit Erde der eigentliche biologische Abbau stattfindet. Daher wurde der feste Output von Gerät 3 analytisch nicht näher untersucht. Nur bei Gerät 4 kann von einem biologischen Abbau ausgegangen werden, da der gemessene Glühverlust im Bereich von Kompostwerten liegt. Hier ist zu beachten, dass die Probenahme vor Ende der empfohlenen Behandlungszeit von 6 Monaten stattgefunden hat. Auch beim pH-Wert sowie der elektrischen Leitfähigkeit liegt der feste Output von Gerät 4 im Bereich der Kompostwerte – bei allen anderen analysierten Outputmaterialien ist eine Verschiebung in den sauren pH-Bereich festzustellen, was auch die Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeit bestätigen.

Um die Verfügbarkeit der Nährstoffe für Pflanzen zu untersuchen, wurden Kressetests durchgeführt. Als Referenz wurde der Kressetest mit Komposterde durchgeführt. Die jeweiligen Outputmaterialien der verschiedenen Geräte 1, 2 und 3 wurden dazu mit herkömmlicher Komposterde nach den Angaben der herstellenden Unternehmen verdünnt. In Abb. 1 sind die Ergebnisse

der Dreifachbestimmung im offenen Kressetest visuell dargestellt. Es ist zu erkennen, dass nur die Komposterden sowie die beiden flüssigen Dünger von Gerät 3 und 4 ein gutes Wachstum mit deutlicher Wurzelbildung aufwiesen. Alle anderen Proben zeigten minimales Wachstum, was durch die Messung des pH-Werts im sauren Bereich nach Testende bestätigt wurde. Die Proben von Gerät 1 und 2 wiesen außerdem Schimmelbildung am Boden des Glasgefäßes auf, einhergehend mit einem unangenehmen Geruch.

Bei der ökologischen Betrachtung wurden die potenziellen Umweltauswirkungen der Geräte quantifiziert und mit Daten der derzeitigen Behandlung der biogenen Abfälle in einer Co-Vergärung in Innsbruck verglichen. Die Zielstellung war der Vergleich der potenziellen Umweltauswirkungen der Geräte untereinander sowie die Identifizierung der Prozesse mit den größten Umweltauswirkungen. Als funktionelle Einheit wurde die Verwertung von 912,5 kg pflanzlichen Lebensmittelabfällen definiert (das entspricht der Behandlung von täglich 0,5 kg biogenen Abfällen über eine angenommene Lebensdauer der Geräte von 5 Jahren). Die Systemgrenzen für die ökologische Bewertung der Geräte 1, 2 und 3 sind in Abb. 2 dargestellt. Da bei Gerät 4 tatsächlich ein Kompost erzeugt wird, wurde für Gerät 4 ein anderes System für die Modellierung gewählt, worauf hier allerdings nicht weiter eingegangen wird. Betrachtet werden folglich vier verschiedene Szenarien:

- Szenario 1: Co-Vergärung der anfallenden biogenen Abfälle in Inns-

**Tab. 4** Visuelle und olfaktorische Ergebnisse aus dem Betrieb, verändert nach Schäfer (2023)

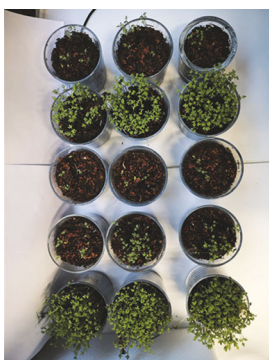
	Gerät 1 Kompostierung mit Mikroorganismen	Gerät 2 Trocknung, Zerkleinerung, Kühlung	Gerät 3 Fermentierung	Gerät 4 Wurmkompostierung
Insektenbefall (Maden, Fruchtfiegen)	Nein	Nein	Ja	Ja
Geruch	Nein	Nein	Ja	Nein
Geräuschentwicklung	Ja	Nein	Nein	Nein
Massen- und Volumenreduktion	Ja	Ja	Ja	Ja



**Tab. 5** Analyseergebnisse der Outputmaterialien, verändert nach Schäfer (2023)

	Gerät 1 Kompostierung mit Mikroorganismen		Gerät 2 Trocknung, Zerkleinerung, Kühlung			Gerät 3 Fermentierung	Gerät 4 Wurmkompostierung	Kompost
	1. Probenahme nach der 4. Woche	2. Probenahme nach der 7. Woche	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Mischprobe der in 7 Wochen gesammelten Flüssigkeit	Probe des festen Outputs nach 4,5 Monaten <sup>a</sup>	Literaturwerte
Trockensubstanz [% Feuchtmasse]	73,7	94,5	94,4	95,7	95,4	7,7	46,6	> 50 <sup>b</sup>
Wassergehalt [% Feuchtmasse]	26,3	5,5	5,6	4,3	4,6	92,3 %	53,4 %	< 50 <sup>b</sup>
oTS [% TS]	89,9	91,0	92,1	94,6	92,0	79,0	48,1	20–65 <sup>c</sup>
pH [-]	4,9	4,7	4,1	4,1	4,9	4,0	8,0	6,0–8,4 <sup>c</sup>
Elektrische Leitfähigkeit [mS/cm]	4,5	6,3	10,4	10,9	10,3	16,5	1,2	< 3 <sup>d</sup>

<sup>a</sup>Die entsprechende Probe wurde vor der empfohlenen Laufzeit der Hersteller entnommen  
<sup>b</sup>ÖNORM S2202 (2014)  
<sup>c</sup>Sullivan et al. (2018)  
<sup>d</sup>Kompostverordnung (2001)



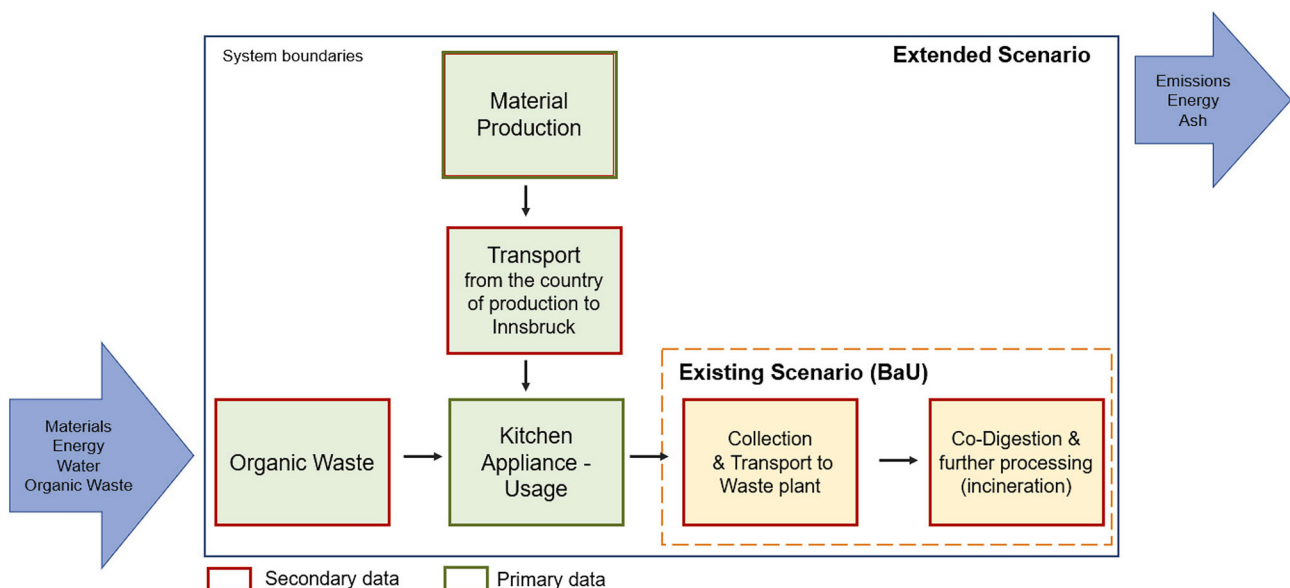
Gerät 2  
Gerät 3,  
flüssiger Dünger  
Gerät 1  
Gerät 1  
Herkömmlicher  
Kompost

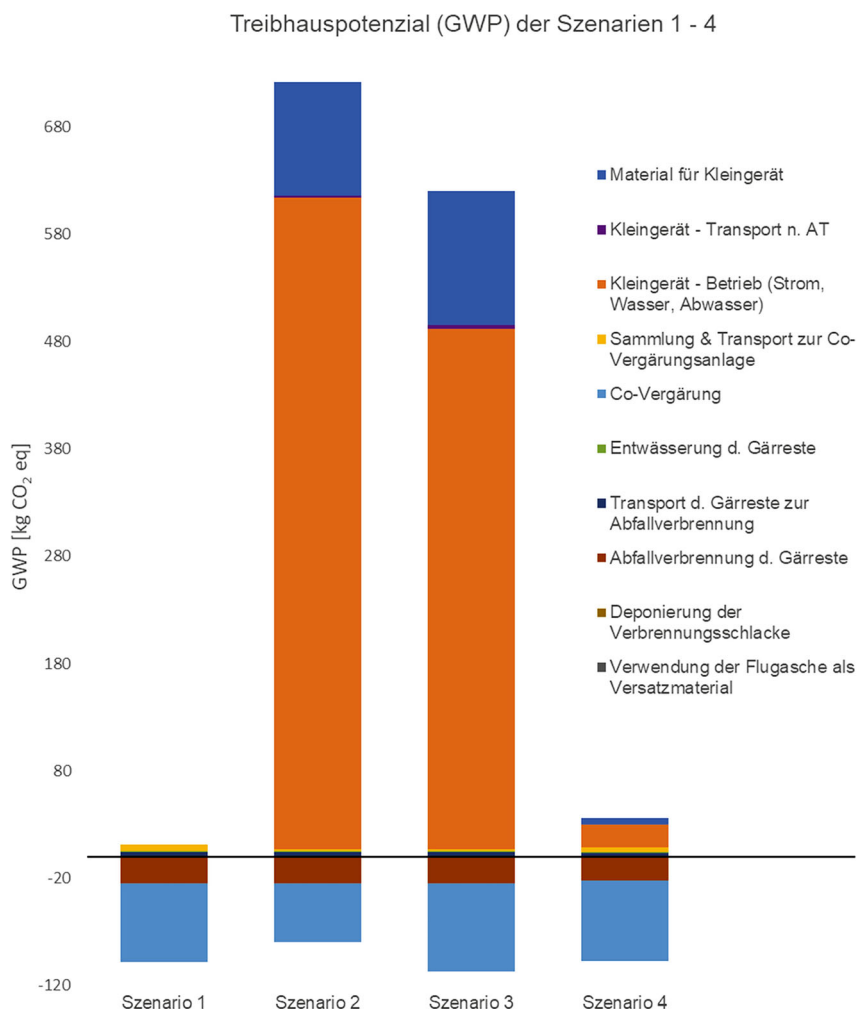
**Abb. 1** Offener Kressetest von den Outputmaterialien sowie von herkömmlichem Kompost, verändert nach Schäfer (2023)

bruck als Referenzszenario (BaU = Business as Usual).

- Szenario 2: Gerät 1 und Co-Vergärung des Outputs und sonstiger anfallender biogener Abfälle, die nicht in Gerät 1 behandelt wurden, in Innsbruck.
- Szenario 3: Gerät 2 und Co-Vergärung des Outputs und sonstiger anfallender biogener Abfälle, die nicht in Gerät 2 behandelt wurden, in Innsbruck.
- Szenario 4: Gerät 3 und Co-Vergärung des Outputs und sonstiger anfallender biogener Abfälle, die nicht in Gerät 3 behandelt wurden, in Innsbruck.

Bei der Modellierung wurden die folgenden Prozesse berücksichtigt: Bei Szenario 1 die Sammlung der Bioabfälle und die Co-Vergärung in der Innsbrucker Kläranlage, inklusive der Nutzung des erzeugten Biogases zur Strom- und Wärmeerzeugung. Außerdem wurde die Behandlung der Gärreste mit folgenden Prozessen betrachtet: Entwässerung, Transport zur Abfallverbrennungsanlage, Strom- und Wärmeerzeugung durch die Verbrennung der entwässerten Gärreste und Deponierung der Verbrennungsreste. Bei der Berechnung der Gutschriften für die Stromproduktion wurde angenommen, dass der erzeugte Strom den österreichischen Markt substituiert. Bei der Wärme wurde für

**Abb. 2** Systemübersicht für die Szenarien 1 bis 4 (Schäfer 2023, S. 62)



**Abb. 3** Treibhausgaspotenzial der Szenarien 1 bis 4 in [kg CO<sub>2</sub>-eq.], verändert nach Schäfer (2023)

die Substitution Wärme aus Erdgas, die in einem konventionellen 1000 MW-Kraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wurde, verwendet. Bei den Szenarien 2 bis 4 wurden zusätzlich die Materialien zur Herstellung der jeweiligen Kleingeräte inklusive Transport der Geräte nach Österreich berücksichtigt sowie der Betrieb der Geräte im Haushalt über die angenommene Lebensdauer von 5 Jahren (je nach Gerät der Verbrauch von Strom und/oder Wasser und Veränderungen der behandelten Abfälle). Da grundsätzlich nicht alle anfallenden biogenen Abfälle in den jeweiligen Geräten verarbeitet werden können, verbleibt immer eine Restmenge an biogenen Abfällen, die weiterhin über die Biotonne entsorgt werden muss, außerdem wurde angenommen, dass der feste Output der Geräte ebenfalls über die Biotonne entsorgt wird.

Berechnet wurden die Umweltauswirkungen der Geräte für verschiedene Wirkungskategorien nach der Environmental Footprint Methode (EF 3.0), wobei hier auf die Ergebnisse des Treibhauspotenzials (GWP) näher eingegangen wird. Diese Ergebnisse sind in Abb. 3 dargestellt. Verrechnet man die Gutschriften (negativer Anteil vom GWP), die durch die energetische Nutzung des Biogases und der Gärreste entstehen, mit den Lastschriften (positiver Anteil vom GWP), so wird deutlich, dass das Szenario 1, die aktuelle Entsorgung der biogenen Abfälle in der Co-Vergärung in Innsbruck, am besten abschneidet und die geringsten Emissionen aufweist. Im Gegensatz dazu zeigen die Geräte 1 (Szenario 2) und 2 (Szenario 3) die höchsten Emissionen in der Kategorie Treibhausgaspotenzial. Bei Gerät 3 überwiegen die Gutschriften, die durch die Co-Vergärung und

die Verbrennung der Gärreste entstehen leicht die Umweltlasten, die durch Produktion und Betrieb des Geräts entstehen. Bei näherer Betrachtung der Emissionen aus den einzelnen Prozessen wird deutlich, dass die hohen Lastschriften bei den Geräten 1 und 2 hauptsächlich auf den Stromverbrauch während des Betriebs zurückzuführen sind.

### 3.2 Kleinanlagen im Gastronomiebereich

Um die Küchenabfälle aus dem gewählten Gastronomiebetrieb für die untersuchte Kleinanlage verwenden zu können, mussten die Küchenabfälle vorsortiert werden. Wie in Abb. 4a ersichtlich, war in den Küchenabfällen aus dem Gastronomiebetrieb ein deutlicher Anteil an Kunststoffbeuteln enthalten, die im ersten Schritt aussortiert werden mussten. In Abb. 4b ist beispielhaft der aufbereitete Input dargestellt. Als kritisch für die einwandfreie Funktionsweise haben sich während der Untersuchungen in den Lebensmittelabfällen befindliche Knochen herausgestellt, die die Austragsschnecke der Kleinanlage blockieren und ein Herauspringen der Sicherung verursachen können. Somit kann durch den Einsatz der Kleinanlage die getrennte Sammlung in einer Biotonne nicht ersetzt werden, da weiterhin Abfälle anfallen, die darüber entsorgt werden müssen. Außerdem muss der anfallende Output entsorgt werden. Ob bzw. wie der Output als Dünger/Kompost genutzt werden kann, wird am Arbeitsbereich Umwelttechnik der Universität Innsbruck weiter untersucht. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass es sich beim Output nicht um Kompost handelt, sondern um getrocknete biogene Abfälle.

Es ergibt sich ein zusätzlicher Sortieraufwand für das Küchenpersonal durch die Aussortierung der Knochen bzw. durch eine veränderte Handhabung im Küchenablauf aufgrund der notwendigen Vermeidung von Kunststoffbeuteln im Input des Geräts. Prinzipiell kann noch ein zusätzlicher Shredder zur Vorbehandlung zu der Kleinanlage zugekauft werden. Auch benötigt die Kleinanlage eine tägliche Überprüfung des Materialzustands, da für einen optimalen Betrieb ein bestimmter Wassergehalt im Material benötigt wird. Gegebenenfalls müssen trockenere Lebensmittelabfälle (falls verfügbar)



Beispiel Input  
unaufbereitet



Beispiel Input  
aufbereitet



Beispiel Output Woche 1



Beispiel Output Woche 4

**Abb. 4** Fotos des Inputs und Outputs, verändert nach Franchetto und Tombari (2022)

oder auch Sägespäne bzw. feuchtere Lebensmittelabfälle (falls verfügbar) oder Wasser nachgefüllt werden.

Die Kleinanlage wurde 4 Wochen lang betrieben, wobei die ersten beiden Wochen ohne Zugabe und die beiden letzten mit Zugabe von Mikroorganismen vom Hersteller erfolgten. Durch die Zugabe der Mikroorganismen konnte keine Veränderung im Betrieb oder der Qualität des Outputs festgestellt werden. Es ließ sich eine starke Abhängigkeit des Outputs hinsichtlich Farbe und Geruch vom Input und somit vom Speiseplan feststellen. Bei ordnungsgemäßem Betrieb ergab sich meist ein erdähnlich aussehender Output (vgl. Abb. 4c, d).

Prinzipiell ist davon auszugehen, dass in erster Linie eine Trocknung des Abfalls stattfindet, der Wassergehalt lag im Output im Durchschnitt bei 20%. Dadurch ergab sich eine Massenreduktion von durchschnittlich 70%. Der durchschnittliche Stromverbrauch lag bei 0,7 kWh/kg Input. Bei einer abschätzenden Kostenbetrachtung wurden, bezogen auf die Situation in Innsbruck, die Kosten für den Betrieb der Kleinanlage (Stromverbrauch) sowie der Entsorgung des Outputs über die Biotonne

(reduzierte Abfallmenge) mit den Kosten für die Entsorgung der gesamten Küchenabfälle ohne Vorbehandlung über die Biotonne verglichen. Dabei ergaben sich für die Variante mit der Vorbehandlung der Küchenabfälle in der Kleinanlage ca. doppelt so hohe spezifische Kosten pro kg zu entsorgendem Abfall.

Die bei der untersuchten Kleinanlage anfallende Abluft musste nach außen geführt werden und war neben einer hohen Feuchtigkeit auch mit Geruch belastet. Das anfallende Kondensat lag im sauren Bereich (pH 3,3).

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Am Arbeitsbereich Umweltechnik der Universität Innsbruck wurden Geräte zur Behandlung von biogenen Abfällen sowohl im Haushaltsbereich als auch im Gastronomiebereich untersucht. Alle untersuchten Geräte ergaben einen erhöhten Aufwand in der Handhabung bzw. in der Sortierung/Aufbereitung der biogenen Abfälle für die Nutzenden. Für den Gastronomiebereich ist durch die Nutzung der untersuchten Kleinanlage ein zusätzlicher Aufwand für das Küchenpersonal zu erwarten.

Die getrennte Sammlung über eine Biotonne kann durch die Nutzung der Geräte nicht ersetzt werden. Somit ist eine Biotonne für aussortierte Lebensmittelabfälle (bei allen Geräten) bzw. für den Output (bei fast allen Geräten) weiterhin notwendig.

Bei den getesteten Geräten mit Stromanschluss findet neben den erhöhten Anschaffungskosten ein zusätzlicher Stromverbrauch statt, der sowohl ökonomisch als auch ökologisch eine relevante Rolle spielt. Weiterhin ist die Hauptursache für die Massenreduktion der Vorgang der Trocknung und nicht der biologische Ab- und Umbau der Abfälle. Somit ist das Outputmaterial nicht als Kompost anzusehen und bedarf einer weiteren Nachbehandlung. Die Geräte für den Haushaltsbereich ohne Strom können hinsichtlich der Düngewirkung als positiv bzw. aus ökologischer Sicht unter den angenommenen Rahmenbedingungen als neutral angesehen werden.

Ob in Summe die Nutzung der Geräte angenehmer als die alleinige Verwendung einer Biotonne empfunden wird, ist von der individuellen Wahrnehmung abhängig. Aus ökologischer und ökonomischer Sicht können die Geräte mit Strombedarf nicht empfohlen werden.

Gerade im Bereich der Gastronomie gibt es außerdem vielfach eingesetzte Tanksysteme zur Sammlung der anfallenden Küchenabfälle. Bei diesen Systemen werden die biogenen Abfälle unter Wasserzugabe zerkleinert und die entstehende Suspension wird in einen Tank befördert. Saugfahrzeuge entleeren den Tank und transportieren die Suspension zu einer Vergärungsanlage zur weiteren Verwertung. Der Inhalt der Tanksammelsysteme stellt ein hochwertiges Substrat dar und ermöglicht eine bedarfsorientierte Sammlung (z.B. nach Füllstand) und dezentrale Energiespeicherung. Allerdings wird auf Bundesländerebene aktuell unterschiedlich gehandhabt/beurteilt, ob diese Tanksysteme aufgrund ihrer Zerkleinerungssysteme AWG-pflichtig sind (Meirer 2022; Wehner et al. 2018).

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine ordnungsgemäße Sammlung und Behandlung von biogenen Abfällen einen wesentlichen Beitrag zu der Erreichung der SDGs leisten kann.

**Förderung** Open-Access-Finanzierung durch die Universität Innsbruck und die Medizinische Universität Innsbruck.

**Funding** Open access funding provided by University of Innsbruck and Medical University of Innsbruck.

**Open Access** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ur-

sprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht

unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>. ■

## Literatur

**Bioabfallverordnung (1994):** Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die getrennte Sammlung biogener Abfälle. BGBl. Nr. 68/1992 idF BGBl. Nr. 456/1994.

**Franchetto, M., L. Tombari (2022):** Evaluation of a small-medium scale 24-hours composter. Project Study Environmental Management. Universität Innsbruck. Unpublished.

**klimaaktiv (2024):** Energieeffiziente Kühlschränke. [https://www.topprodukte.at/topprodukte/haushaltsgeraete/kuehlgeraete?filter-type%5B%5D=K%C3%BChl-%2FGefrierkombination&filter-brand%5B%5D=Miele&order=ASC&order-by=energieeffizienzindex\\_int](https://www.topprodukte.at/topprodukte/haushaltsgeraete/kuehlgeraete?filter-type%5B%5D=K%C3%BChl-%2FGefrierkombination&filter-brand%5B%5D=Miele&order=ASC&order-by=energieeffizienzindex_int). Zugriff am 02.02.2024

**klimaaktiv (2020):** Energie und Kosten sparen bei Haushaltsgeräten. Tipps für Kauf und Nutzung. Hrsg. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. ISBN 978-3-903129-92-4. Wien.

**Kompostverordnung (2001):** Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsan-

forderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung). StF: BGBl. II Nr. 292/2001.

**Meirer, M. (2022):** Innovative Speiserestesammlung (und -behandlung). In: Innsbrucker Abfall- und Ressourcentag 2022, Wohin geht der Weg der biogenen Abfallsammlung und -verwertung? Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien.

**Menzel, R., Hermann, T., He, L., Scholz, K., Szewzyk, R. (2015):** Kompostfibel. Richtig kompostieren - Tipps und Hinweise. [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/151207\\_stg\\_uba\\_kompostfibel\\_web.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/151207_stg_uba_kompostfibel_web.pdf); Zugriff am 01.09.2023

**ÖNORM S 2202 (2014):** Anwendungsrichtlinien für Komposte. Austrian Standards International, Wien.

**ÖWAV-Arbeitsbehelf 73 (2023):** Behandlung von Küchen- und Speiseabfällen in Kleinbehandlungsanlagen. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien.

**Schäfer, L. (2023):** Evaluation and ecological assessment of different appliances for kitchen

composting. Masterthesis. Universität Innsbruck.

**Sullivan, Dan M.; Bary, Andy I.; Miller, Robert; Brewer, Linda J. (2018):** Interpreting Compost Analyses. Oregon State University (EM 9217). Available online at <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9217/html>, updated on October 2022; Zugriff am 01.09.2023.

**Wehner, M., Müller, W., Bockreis, A. (2018):** Praktische Erfahrungen bei der Erfassung von organischen Abfällen aus Supermärkten mit Tanksystemen. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 2018 Vol. 70 Issue 3 Pages 194–200. <https://doi.org/10.1007/s00506-018-0467-7>

**Hinweis des Verlags** Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.