



Bestimmung und Abtrennung des Fremdstoffgehaltes von Bioabfällen mittels Siebung und Windsichtung

Julie Ferreux · Alice do Carmo Precci Lopes · Wolfgang Müller · Sabine Robra · Anke Bockreis

Online publiziert: 8. November 2019
 © Der/die Autor(en) 2019

Zusammenfassung Kunststofffolien im Bioabfall führen zu Herausforderungen für Bioabfallbehandlungsanlagen, da sie trotz Aufbereitung in den fertigen Kompost gelangen. Anlässlich der neuen Grenzwerte des RAL-Gütezeichens wurde die Anwendung eines Stern- und Trommelsiebs sowie eines Querstrom-Windsichters in der Voraufbereitung von zwei Bioabfallbehandlungsanlagen in Deutschland untersucht.

Untersucht wurde die Effizienz der Kunststofffolienabtrennung und die Transferraten der Biogaserträge in die entstehenden Fraktionen. Dafür wurden Proben aus großtechnischen Versuchen gezogen, händisch sortiert und alle Fremdstoffe gewaschen und getrocknet. Anschließend wurde das Biogaspotenzial mit einem automatisierten Batch-Gärtest gemessen.

Die Ergebnisse weisen einen Verlust von ca. 30% an Biogas aus, der durch die Abtrennung der anhaftenden organischen Substanz während der Aufbereitung bedingt ist. Dem gegenüber steht eine Abtrennung von ca. 90% der Kunststofffolien, was ein Erreichen der Grenzwerte des RAL-Gütezeichens potenziell ermöglicht.

Schlüsselwörter Biogasgewinnung · Fremdstoffabtrennung · Kompostqualität · Siebung · Windsichtung

Determination and separation of impurities in biowaste by means of sieving and air separation

Abstract Plastic films in biowaste lead to challenges for biowaste treatment plants, as they get into the finished compost despite treatment. On the occasion of the new limit values for impurities of the RAL quality assurance system for compost, the performance of a star and drum sieve, as well as a cross-flow air classifier were investigated as pre-treatment systems in two biowaste treatment plants in Germany.

The efficiency of the plastic film separation and the transfer rates of the biogas yields in the resulting fractions were investigated. Samples were sorted by hand and all foreign matter washed and dried. The biogas potential was then measured with an automated batch fermentation test.

The results show a loss of approx. 30% of biogas due to the separation of the adhering organic substance during processing. On the other hand, the separation of approx. 90% of the plastic films potentially meets the requirements of the RAL quality assurance system.

Keywords Biogas production · Impurities separation · Compost quality · Sieving · Air separation

1 Einleitung

Trotz getrennter Erfassung sind in Bioabfällen teilweise erhebliche Anteile an Fremdstoffen enthalten. Diese müssen in den Bioabfallbehandlungsanlagen abgetrennt werden, damit die Endprodukte Kompost oder Gärrest landbaulich verwertet sowie vorab Schäden innerhalb der Anlage vermieden werden können. Insbesondere Kunststoffen kommt aufgrund der vorhandenen Grenzwerte und der hohen Sichtbarkeit im Kompost eine besondere Bedeutung bei. Diese müssen daher gerade bei der anaeroben biologischen Behandlung in

der Voraufbereitung weitestmöglich aus dem Bioabfall abgetrennt werden.

In Deutschland sind für den Gehalt an Fremdstoffen >2 mm Grenzwerte in der Bioabfallverordnung (BioAbfV), der Düngemittelverordnung (DüMV) sowie in den Bestimmungen der RAL-Gütesicherungen für Komposte und für Gärprodukte festgelegt (Kehres 2018). Nach der Düngemittelverordnung gelten der Grenzwert von 0,1 Gew.-% TM für nicht abgebaute Kunststoffe (Folien) sowie von 0,4 Gew.-% TM für die Summe aller anderen Fremdstoffe (DüMV 2012). Mit dem Grenzwert für verformbare Kunststoffe (Folien) wird auf Verunreinigungen mit Kunststofffolien reagiert, die eine spezifische Masse aufweisen (Kehres 2018). In Österreich gelten für Komposte zur landwirtschaftliche Verwertung zulässige Grenzwerte von 0,2 Gew.-% TM für Kunststoffe >2 mm bei 0,2 Gew.-% TM sowie 0,02 Gew.-% TM für Kunststoffe >20 mm bei (KompostV 2001).

Die Aufbereitung von Bioabfall für eine weitere biologische Verwertung besteht häufig aus einer Reihe an Aggregaten, wie Sacköffner, Siebe, Magnetabscheider, Abfallshredder, Mühlen und Pulper (Ariunbaatar et al. 2014). Neben der weitgehend vollständigen Abtrennung von Fremdstoffen soll jedoch so wenig Organik wie möglich zusammen mit den Fremdstoffen verloren gehen. Häufig werden dennoch erhebliche Mengen an Organik mit abgeschieden (Bernstad et al. 2013; Hansen et al. 2007; Jank 2017; Pognani et al. 2012).

Trommel- und Sternsiebe sind Aggregate, die üblicherweise für die Aufbereitung von Bioabfällen eingesetzt werden. Tab. 1 listet fünf Untersuchungen auf, welche mit Trommel-, Stern- oder Scheibensieben durchgeführt worden sind. Es ist ersichtlich, dass sich die Versuche hinsichtlich der Inputmaterialien, Voraufbereitung und Massenverteilungen unterscheiden. Ebenso wurde eine Fremdstoffanalyse mit dem Scheibensieb, das in seiner Funktionsweise einem Sternsieb ähnlich ist, nur

J. Ferreux, BSc · A. do Carmo Precci Lopes, MSc (✉) · Dr. W. Müller · Dr. S. Robra · Prof. Dr. A. Bockreis
 Institut für Infrastruktur, Professur für Abfallbehandlung und Ressourcenmanagement,
 Universität Innsbruck,
 Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck,
 Österreich
alice.lopes@uibk.ac.at

Tab. 1 Zusammenfassung unterschiedlicher Versuche mit Trommel- (TS), Stern- (StS) und Scheibensieben (ScS)

Siebe (Maschenweite)	Input	Vorbereitung	Massenverteilung/% FM		Charakterisierung des Siebüberlaufs/% FM			Referenz
			SÜ	SD	Organik	Kst	Sonstiges	
TS (31, 8 mm)	Siedlungsabfall	Trommelreaktor	37	63	Hauptsächlich nicht-biologisch abbaubares Material			(Zhu et al. 2009)
TS (31,8 mm)	Siedlungsabfall mit Papier	Trommelreaktor	41	59	Hauptsächlich nicht-biologisch abbaubares Material			(Zhu et al. 2009)
TS (25–45 mm)	Siedlungsabfall mit Klärschlamm	Trommelreaktor	62	38	Hauptsächlich nicht-biologisch abbaubares Material			(Gikas et al. 2018)
StS (zweifach, k. A.)	Holz hackschnitzel	Trommelhacker	20,2–41,2	58,8–79,9	n.a.			(Huber et al. 2017)
ScS (k. A.)	Bioabfall	Sackaufreisser	66	35	88	11	1	(Hansen et al. 2007)

SÜ Siebüberlauf, SD Siebdurchgang, Kst Kunststoff, n.a. nicht analysiert, k. A. keine Angaben

Tab. 2 Zusammenfassung unterschiedlicher Windsichter-Versuche

Windsichter	Input	Ziel	Aufbereitung	Massenverteilung/% FM		Fremdstoffbestimmungsanalyse	Resultat bzgl. Ziel
				Fein	Grob		
ZZS (Colon 1976)	Siedlungsabfall	Papier, Kunststoff	Magnet + Zerkleinerer (10 cm) + ZZS (1) + Sieb + ZZS (2)	68 (1) 14 (2)	32 (1) 84 (2)	k. A.	–
WS (Savage et al. 1980)	Siedlungsabfall	Papier + Kunststoff	–	75	25	Trocknung, Siebung, manuelle Sortierung (Eisen, Papier + Kunststoff, Nicht-Eisen)	Rückgewinnung von P + Kst in <i>fein</i> : 89 %
ZZS (Boettcher 1969)	Kompost	Reiner Kompost	Zerkleinerer, Sieb (2x), Zyklon	–	–	k. A.	–
ZZS (Boettcher 1972)	Kompost	Reiner Kompost	Zerkleinerer, Sieb	–	–	Optische grobe Analyse	Hauptsächlich Kunststoff in <i>fein</i>
ARS (Marini 2007)	Flusenfraktion aus Reifenrecycling	Reine Fasern	–	40	60	k. A.	Konzentration von Gummi in <i>fein</i> (5–15 %)

FM Frische Masse, ZZS Zick-Zack-Sichter, WS Windsichter, Kst Kunststoff, P Papier, ARS Abweiseradsichter, k. A. keine Angaben

Tab. 3 Auflistung der Fremdstoffe in ihren untersuchten Gruppen

Einzelne Gruppen	Restliche Fremdstoffe
Kunststofffolien (2D)	Feuchttücher
Kunststoffhohlkörper (3D)	Verbundstoffe
Glas	Textilien
Steine (inkl. Keramik)	Aluminium (2D und 3D)
–	Metalle
–	Gummibänder
–	Sonstiges (nicht biologisch abbaubar)

in Hansen et al. (2007) durchgeführt. Diese war unter den aufgeführten Untersuchungen die einzige, in der explizit Bioabfall als Inputmaterial verwendet wurde.

Das Hauptanwendungsgebiet von Windsichtern ist die Sortierung von Gemischen, die spezifisch leichte Bestandteile wie Kunststoffe, Papier, Schaumstoffe und dergleichen enthalten. Vermutlich konnte deshalb in der Literatur keine Untersuchung mit Bioabfall als Inputmaterial gefunden werden. Daher sind in Tab. 2 verschiedene Untersu-

chungen mit anderen Inputmaterialien dargestellt.

Für die Effizienzüberprüfung der unterschiedlichen Aufbereitungsaggregate ist die Bestimmung der Kunststoffe in den aufbereiteten Substraten und Reststoffen erforderlich. Ein allgemeingültiges Prozedere für die Kunststoffbestimmung im Bioabfall gibt es weder in Österreich noch in Deutschland. Vorwiegend wird der Kunststoffanteil mit anhaftender Organik bestimmt. Dies führt aufgrund von Anhaftungen an den Kunststoffen zu erheblichen Un-

sicherheiten und Überschätzung des Kunststoffanteils in den untersuchten Proben. Zielstellung war daher u.a. eine Abschätzung des Anteils der an den Kunststoffen anhaftenden Organik. Weiters wurden die Trenneffizienz verschiedener Aufbereitungsaggregate hinsichtlich der Kunststofffolienabtrennung sowie die Auswirkungen auf die Biogasproduktion ermittelt.

2 Untersuchungsrahmen

Untersucht wurde die Trenneffizienz von verschiedenen Aufbereitungsaggregaten (Sternsieb, Trommelsieb, Windsichter) an zwei Bioabfallbehandlungsanlagen (Anlage A + B) in Deutschland.

2.1 Anlage A

2.1.1 Untersuchter Bioabfall und Probenahme

In einer Biogasanlage in Süddeutschland (Anlage A) wurde die Aufberei-

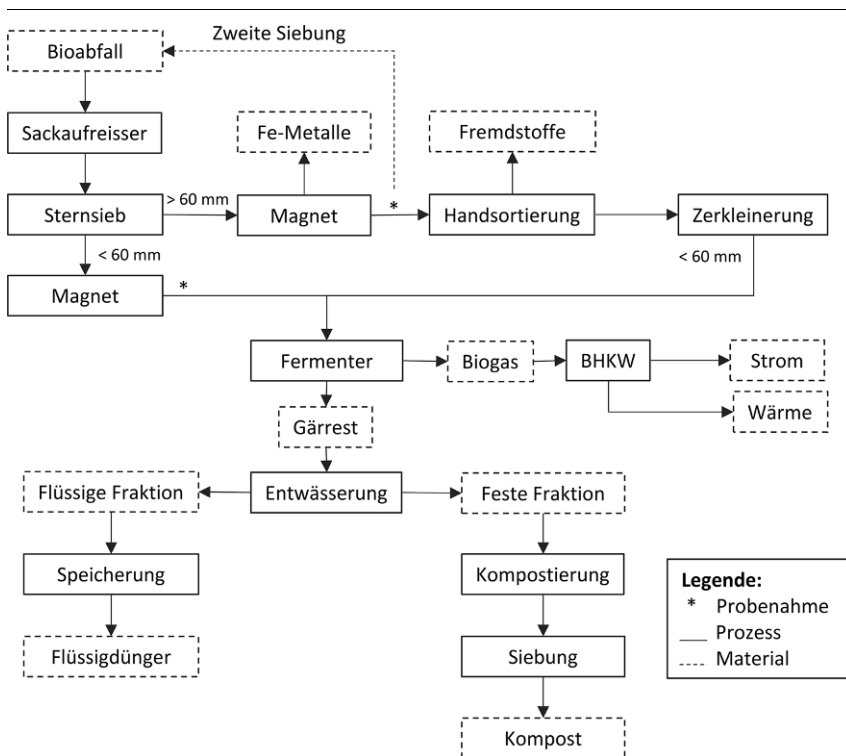


Abb. 1 Prozessverlauf der Anlage A inkl. Probenahmestellen

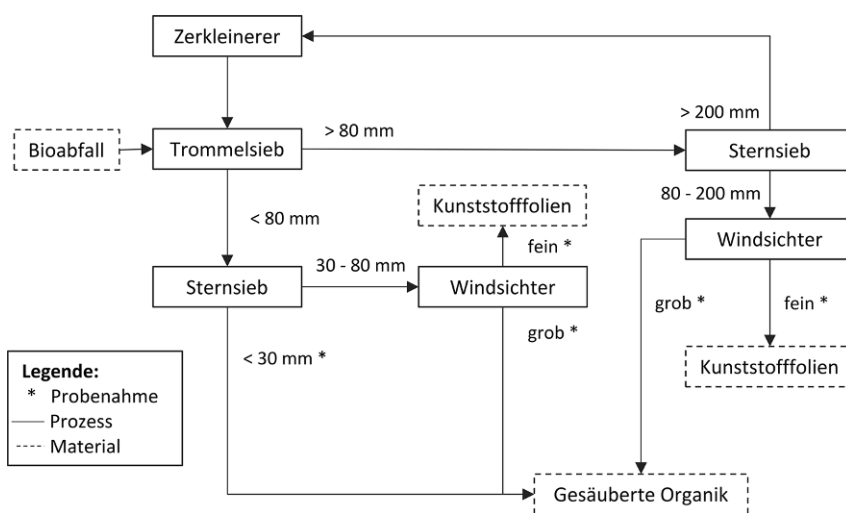


Abb. 2 Versuchsverlauf zur Beprobung des Windsichters

tion von Bioabfall aus der Getrennsammlung untersucht. Der angelieferte Bioabfall passiert einen Sackaufreißer und wird anschließend auf ein Sternsieb mit 60 mm Maschenweite aufgegeben. Beprobte wurden der Siebüberlauf (>60 mm) und der Siebdurchgang (<60 mm) nach jeweiligem Durchlauf durch einen dem Sternsieb nachgeschalteten Magnetabscheider. Die Probenahme erfolgte im Juli 2017, Januar und März 2018. Für die Beprobung wur-

den jeweils ca. 10 Mg Bioabfall verworfen und aufbereitet. Die Probenahme selbst bzw. die erforderliche Probenmenge erfolgte in Anlehnung an die ÖNORM S 2027-1 bzw. LAGA PN 98. Eine erste händische Grobsortierung des gesamten Siebüberlaufs erfolgte vor Ort. Die Definition der Fremdstoffe geht aus Tab. 3 hervor.

Schließlich wurden Laborproben aus den Fraktionen <60 mm, >60 mm und der vor Ort handsortierten Fremdstoffe

gezogen. Da sich bei den ersten beiden Versuchen gezeigt hat, dass noch nicht alle Abfallsäcke geöffnet waren, wurde bei der Probenahme im März 2018 der Siebüberlauf >60 mm nochmals über den Sackaufreißer geführt und dem Sternsieb erneut aufgegeben, um noch mehr Fremdstoffe abzutrennen und allenfalls den zweiten Siebüberlauf (>60 mm) weiter zu verwerten. Der zweite Siebdurchlauf (<60 mm) wurde dem ersten beigemischt. Der Prozessverlauf der Anlage A ist in Abb. 1 dargestellt.

2.1.2 Laboruntersuchungen

Der Fokus der Untersuchungen lag auf den Kunststofffolien (Kunststoff 2 D). Biologisch abbaubare Kunststoffe wurden ebenfalls als Fremdstoffe eingestuft. Von den Proben von Juli wurde lediglich der gesamte Fremdstoffanteil ermittelt.

• Fraktion <60 mm – Siebdurchgang

Die Fremdstoffe im Siebdurchgang wurden händisch aussortiert. Die aussortierten Fremdstoffe wurden gewogen, gewaschen, getrocknet und erneut gewogen. Die Trocknung fand bei 80 °C für 24 h statt und nicht bei 105 °C, wie in der VDI 4630 definiert, um zu verhindern, dass leichtflüchtige Substanzen aus den Kunststofffolien austreten und somit die Masse des Kunststoffs 2 D verändern. Die Unterschiede zwischen „ungewaschen“ und „gewaschen und getrocknet“ wurden mit der Abkürzung FM für Feuchtmasse („ungewaschen“) und mit TM für Trockenmasse („gewaschen und getrocknet“) kenntlich gemacht.

Die Proben von Januar wurden vor der Sortierung bei 25 mm gesiebt. Bei den Proben von März erfolgte zusätzlich noch eine weitere Siebung der Fraktion <25 mm bei 10 mm.

• Fraktion >60 mm – Siebüberlauf

Die Analyse des Siebüberlaufs erfolgte analog zum Siebdurchgang, wobei keine weitere Siebung bei 10 mm bzw. 25 mm durchgeführt wurde.

• Trockenmasse und organische Trockenmasse

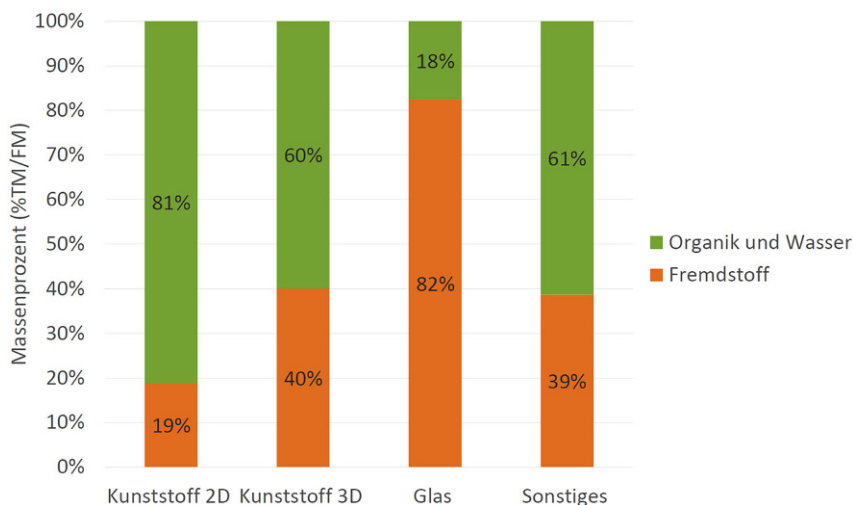


Abb. 3 Anteil des tatsächlichen Fremdstoffes in der jeweiligen Sortierfraktion. (Ferreux et al. 2018)

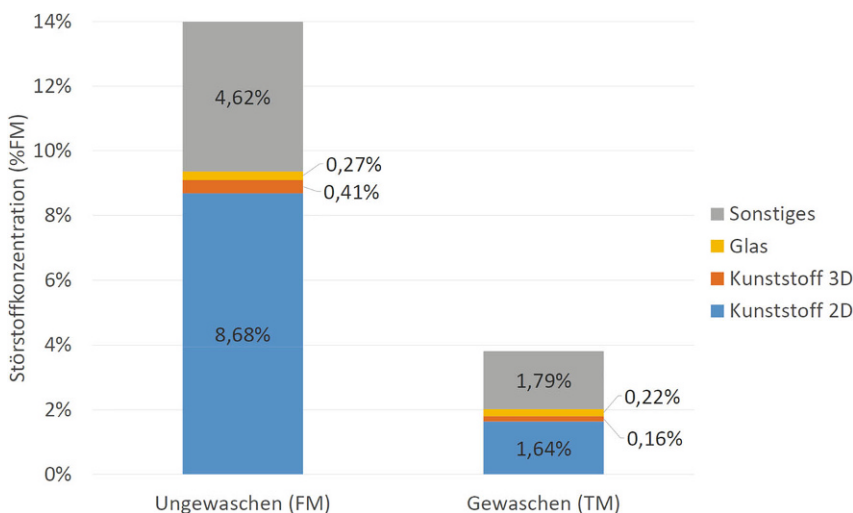


Abb. 4 Vergleich der Konzentration der ungewaschenen (FM) und gewaschenen (TM) Fremdstoffe bezogen auf die Gesamtmasse des frischen Bioabfalls (FM). (Ferreux et al. 2018)

Die Bestimmung von Trockenmasse (TM) und organischer Trockenmasse (oTM) erfolgte in Anlehnung an die VDI 4630 (VDI 4630 2006).

- Biogaspotenzial

Das Biogaspotenzial beider Fraktionen (>60 mm und <60 mm) wurde mit einem Automatic Methane Potential Test System (AMPTS II) von Bioprocess Control nach VDI 4630 als Doppelbestimmung durchgeführt.

2.2 Anlage B

2.2.1 Untersuchter Bioabfall und Probenahme

Fokus der Untersuchungen auf der Anlage B war die Aufbereitung von Bioabfall aus der getrennten Sammlung mit einem Querstrom-Windsichter. Die Untersuchungen wurden im Mai 2018 in einer aeroben Bioabfallbehandlungsanlage in Deutschland durchgeführt. Der Versuchsablauf samt Probenahmestellen ist in Abb. 2 dargestellt.

Um herauszufinden, ob durch Trocknung eine Reduktion der Haftkräfte zwischen der Organik und den Kunststofffolien erreicht werden könnte, wur-

de zusätzlich ein Versuch mit getrocknetem Bioabfall durchgeführt. Dazu wurde der Bioabfall (10 Mg) vorab eine Woche lang in einem Tunnel biologisch getrocknet.

2.2.2 Laboruntersuchungen

Die Laborproben wurden nach dem gleichen Schema wie die Sternsieb-Untersuchungen analysiert. Die Siebungen bei 25 mm und 10 mm entfielen.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Anhaftungen an den sortierten Fremdstoffen

Zur Klärung der Frage nach den Mengen an Anhaftungen von Organik und Wasser an den sortierten Fremdstoffen wurden die Proben sowohl im frischen (FM) wie auch im gereinigten und getrockneten Zustand (TM) gewogen. In Abb. 3 ist der Anteil des tatsächlichen Fremdstoffes in der jeweiligen Sortierfraktion dargestellt, d. h., die Gewichtsanteile der Fremdstoffe (FM) werden den gewaschenen und getrockneten Gewichtsanteilen (TM) gegenübergestellt. Es zeigt sich gerade bei Kunststoff 2 D ein deutlicher Anteil von Anhaftungen in Form von Wasser und Organik. Dies wird durch Abb. 4 bestätigt, in der die Konzentrationen der ungewaschenen (FM) und gewaschenen (TM) Fremdstoffe bezogen auf die Gesamtmasse des frischen Bioabfalls (FM) dargestellt sind.

3.2 Fremdstoffkonzentrationen im Bioabfall

In Tab. 4 sind die Fremdstoffkonzentrationen des Inputs für beide Anlagen dargestellt, auf die mithilfe der Laboranalysen zurückgerechnet wurde.

Aus Tab. 4 wird ersichtlich, dass sich in Anlage B insgesamt mehr Fremdstoffe im Inputmaterial befanden als in Anlage A. So wurden beispielsweise im Input der Anlage B mehrere Windeln ebenso wie ein erhöhter Anteil an Steinen beobachtet. Die Anteile der gesamten Fremdstoffe von Anlage A waren im Juli geringer als im Januar und März. Dieser Unterschied kann aufgrund des „Verdünnungseffektes“ durch ein höheres Aufkommen an Gartenabfällen im Juli entstanden sein, die nach Beobachtungen von (Kern et al. 2018) weniger Fremdstoffe als Küchenabfall enthalten. Wenn sich ein höherer Anteil

Tab. 4 Fremdstoffkonzentration (in %TM/FM) des Inputs von Juli 2017, Januar, März und Mai 2018 (frisch und trocken)

Fremdstoff	Anlage A		Anlage B		
	Jul 17 (%)	Jan 18 (%)	Mrz 18 (%)	Mai 18 frisch (%)	Mai 18 trocken (%)
Kunststoff 2D	n.a.	0,37	0,29	0,41	0,36
Kunststoff 3D		0,13	0,10	0,20	0,32
Steine		0,17	1,02	1,07	3,64
Glas		0,04	0,06	0,16	0,65
Restliche Fremdstoffe		0,38	0,31	2,62	1,45
Summe Fremdstoffe	0,66	1,09	1,78	4,46	6,41

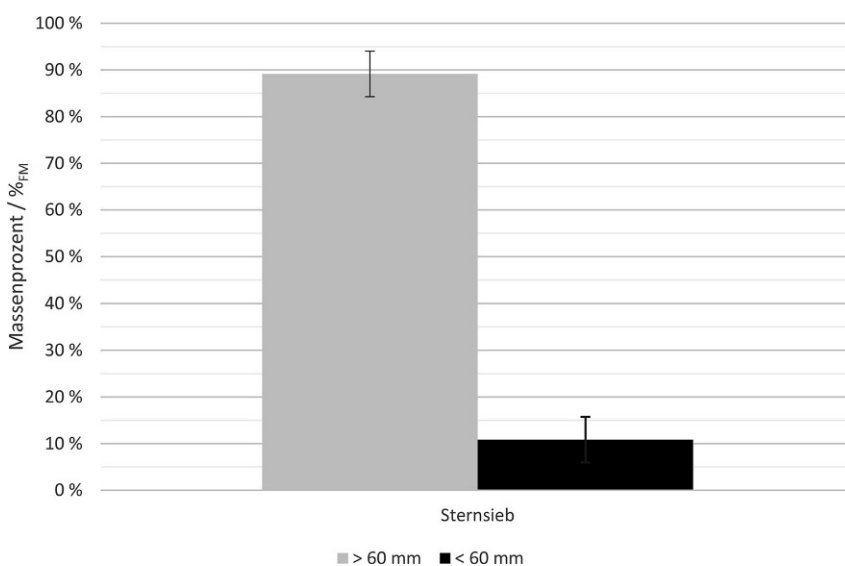


Abb. 5 Sternsieb Anlage A: Arithmetischer Mittelwert der Frachtenverteilung der Kunststofffolien in den Fraktionen >60 mm und <60 mm mit Standardabweichung (Januar und März)

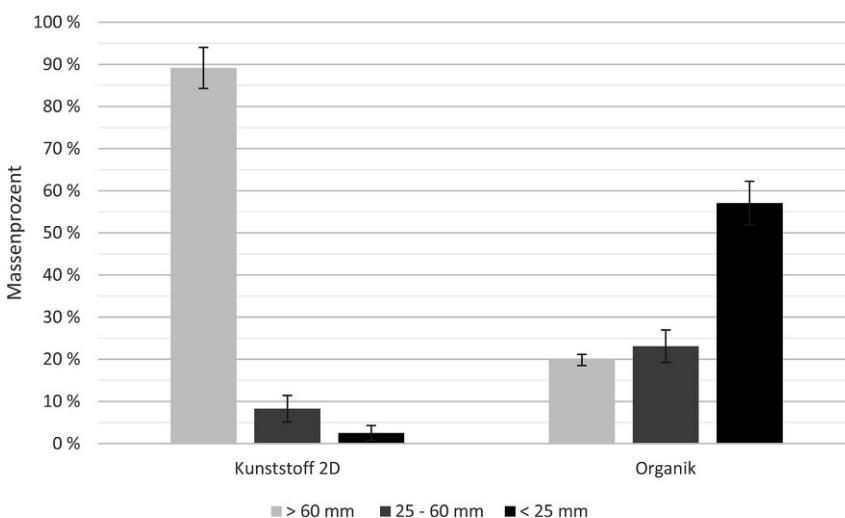


Abb. 6 Arithmetischer Mittelwert der Frachtenverteilungen der Kunststofffolien und Organik in den Fraktionen >60 mm, 25–60 mm und <25 mm (Januar und März)

Gartenabfall im Bioabfall befindet, sinkt somit die Fremdstoffkonzentration. Der Anteil der Kunststoffe 2D liegt bei beiden Anlagen in einer vergleichbaren Größenordnung.

3.3 Trennleistung des Sternsiebs der Anlage A

Die Frachtenverteilung der Kunststofffolien besagt, welche Mengen der gesamten Folien in welche Fraktion gelangen. Abb. 5 stellt diese für das Sternsieb der Anlage A dar. Der größte Anteil der Kunststofffolien wurde in der Fraktion >60 mm gefunden.

Da sich in der Fraktion <60 mm immer noch ein relevanter Massenanteil an Kunststofffolien befand, wurde der Einfluss einer weiteren Siebung der Fraktion <60 mm im Labor mittels Absieben bei 25 mm untersucht. Damit gelangten noch ca. 8% der gesamten Kunststofffolien in den Siebüberlauf (25–60 mm) (Abb. 6). Dies bedeutet, dass durch eine zweistufige Siebung insgesamt ca. 97% der Folien abgetrennt werden könnten.

Von den Organikanteilen gelangten nach der Siebung ca. 20% in den Siebüberlauf (Abb. 6). Um diesen Anteil nicht zu verlieren und dennoch die Kunststofffolien abzutrennen, könnte diese Fraktion mit einem Windsichter weiter aufbereitet werden.

Bei der Beprobung im März wurde der Siebüberlauf >60 mm erneut in den Aufgabebunker gegeben und nochmals über den Sackaufreißer und das Sternsieb geführt, um eine Aufkonzentrierung der Kunststofffolien im Siebüberlauf >60 mm (2) (vgl. Tab. 5) und höhere Organik-Anteile im Siebdurchgang <60 mm (1+2) anzustreben (vgl. Tab. 5). Die Ergebnisse der Frachtenverteilung für Organik und Kunststoff 2D bestätigen die Erwartungen. Die Ergebnisse der Biogasuntersuchungen bestätigen ebenfalls einen höheren Biogasertrag des Siebdurchgangs nach der erneuten, zweiten Siebung. So liegen die Transferaten des Biogasertrages der ersten Siebung bei 81% der Fraktion <60 mm und bei 86% bei der erneuten, zweiten Siebung.

3.4 Vergleich von Sternsieb (Anlage A) und Trommelsieb (Anlage B)

Abb. 7 veranschaulicht die Frachtenverteilungen der Kunststofffolien, der gesamten Fremdstoffe und der Organik über beide Siebe der beiden An-

Tab. 5 Frachtenverteilung einzelner Fraktionen der ersten Siebung (1) und der erneuten, zweiten Siebung (1 + 2) (März 2018)

Siebung	1		1 + 2	
	>60 mm	<60 mm	>60 mm	<60 mm
Organik (%)	21	79	14	86
Kunststoff 2D (%)	94	6	90	10

lagen. Es ist ersichtlich, dass beide Siebe über 70% der Kunststofffolien in den Siebüberlauf abtrennen. Die Trennleistung der beiden Siebe unterscheidet sich jedoch hinsichtlich der Organik. So gelangt beim Trommelsieb ein deutlich höherer Anteil an Organik in den Siebüberlauf. Allerdings kann diese Beobachtung auch auf den feh-

lenden Sackaufreißer zurückzuführen sein. Somit konnte die Organik nicht aufgelockert und von Kunststofffolien-Umwicklungen befreit werden.

Abb. 7 stellt weiterhin die Verteilung der gesamten Fremdstoffe dar. Große Trennunterschiede sind zwischen den Sieben nicht ersichtlich, jedoch ist die Standardabweichung des Stern-

siebs (60 mm) mit $\pm 15\%$ groß. Dies deutet darauf hin, dass die Verteilung der gesamten Fremdstoffe stark von deren Art und Aufkommen beeinflusst wird.

3.5 Trennleistung des Windsichters (Anlage B)

In Abb. 8 sind die Transferraten für Kunststofffolien und Organik in die Feinfraktion für die jeweiligen Abfallarten und Korngrößen gegenübergestellt.

Bei beiden Bioabfallarten war die Trennleistung für Kunststofffolien in der Fraktion 30–80 mm höher als bei den Fraktionen 80–200 mm. Erwartet wurde eine bessere Trennung in der größeren Fraktion, da hier die Konzentration an Kunststofffolien höher war und sie dadurch eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten, abgetrennt zu werden. Allerdings wurden ungeöffnete Kunststoffsäcke oder -beutel, die mit Organik gefüllt waren oder an denen Organik haftete, vom Windsichter in die grobe Fraktion verfrachtet, was die gegensätzlichen Ergebnisse erklärt.

Beim getrockneten Bioabfall (TM) wurde durch die Verminderung der Haftungskräfte eine bessere Trennbarkeit erwartet. Allerdings konnte kein großer Unterschied zwischen dem frischen Bioabfall (FM) und getrockneten (TM) Bioabfall hinsichtlich der Abtrennung der Kunststofffolien bei der Korngröße 30–80 mm festgestellt werden. In beiden Fällen wurden ca. 80% der Folien in die feine Fraktion abgetrennt. In der Fraktion 80–200 mm wurden bei frischem Bioabfall (FM) etwas mehr Kunststofffolien abgetrennt.

Betrachtet man die Verteilung der Organik in Abb. 8, so ist ersichtlich, dass bei allen Versuchen Organik in die feine Fraktion verfrachtet wurde. Dies ist auf den hohen Anteil an Laub, Zweigen und Gräsern zurückzuführen, die durch ihr geringes Eigengewicht bei relativ großer Oberfläche in die feine Fraktion geblasen wurden. Zusätzlich wurde kleine, runde und schwere Organik (Kartoffeln, Zwiebeln etc.) in dieser Fraktion gefunden.

Ein geringer Unterschied in der Trennung zwischen den Fraktionen 80–200 mm und 30–80 mm ist zu erkennen. Die Windsichtung der Fraktion 80–200 mm führt zu weniger als 10% Organik-Verlust, hingegen gehen bei der Fraktion 30–80 mm zwischen 20 und 30% verloren.

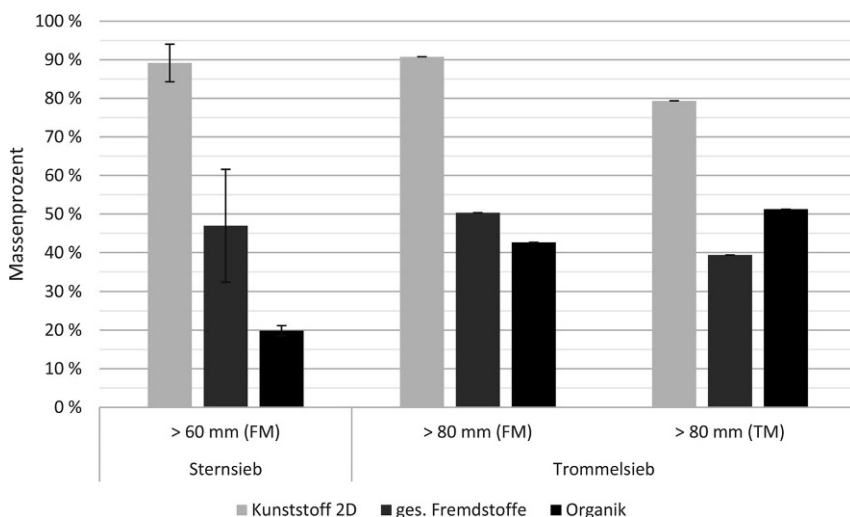


Abb. 7 Vergleich der Frachtenverteilungen der verschiedenen Stoffe über das Stern- und Trommelsieb

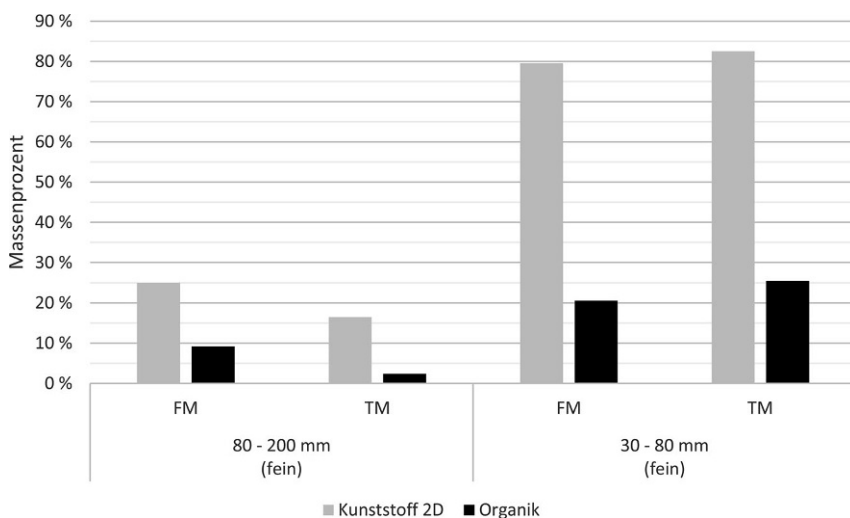


Abb. 8 Vergleich der Frachtenverteilungen aller Windsichter-Versuche von Kunststofffolien und Organik in die feine Fraktion

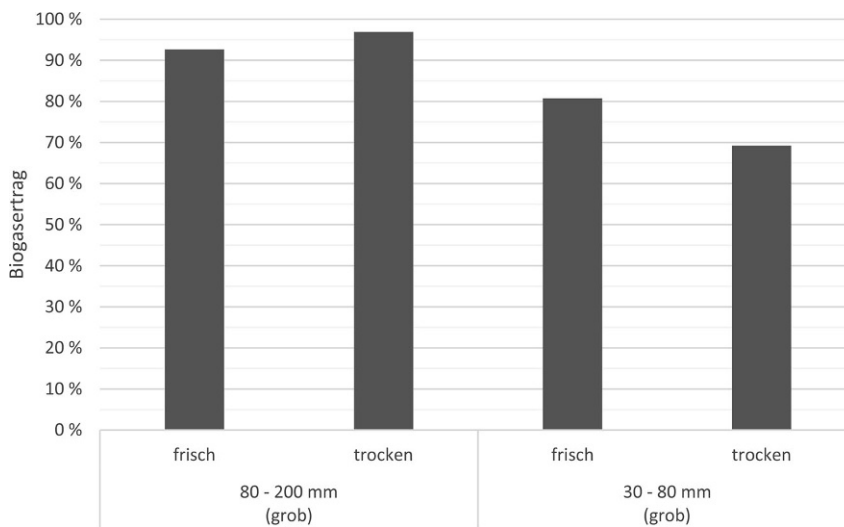


Abb. 9 Vergleich der Transferraten der Biogaserträge aller Windsichter-Versuche in die grobe Fraktion

Vergleicht man die Transferraten der Biogaserträge, so ist ersichtlich, dass über 90 % des Biogases in der Organikfraktion bei der Siebung der Fraktion 80–200 mm verbleiben (s. Abb. 9). Bei der Fraktion 30–80 mm liegt dieser Anteil mit 65 % und 85 % etwas geringer. Diese Ergebnisse entsprechen den Organik-Verteilungen in Abb. 8.

4 Zusammenfassung und Ausblick

In großtechnischen Untersuchungen und Versuchen wurden verschiedene Verfahrensschritte zur Abtrennung von Störstoffen, insbesondere Kunststofffolien, untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass es bei der gängigen Aufbereitung mit einem Sackaufreißer und Sternsieb im Praxisbetrieb noch Optimierungspotenzial gibt. So waren nicht alle Plastiktüten geöffnet und führten

daher zu einer Verfrachtung von Organik in den Siebüberlauf, die häufig als Störstofffraktion ausgeschleust wird. Durch eine erneute Aufgabe auf den Sackaufreißer und das Sternsieb konnte eine Siebüberlaufraction mit deutlich niedrigeren Organikgehalten gewonnen werden. In den Versuchen mit dem Windsichter konnten ebenfalls Ansätze für einen Einsatz zur Abtrennung von Kunststofffolien erkannt werden. Hier ist jedoch eine darauf abgestimmte effiziente Vorabsiebung erforderlich. Ebenso besteht erhebliches Optimierungspotenzial für die Art und Einstellung der Windsichters.

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 (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. ■

Literatur

Ariunbaatar, J., Panico, A., Esposito, G., Pirozzi, F., Lens, P.N.L. (2014): Pretreatment methods to enhance anaerobic digestion of organic solid waste. *Applied Energy* 123, 143–156.

Bernstad, A., Malmquist, L., Truedsson, C., Jansen, J.I.C. (2013): Need for improvements in physical pretreatment of source-separated household food waste. *Waste Management* 33, 746–754.

Boettcher, R.A. (1969): Air Classification of Reclamation Processing of Solid Wastes, ASME Winter Annual Meeting, Los Angeles.

Boettcher, R.A. (1972): Air Classification of Solid Wastes, Washington D.C: Environmental Protection Agency, Office of Water and Waste Management, Office of Solid Waste.

Colon, F. (1976): Recycling of paper. *Conservation & Recycling* 1, 129–136.

DüMV (2012): Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung – DüMV). *Düngemittelverordnung* vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305) geändert worden ist.

Ferroux, J., Lopes, A.C.P., Gerke, F., Müller, W., Bockreis, A. (2018): Kunststoffbestimmung in Bioabfall, Österreichische Abfallwirtschaftstagung 2018 TrenntWende, Salzburg.

Gikas, P., Zhu, B., Batistatos, N.I., Zhang, R. (2018): Evaluation of the rotary drum reactor

process as pretreatment technology of municipal solid waste for thermophilic anaerobic digestion and biogas production. *Journal of Environmental Management* 216, 96–104.

Hansen, T.L., Jansen, J.I.C., Davidsson, A., Christensen, T.H. (2007): Effects of pre-treatment technologies on quantity and quality of source-sorted municipal organic waste for biogas recovery, pp. 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.02.014>

Huber, C., Kroisleitner, H., Stampfer, K. (2017): Performance of a Mobile Star Screen to Improve Woodchip Quality of Forest Residues. *Forests* 8, 14.

Jank, A. (2017): Co-Vergärung von Bioabfall unter dem Aspekt der Störstoffthematik. Dissertation Universität Innsbruck.

Kehres, B. (2018): Problem Fremdstoffe / Kunststoffe in Bioabfall und Kompost, 30. Kasseler Abfall- und Ressourcenforum mit begleitender Kongressmesse Bioabfall- und stoffspezifische Verwertung, Kassel.

Kern, M., Siepenkothen, H.-J., Neumann, F. (2018): Sortenreinheit von Bioabfällen Datenerhebung am Beispiel zweier öffentlich-rechtlicher Entsorgungsträger in Baden-Württemberg, in: Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) (Ed.), Karlsruhe, p. 26.

KompostV (2001): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforde-

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

Marini, I. (2007): Stoffliche Verwertung der Faserfraktion aus dem Altrefreinrecycling, Technische Universität Wien.

Pognani, M., Barrera, R., Font, X., Sánchez, A. (2012): A complete mass balance of a complex combined anaerobic/aerobic municipal source-separated waste treatment plant. *Waste Management* 32, 799–805.

Savage, G.M., Diaz, L.F., Trezek, G.J. (1980): Performance characterisation of air classifiers in resource recovery processing, National Waste Processing Conference, New York.

VDI 4630 (2006): Vergärung organischer Stoffe – Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche. Beuth Verlag, Berlin.

Zhu, B., Gikas, P., Zhang, R., Lord, J., Jenkins, B., Li, X. (2009): Characteristics and biogas production potential of municipal solid wastes pretreated with a rotary drum reactor. *Bioresource Technology* 100, 1122–1129.

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