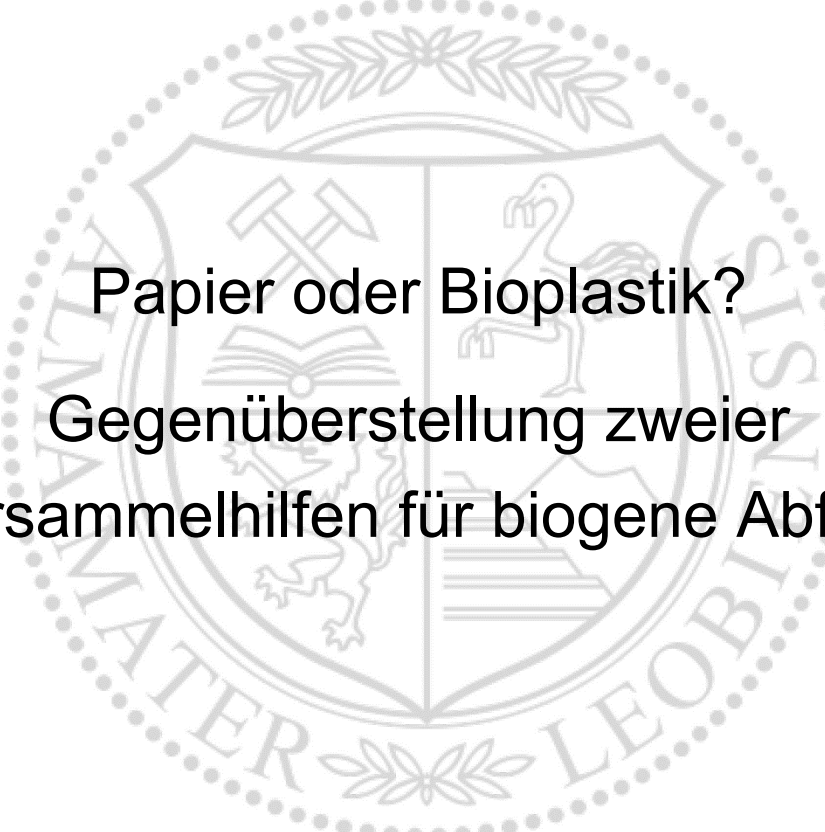




Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

Bachelorarbeit



Papier oder Bioplastik?
Gegenüberstellung zweier
Vorsammelhilfen für biogene Abfälle

Paul Peter Josef Demschar

Jänner 2022



EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt, und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Ich erkläre, dass ich die Richtlinien des Senats der Montanuniversität Leoben zu "Gute wissenschaftliche Praxis" gelesen, verstanden und befolgt habe.

Weiters erkläre ich, dass die elektronische und gedruckte Version der eingereichten wissenschaftlichen Abschlussarbeit formal und inhaltlich identisch sind.

Leoben, am 27. Jänner 2022

Paul Peter Josef Demschar
11770874

DANKSAGUNG

Es gilt allen Personen, die an der Entstehung dieser Arbeit mitgewirkt haben, ein herzliches Dankeschön auszusprechen. Die Herrn Andreas Zöscher und Richard Lanzinger vom Abfallwirtschaftsverband *Mürzverband* haben mir von Beginn der Arbeit an ihre Unterstützung zugesagt und sämtliche für die Durchführung der beiden Versuche notwendigen Vorsammelbehälter und Vorsammelhilfen kostenlos zur Verfügung gestellt. Auch an der Suche nach passenden Teilnehmern für die häusliche Projektstudie war Herr Geschäftsführer Andreas Zöscher aktiv beteiligt.

Die Durchführung einer Feldstudie in verschiedenen Haushalten steht und fällt natürlich mit jenen Menschen, die sich bereit erklären, daran teilzunehmen. Ich möchte mich bei allen 17 teilnehmenden Haushalten im Raum Kapfenberg bedanken, die sich einen Monat lang in den Dienst der Wissenschaft gestellt haben, die Sammlung von Bioabfällen in ihren Haushalten umgestellt und ihre Beobachtungen gewissenhaft dokumentiert haben. Es war mir eine große Freude, im Zuge des Austeilens der Sammelsysteme alle Haushalte besucht und so mit jedem ein paar Worte gewechselt zu haben.

Ein herzliches „Vergelts Gott“ geht an die Herrn Werner Zeiringer und Erich Vallant von der *Brau Union* am Standort Leoben Göss. Sie haben mir die Biertreber zur Verfügung gestellt, die für die Durchführung des Verdunstungsversuches notwendig waren.

Zu guter Letzt gilt es natürlich auch meinen Betreuern Danke zu sagen, die die Entstehung dieser Arbeit auf wissenschaftlicher Ebene betreut haben. Herr Dr. Martin Wellacher war als Co-Betreuer immer erreichbar und lieferte sehr wertvolle Inputs.

Einer der Hauptverantwortlichen für das Gelingen dieser Arbeit war aber mein Betreuer Herr DI (FH) Josef Adam, MEng. Er hat sämtliche seiner privaten und beruflichen Kontakte in den Dienst der Sache gestellt und so neben dem Erstkontakt zum *Mürzverband*, auch den Kontakt zur *Brau Union* hergestellt und einen Großteil der Versuchsteilnehmer von der Teilnahme an der häuslichen Projektstudie überzeugt. Vielen Dank für deinen Einsatz.

Kurzfassung

Papier oder Bioplastik?

Gegenüberstellung zweier Vorsammelhilfen für biogene Abfälle

Vorsammelhilfen für die häusliche Sammlung von biogenen Abfällen bieten neben allen abfallwirtschaftlichen und rechtlichen Betrachtungspunkten vor allem Eines: erheblichen gesellschaftlichen Diskurs. In den letzten Jahren haben sich mit der Einführung von Biomüllsäcken sowohl aus Papier als auch aus biologisch abbaubaren Kunststoffen durch verschiedenste Abfallwirtschaftsverbände in ganz Österreich zwei Lager gebildet. Während das eine auf Papiersäcke schwört, weil diese rückstandslos kompostierbar seien, meint das andere wiederum, mit den kompostierbaren Kunststoffsäcken die ideale Lösung für die häusliche Sammelaufgabe gefunden zu haben.

Diese Arbeit teilt sich in zwei markante Punkte auf und soll Antwort geben, welche Vorsammelhilfe sich für die Sammlung biogener Abfälle in Privathaushalten besser eignet. Im ersten Teil wird ein Versuch in verschiedenen Haushalten durchgeführt, bei dem im Vordergrund steht, Erkenntnisse über die Sicht von Konsumenten auf die zwei Arten von Biomüllsäcken zu gewinnen. Solche wären z.B. der Bedarf an Säcken, die Verwendungsdauer sowie allgemeine Fragen zu Handling und Praktikabilität. Ziel ist es, diese Parameter in Anhängigkeit der Familiengröße zu stellen und so zu evaluieren, ob es eine Vorsammelhilfe für alle Fälle gibt oder ob bereits an dieser Stelle eine Differenzierung angebracht wäre.

Der zweite im Zuge dieser Arbeit durchgeführte praktische Versuch beschäftigt sich mit Aspekten, welche die Kommune und den Abfallsammler näher betreffen. In einem Laboraufbau wird die Verdunstungsleistung von einem Papiersack mit jener eines kompostierbaren Kunststoffbeutel verglichen und der dadurch herbeigeführte Gewichtsverlust bestimmt.

Zusätzlich wurde eine Marktrecherche durchgeführt um zu ermitteln, welche Vorsammelsysteme im stationären Lebensmittel- und Drogeriehandel erhältlich sind und wie die Preisstruktur von Vorsammelhilfen für biogene Abfälle in ebendiesen Geschäften aussieht.

Da der Verdunstungsversuch und die häusliche Projektstudie mit den jeweils gleichen Säcken durchgeführt werden, ist am Ende auch eine sinnvolle Verknüpfung der Ergebnisse möglich.

Abstract

Paper or Plastics?

Comparison of two pre-collection systems for biogenic waste

Pre-collection aids for the domestic collection of biogenic wastes ensure not only waste management and legal considerations, but also enormous social discussions. In recent years, many waste management associations introduced both sorts of organic garbage bags. Some made of paper as well as some made of biodegradable plastics. While many waste management organizations swearing by paper backs because they are completely compostable, others saying, they have found the ideal solution for domestic collection with compostable plastic bags.

This paper is divided into two striking points and intends to provide an answer which pre-collection aid is best suited for the collection of biogenic waste in private households.

In the first part, an experiment is carried out in different households, in which the focus is on gaining insights into the view of consumers. These would be for example the need for bags, the duration of usage as well as general questions on handling and practicability. The aim is to make these parameters dependent on the size of the family and to evaluate whether there is a pre-collection aid for all cases or a differentiation would already be appropriate at this point.

The second experiment deals with aspects that affects the municipality and the waste collectors. In a laboratory setup, the evaporation performance of a paper bag is compared to that of a compostable plastic bag and the resulting weight loss is measured.

In addition, a market research was carried out to determine which pre-collection systems are available in stationary food and drug stores. The price structure of collection aids for biogenic waste in those shops was also examined.

The tests were carried out with the same bags, so a meaningful combination of the results is possible at the end.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG	3
1.1 Problemstellung	3
1.2 Zielsetzung	4
2 GRUNDLAGEN	5
2.1 Einstufung der Bio-Kunststoffe	5
2.2 Rechtlicher und normativer Rahmen.....	6
2.2.1 Zertifizierungsschema.....	6
2.2.2 Rechtlicher Aspekt.....	7
3 MARKTRECHERCHE.....	9
3.1 Beobachtungen.....	10
3.2 Schlussfolgerungen	11
4 VERWENDETE PRODUKTE ZUR VORSAMMLUNG.....	14
4.1 Vorsammelhilfen	14
4.1.1 Papiersack.....	14
4.1.2 Kunststoffsack	14
4.2 Vorsammelbehälter.....	15
4.2.1 Geschlossener Vorsammelbehälter	15
4.2.2 Vorsammelbehälter mit Luftlöchern.....	15
5 HÄUSLICHE PROJEKTSTUDIE	17
5.1 Konzeption	17
5.2 Zielsetzung	18
5.3 Ergebnisdarstellung	18
5.3.1 Verbrauch und Nutzungsdauer	18
5.3.2 Handling und Wechsel.....	20
5.3.3 Reißfestigkeit und Dichtheit	22
6 VERDUNSTUNGSVERSUCHE	24
6.1 Versuchsablauf	24
6.2 Versuchsdurchführung.....	28
6.3 Ergebnisse und Diskussion.....	29
6.3.1 Gewichtsverlust	29
6.3.2 Beobachtungen nach 44 Stunden	31

6.3.3	Beobachtungen nach 72 Stunden	32
7	ZUSAMMENFASSENDER DISKUSSION.....	34
8	VERZEICHNISSE	37
8.1	Literatur.....	37
8.2	Abkürzungsverzeichnis	38
8.3	Tabellen	38
8.4	Abbildungen	38
ANHANG.....	I

1 Einleitung

Die Beurteilung technischer Problemstellungen stellt nur in den seltensten Fällen auch einen rein technischen Vorgang dar. Bei vielen solcher Aufklärungen bewegt man sich als Techniker in einem engen Spannungsfeld zwischen Gesellschaft, rechtlichen Rahmenbedingungen, Ökonomie und eben auch der Technik. Besonders ausgeprägt sind solche Interdependenzen in der Abfallwirtschaft, produziert doch jeder Mensch Abfall und bedarf es deshalb eines effizienten und effektiven Umganges damit. In Österreich ist man als Bürger an die Andienungspflicht seitens der Wohnsitzgemeinde gebunden, welche die kommunale Abfallwirtschaft selbst oder in Zusammenarbeit mit einem Abfallwirtschaftsunternehmen organisiert (Berl & Forster 2016:51).

Bei der Abfallsammlung in Haushalten gibt es neben Restmüll, Papiermüll und verschiedenen Leichtfraktionen eine Abfallart, die sich in der Sammlung, aber vor allem in der Behandlung von den erwähnten doch deutlich unterscheidet. Biogene Abfälle aus kommunaler Sammlung enthalten neben Gartenabfällen hauptsächlich Speisereste und Küchenabfälle. In der österreichischen Abfallgesetzgebung ist eine getrennte Sammlung biogener Abfälle ausjudiziert und sowohl allgemein als auch für häusliche Abfälle im Speziellen geregelt (BGBl. 68/1992 idgf.).

Können Gartenabfälle nach dem Anfall meist direkt in die Biomülltonne entsorgt werden, ist es aus logistischen und praktischen Gründen sinnvoll, Speisereste und Küchenabfälle mittels Abfallsack direkt am Ort der Entstehung aufzufangen. Da dies meist in Küchen bzw. in Wohnräumen geschieht, werden an diese auch als Vorsammelhilfen bezeichneten Abfallsäcke spezielle Anforderungen gestellt. Gegenüber dem Konsumenten gilt es Erwartungen bezüglich Handling, Geruchsbelästigung, Reißfestigkeit und auch Kosten zu erfüllen (Zafiu et al. 2019:4).

Es ist belegt, dass sich die Art der verwendeten Vorsammelhilfe auch auf die Eigenschaften des produzierten Kompostes auswirkt. So werden die Sammelsäcke in der Regel gemeinsam mit den Abfällen in die Biomülltonne entsorgt und dadurch teilweise nicht abbaubare Fraktionen in den Biomüll eingebracht (Zafiu et al. 2019).

In dieser Arbeit werden sowohl für den Konsumenten, der die Vorsammelhilfe in der eigenen Küche nutzt, als auch für den Abfallsammler, der die Biomülltonne entleert und zur Kompostanlage bringt, relevante Aspekte aufgezeigt. Ein Vergleich von Vorsammelhilfen aus Papier mit solchen aus kompostierbarem Kunststoff wird angestellt.

1.1 Problemstellung

Über den Umgang mit Rückständen von biologischen Vorsammelhilfen für biogene Abfälle im Kompostierungsprozess sind bereits etliche wissenschaftlichen Arbeiten verfasst worden. Ein Beispiel hierzu wäre die Studie *Kompostierbarkeit von biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen*, die von der Universität für Bodenkultur Wien im Auftrag der niederösterreichischen und oberösterreichischen Landesregierungen sowie der Stadt Wien im Dezember 2019 erstellt wurde.

Direkte Untersuchungen bei Endverbrauchern wurden hingegen kaum durchgeführt, weshalb im Zuge dieser Arbeit eine häusliche Projektstudie Ergebnisse liefern soll. Die Erhebung des Bedarfes an Vorsammelhilfen in Abhängigkeit der Art ebendieser und der Haushaltsgröße ist ein Hauptziel vorliegender Arbeit. Werte dazu können ausschlaggebende Parameter für die Implementierung eines Vorsammelsystems sein. Des Weiteren stellt auch die Messung der Verdunstungsleistung einen Versuch dar, der wichtige Ergebnisse für die Bewertung der Vorsammelhilfen liefern soll. Hersteller von Vorsammelhilfen geben oftmals an, dass ihre Produkte die Verdunstung positiv beeinflussen. Dabei wird aber verschwiegen, wie dies ermittelt und welcher Parameter dazu erhoben wird. Aussagekraft diesbezüglich hat der Gewichtsverlust infolge Verdunstung, welcher im Rahmen dieser Arbeit für Papiersäcke, kompostierbare Kunststoffsäcke und Referenzproben gemessen und anschließend vergleichend gegenübergestellt werden soll. Da alles an Gewicht, das durch Verdunstung verloren geht, direkte Einsparungen bei Sammlung und Kompostierung bedeutet, stellen die Ergebnisse aus diesem Experiment vor allem für Abfallsammler, Abfallwirtschaftsverbände und Gemeinden wertvolles Wissen dar.

1.2 Zielsetzung

Wie bereits erläutert und in Abbildung 1 visualisiert, werden im Rahmen der Arbeit zwei Versuche durchgeführt. Eine häusliche Projektstudie zur Erhebung subjektiver Sichtweisen und daraus ein Vergleich von Vorsammelhilfen aus Papier und kompostierbarem Kunststoff aus Sicht der Konsumenten. Den zweiten Versuch stellt ein Verdunstungsversuch dar. Dieser liefert objektive Werte darüber, bei welcher Vorsammelhilfe der größte Gewichtsverlust in Folge von Verdunstung auftritt. In letzter Konsequenz soll anhand der Verknüpfung der Ergebnisse der beiden Versuche die Aussage getroffen werden, welche Vorsammelhilfe sich für die Sammlung von biogenen Abfällen besser eignet.



Abbildung 1: Schematische Darstellung der durchgeführten Versuche

2 Grundlagen

In Österreich wurden im Jahr 2016 1,013 Millionen Tonnen biogene Abfälle getrennt gesammelt. Gemäß dem österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) und der Verordnung über die getrennte Sammlung biogener Abfälle (BGBL. 68/1992 idgf.) sind diese als *biogene Abfälle, die einen hohen organischen, biologisch abbaubaren Anteil aufweisen und daher für Kompostierung und Vergärung besonders geeignet sind* definiert. Diese Menge entspricht rund einem Viertel des jährlichen, häuslichen Abfallaufkommens und wird ausschließlich über die Biomülltonne gesammelt (BMNT 2018). Davon werden 75 % mittels einer aeroben Behandlung in Kompostanlagen zu hochwertigem Kompost umgewandelt und die restlichen 25 % in anaerober Prozessführung in Biogas und einen organischen Rest vergärt (Lampert et al. 2014).

Rückstände aus Kunststoff stellen sowohl im Kompost als auch in den Gärresten, die direkt nach der Kompostierung als Sekundärrohstoffdünger in der Landwirtschaft eingesetzt werden, ein großes Problem dar. Mit dem Einsatz von Vorsammelhilfen aus Papier wird dies vermieden. Bei Müllsäcken aus Kunststoffen kann die Entstehung solcher Rückstände, selbst wenn die Abfallbeutel laut ÖNORM EN 13432 als *kompostierbar* bzw. *biologisch abbaubar* gelten, aus den im folgenden Kapitel genannten Gründen nicht ausgeschlossen werden (Kranert 2018).

2.1 Einstufung der Bio-Kunststoffe

Sämtliche Produkte, die in der Bezeichnung die Vorsilbe *Bio* tragen, scheinen gut für die Umwelt und 100 % aus nachhaltigen Rohstoffen hergestellt zu sein. Dies ist aber keineswegs der Fall, sondern vielmehr eine Modeerscheinung der heutigen Zeit, in der Nachhaltigkeit in Politik und Gesellschaft einen hohen Stellenwert einnimmt. Im Bereich der landläufig als Bio-Kunststoffe bekannten Polymere weist der Präfix weder auf die Materialherkunft noch die Abbaubarkeit eindeutig hin (ÖWAV Expertenpapier 2021:5).

Prinzipiell werden, wie in Tabelle 1 ersichtlich, vier Arten von Kunststoffen unterschieden. Dabei können, neben den konventionellen Kunststoffen, drei verschiedene Bio-Kunststoffe definiert werden. Für die Herstellung von Polymeren braucht es Rohstoffe und Energie. Während konventionelle Kunststoffe auf Basis von Erdöl hergestellt werden, benötigt man für biobasierte Kunststoffe Mais-, Kartoffel- oder Zuckerrohrstärke. Eine vermehrte Herstellung solcher Polymere steht also in direkter Konkurrenz zur Nahrungsmittelindustrie. Des Weiteren sind für den Anbau dieser biologischen Rohstoffe eine intensive Landwirtschaft und ein beträchtlicher Wasserbedarf notwendig. Auch die Herstellung der Polymere und der Endprodukte aus den biologischen Rohstoffen ist mit erheblichem Energieaufwand verbunden. Was die Gewinnung und die Herstellung von Kunststoffen angeht, so ist bei Bio-Polymeren kein eindeutiger Umweltvorteil gegenüber konventionellen Kunststoffen feststellbar (ÖWAV Expertenpapier 2021:1).

Tabelle 1: Begriffsabgrenzung von Kunststoffprodukten (Kreindl & Binner 2019:3)

Rohstoffbasis	Biobasiert	Erdölbasiert
Rohstoffeigenschaft	NACHWACHSEND	FOSSIL
Biologisch abbaubar	Bio-Kunststoff Typ 1	Bio-Kunststoff Typ 2
Biologisch nicht abbaubar	Bio-Kunststoff Typ 3	Konventioneller Kunststoff

In der Vorsammlung biogener Abfälle ist es, sofern die Vorsammelhilfe gemeinsam mit dem Abfall in die Biomülltonne entsorgt wird, notwendig, auf Bio-Kunststoff Typ 1 oder Typ 2 zurückzugreifen. Diese sind entsprechend zertifiziert (darauf wird im Anschluss noch näher eingegangen). Bio-Kunststoff Typ 3 sowie konventioneller Kunststoff spielen hierbei keinerlei Rolle, weshalb von einer genaueren Betrachtung abgesehen wird. Festzuhalten ist, dass auch in den Bio-Kunststoffen Typ 1 und Typ 2 erhebliche Erdölanteile enthalten sein können oder, wie beim Typ 2 der Fall, das gesamte Produkt erdölbasiert sein kann. Trotzdem erfüllen diese Produkte die Anforderung für die Zertifizierung *kompostierbar* und dürfen in den Bioabfall und somit in weiterer Folge auch in den Kompostierungsprozess eingetragen werden. Dies wohl im Wissen, dass ein gewisser Teil dieser Vorsammelhilfen nicht biologisch abgebaut werden kann (ÖWAV Expertenpapier 2021:1).

2.2 Rechtlicher und normativer Rahmen

Werden in dieser Arbeit die Begriffe *kompostierbar* oder *abbaubar* verwendet, so bezieht sich dies auf die Erfüllung der Kriterien gemäß ÖNORM EN 13432, welche einen vierstufigen Prozess (vgl. Abbildung 2) zur Erlangung des Zertifikates vorgibt (Kreindl & Binner 2019:3).

Eine solche Zertifizierung ist nicht auf biobasierte, biologisch abbaubare Bio-Kunststoffe beschränkt. Auch erdölbasierte Bio-Kunststoffe sowie Produkte aus Papier erhalten bei Erfüllung der Kriterien eine solche Zertifizierung (ÖWAV Expertenpapier 2021:8).

2.2.1 Zertifizierungsschema

Zur Zertifizierung muss ein vierstufiger, hierarchischer Prozess kaskadisch durchlaufen werden. Die nächste Stufe ist demnach erst erreichbar, wenn die vorhergehende erfolgreich bestanden wurde. Das Schema ist in Abbildung 2 zur Erlangung des Zertifikates *biologisch abbaubar* angeführt.

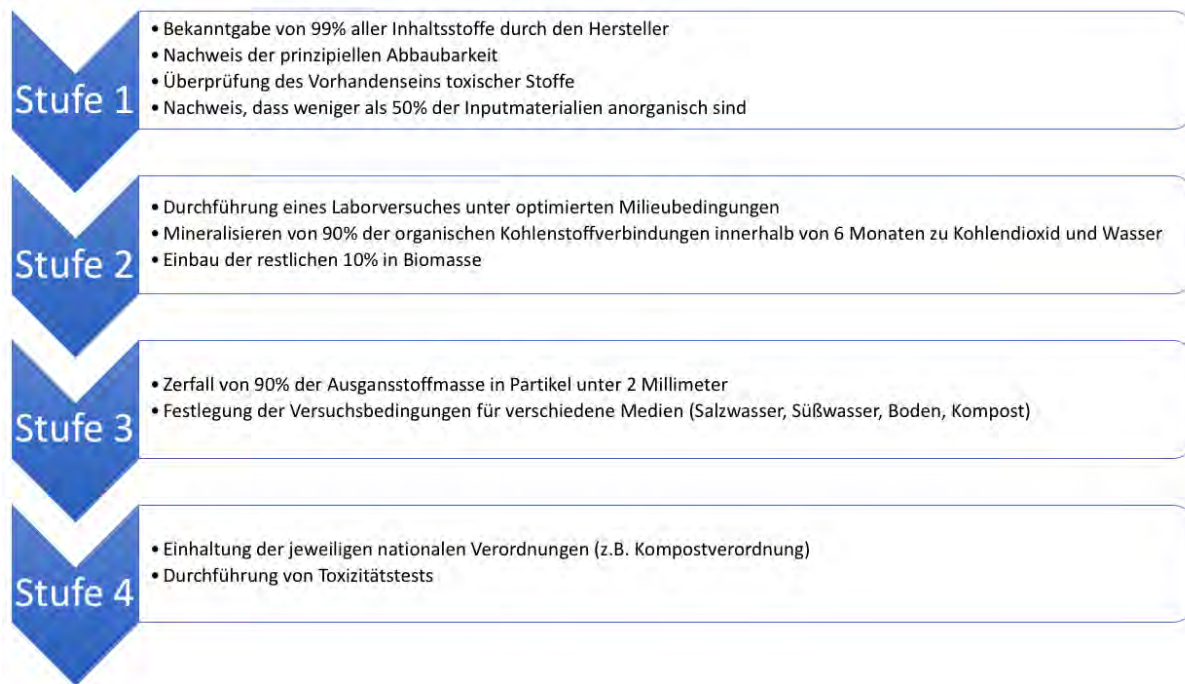


Abbildung 2: Zertifizierungsschema nach ÖNORM EN 13432 (ÖWAV Expertenpapier 2021:8)

In Stufe drei wird die Desintegration, also der Zerfall in Partikel bestimmter Korngrößenspektren, betrachtet. Da hier auch das jeweilige Medium Berücksichtigung findet, ergibt sich, dass nicht jedes als *biologisch abbaubar* zertifizierte Material auch *kompostierbar* ist (ÖWAV Expertenpapier 2021:8).

Zur Erlangung ebendieses Labels müssen Versuche in Kompostieranlagen unter genau definierten Bedingungen durchgeführt werden. Dabei muss die Stufe drei unter natürlichen Rottebedingungen bei 58 Grad Celsius (°C) in drei Monaten durchlaufen werden (ÖWAV Expertenpapier 2021:8).

Ein weiteres Zertifikat ist jenes der Heimkompostierbarkeit, für das es keine ÖNORM und auch keine EN Normen gibt und die Versuchsbedingungen von der jeweiligen Zertifizierungsstelle vorgegeben werden. Geläufig ist hierbei das Label *OK Compost Home* welches der TÜV Austria vergibt. Gefordert wird eine Abbaubarkeit von 90 % bei 25 +/- 5 °C in 12 Monaten und die Desintegration sollte in 6 Monaten unter gleichen Bedingungen den selben Wert annehmen (ÖWAV Expertenpapier 2021:8).

2.2.2 Rechtlicher Aspekt

Im Jahr 2002 trat mit dem österreichischen Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) § 1 Absatz 2 die Abfallhierarchie in Kraft. Diese sagt, dass im Sinne der Kreislaufwirtschaft die in Abbildung 3 angeführte Vorgehensweise bei der Behandlung von Abfällen anzuwenden ist. Die Kompostierung ist darin als Verwertungsverfahren in der dritten Stufe als Recycling anzuführen.

Der Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) hat in einem 2021 erstellten Expertenpapier die Stellung von Vorsammelhilfen für biogene Abfälle in eben dieser Hierarchie erarbeitet. Dabei kam man zu folgendem Schluss: *Ziel der Kompostierung ist vorrangig die Herstellung eines hochwertigen Komposts. Da biologisch abbaubare Kunststoffe nicht am Aufbau der Biomasse und der Huminsäuren beteiligt sind, sondern fast vollständig zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut werden, leisten sie weder im Kompostierungsprozess einen Beitrag noch tragen sie zu einer Verbesserung der Kompostqualität bei. Dies entspricht einer Beseitigung und ist der untersten Stufe der Abfallhierarchie zuzuordnen* (ÖWAV Expertenpapier 2021:5).

Da sich Papier im Kompostierungsprozess am Aufbau der Biomasse beteiligt, ist der Einsatz von Vorsammelhilfen aus unbeschichtetem Papier klar als Recycling einzustufen. Bei Beuteln aus Bio-Kunststoffen ist dies, unabhängig von Rohstoffbasis und Abbaubarkeit, nicht der Fall. Der Einsatz solcher Vorsammelhilfen stellt demnach eine eindeutige Verletzung der Abfallhierarchie dar (ÖWAV Expertenpapier 2021:5).



Abbildung 3: Abfallhierarchie nach AWG 2002

3 Marktrecherche

Um sich dem Thema Vorsammelhilfen für biogene Abfälle in Privathaushalten aus Sicht der Konsumenten zu nähern, ist erforderlich zu wissen, was der stationäre Handel diesbezüglich anbietet.

Dazu wurden im Juni 2021 in Leoben 8 Supermärkte besucht, um das Angebot an Säcken für die Sammlung von Bioabfällen zu erfassen. Ein Hauptaugenmerk lag auf kompostierbaren Kunststoff- und Papiersäcken. Um einen belastbaren Preisvergleich anstellen zu können, wurden auch Beutel aus konventionellem Kunststoff in den Vergleich miteinbezogen. Diese dürfen allerdings nicht mit dem Abfall in die Biomülltonne entsorgt werden. In Abbildung 4 sind alle erworbenen Produkte zu sehen.



Abbildung 4: Die erworbenen Produkte im Überblick

3.1 Beobachtungen

Das Angebot an biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen ist in Abbildung 5 dargestellt. Jeder der besuchten Supermärkte bietet nach ÖNORM EN 13432 zertifizierte Biomüllbeutel aus kompostierbarem Kunststoff an. In manchen Geschäften sind zusätzlich Beutel aus Papier erhältlich, die auch nach ÖNORM EN 13432 zertifiziert sind. Die Volumina reichen von 10 Liter (l) bis 120 l und die Preise von 0,12 € bis 0,30 € pro Stück. Ausführungen mit Zugband und Tragegriffen sind erhältlich, was ein problemloses Einbringen in jeden Vorsammelbehälter und eine praktische Verbringung zur Biomülltonne gewährleistet. Wie in Abbildung 5 und in Tabelle I im Anhang ersichtlich, bieten fast alle Handelsketten in Ihren Filialen mehrere Varianten von Säcken an. Ausnahmen sind die Discounter *Hofer* und *Lidl* sowie *Penny*, deren Sortiment jeweils nur ein Produkt umfasst.

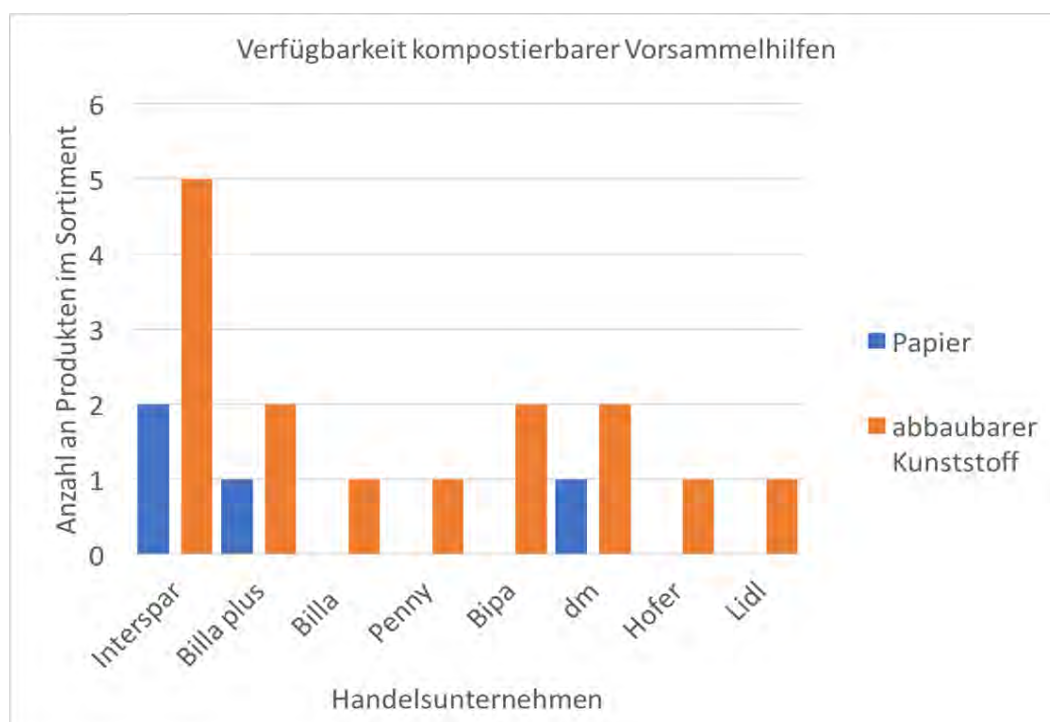


Abbildung 5: Verfügbarkeit an kompostierbaren Vorsammelhilfen im lokalen Handel

Bipa führt sowohl den *Bio-Zugbandbeutel* von *Pely* mit 10 l sowie 20 l Fassungsvermögen als auch den *Bio-Müll Folienbeutel* von *Swirl* in der 10 l, 20 l und 30 l Ausführung. Obwohl es sich bei *Bipa* um einen Drogeriemarkt handelt, wird dort kein Papierbeutel angeboten. In den Regalen von *Billa* findet man Produkte von *Swirl*, nämlich den *Bio-Müll Folienbeutel* sowohl mit 10 l als auch mit 20 l Volumen. Die Handelskette *Billa Plus*, die vormals unter dem Namen *Merkur* auftrat, bildet gemeinsam mit *Billa*, *Penny* und *Bipa* einen Großteil der Handelskette *Rewe*. Dort wird, neben den auch bei den Konzerngeschwistern im Angebot befindlichen Vorsammelhilfen von *Pely* und *Swirl*, zusätzlich ein Papiersack mit 8 l Fassungsvermögen der Marke *Alufix* angeboten.

In den Regalen des Drogeriemarktes *dm* bietet sich eine umfassendere Auswahl. Kompostierbare Kunststoffsäcke sind dort, sowohl mit Zugband als auch mit Tragegriffen, und 10 l Volumen erhältlich. Auch ein Papierbeutel der Eigenmarke *Profissimo* wird geführt.

Das reichhaltigste Angebot bietet zweifelsohne *Interspar*. Nicht weniger als sieben verschiedene Produkte sind dort erhältlich. Neben den geläufigen *Bio-Müll Folienbeuteln* von *Swirl* auch ein Papierprodukt ebendieses Herstellers und sowohl Papier- als auch abbaubare Kunststoffbeutel der Eigenmarke *Spar*. Was das Füllvolumen der Säcke angeht, gibt es bei *Interspar* für Sammelaufgaben von 10 l bis 120 l eine entsprechende Lösung.

3.2 Schlussfolgerungen

Der genauen Auswertung im Anhang ist zu entnehmen, dass es große Unterschiede in der Verfügbarkeit gibt. Während jeder der 8 besuchten Märkte bioabbaubare Kunststoffsäcke anbietet, sind solche aus Papier nur in drei Märkten verfügbar. Auch konventionelle Kunststoffsäcke sind in jedem der besuchten Geschäfte in verschiedenen Größen und Preisen erhältlich.

Es wurden in Summe 18 Produkte miteinander verglichen. Davon waren vier Produkte aus Papier, 12 aus bioabbaubarem Kunststoff und zwei Produkte aus konventionellem Kunststoff. Auffällig ist, dass keine Papiersäcke mit Tragegriffen im besuchten Handel verfügbar waren. Abbaubare Kunststoffsäcke sind hingegen sowohl mit Zugband oder Tragegriffen also auch ohne diese Produkteigenschaften erhältlich.

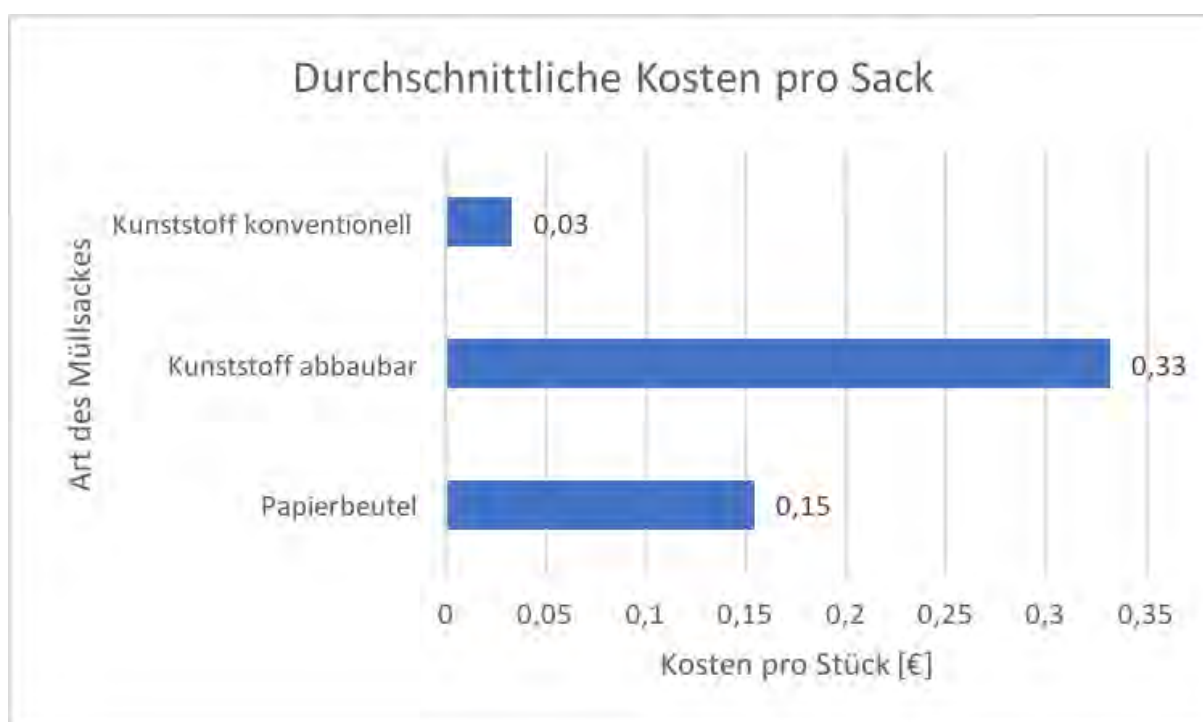


Abbildung 6: Durchschnittliche Kosten der verschiedenen Produkte

In Abbildung 6 ist der durchschnittliche Preis pro Sack, über alle Handelsketten hinweg gebildet, visualisiert. Demnach sind Müllsäcke aus konventionellem Kunststoff die Günstigsten, gefolgt von Papierbeuteln und den bioabbaubaren Kunststoffsäcken.

Für die in Abbildung 6 berechneten Werte wurden alle Produkte miteinander verglichen, was durch die unterschiedlichen Volumina zu einer gewissen Verzerrung führt. Die Aussage, dass Papiersäcke günstiger sind als jene aus kompostierbarem Kunststoff, ist aber trotzdem zulässig. Wenn wie in Tabelle 2 die Produkte gleichen bzw. vergleichbaren Volumens der verschiedenen Handelsketten direkt gegenübergestellt werden, ist in allen Geschäften ein Papiersack das günstigste Produkt.

Tabelle 2: Direkter Kostenvergleich von Säcken gleichen bzw. ähnlichen Volumens

Geschäft	Volumen [l]		Preis/Stück [€]	
	Papier	bioabbaubarer Kunststoff	Papier	bioabbaubarer Kunststoff
<i>Spar</i>	10	10	0,10	0,15
<i>dm</i>	10	10	0,12	0,16
<i>Billa Plus</i>	8	10	0,20	0,27

Weiters ist es möglich, über alle getesteten Produkte den durchschnittlichen Preis pro Liter Füllvolumen zu bilden. Dieser ist für eine vollkommene Vergleichbarkeit der Preisstruktur der zwei Arten von Vorsammelhilfen entscheidend (vgl. Abbildung 7). Auch hierbei stellt der Papiersack die günstigste Variante dar. Die genauen Werte sind Tabelle II und Tabelle III des Tabellenanhangs zu entnehmen.

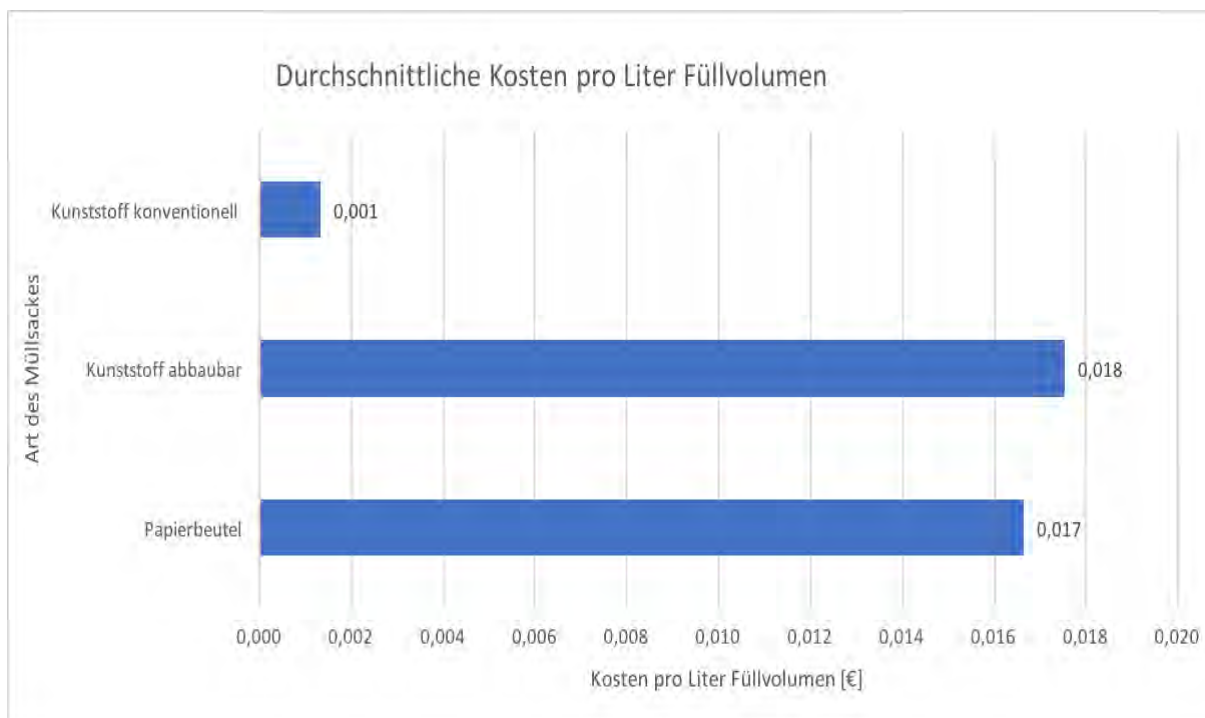


Abbildung 7: Durchschnittliche Kosten pro Liter Füllvolumen der verschiedenen Produkte

4 Verwendete Produkte zur Vorsammlung

Vorsammelhilfen aus Papier oder aus kompostierbarem Kunststoff werden üblicherweise gemeinsam mit Vorsammelbehältern verwendet. Im folgenden Kapitel befinden sich eine Auflistung und Beschreibung der im Zuge der Versuche verwendeten und getesteten Produkte zur häuslichen Vorsammlung biogener Abfälle.

4.1 Vorsammelhilfen

In vorliegender Arbeit wird ein Modell eines biologisch abbaubaren Kunststoffsackes mit einem Modell eines Papiersackes verglichen. Die häusliche Projektstudie hat das Ziel, direkte Vergleichswerte zwischen Papier und abbaubarem Kunststoff zu generieren. Deshalb wird jeweils ein bestimmtes Produkt verwendet. Auch der Verdunstungsversuch folgt diesem Grundsatz.

Beide Untersuchungen wurden in enger Abstimmung mit dem Abfallwirtschaftsverband *Mürzverband* durchgeführt, weshalb jene Produkte verwendet wurden, die der Verband in einigen von ihm betreuten Gemeinden zur Verfügung stellt.

4.1.1 Papiersack

Hier wird der *8 Lt. Bioabfallbeutel aus Kraftpapier* (vgl. Abbildung 8) verwendet, den die österreichische Firma *Naturabiomat GmbH* vertreibt. Das Produkt ist nach ÖNORM EN 13432 als *kompostierbar* zertifiziert (Naturabiomat GmbH 2021).

Der B220 x H260 x T140 Millimeter (mm) messende Sack ist selbststehend, was einen Vorsammelbehälter nicht unbedingt erforderlich macht. Außerdem verfügt der Sack über Tragegriffe. Im Onlineshop der *Naturabiomat GmbH* sind 20 Stück um 4,38 € erhältlich. Dies entspricht einem Stückpreis von 0,22 € (Naturabiomat GmbH 2021).

4.1.2 Kunststoffsack

Bei den Kunststoffsäcken wurde ebenfalls auf ein Produkt der *Naturabiomat GmbH* zurückgegriffen (vgl. Abbildung 8). Die Produktbezeichnung lautet *10 Lt. kompostierbare Bioabfallbeutel, mit Henkel*. Es handelt sich dabei um ein Produkt auf Maisstärkebasis, weshalb der Beutel biobasiert und biologisch abbaubar ist. Dies wird durch Zertifizierung gemäß ÖNORM EN 13432 bestätigt. Das Biopolymer ist zudem atmungsaktiv, was sich laut Hersteller auf eine bessere Verdunstungsleistung während der Sammlung auswirkt. Die *Naturabiomat GmbH* gibt auf dem Produkt zudem die Zertifizierung *OK Compost Home* an. Diese Vorsammelhilfe ist also auch für die Verrottung bei niedrigen Temperaturen in der Eigenkompostierung geeignet. Die Abmessungen betragen B440 x H500 mm. Die Verkaufseinheit sind Rollen mit jeweils 26 Stück. Eine Rolle kostet im Onlineshop der *Naturabiomat GmbH* 5,48 €. Daraus resultiert ein Stückpreis von 0,21 € (Naturabiomat GmbH 2021).



Abbildung 8: Die verwendeten Vorsammelhilfen aus Papier und abbaubarem Kunststoff

4.2 Vorsammelbehälter

Für die Vorsammlung von Bioabfällen in Haushalten ist es üblich, neben den Müllsäcken entsprechende Vorsammelbehälter zu verwenden bzw. solche mit Säcken zu befüllen. Diese Aufgabe können normale Haushaltseimer oder aber auch Spezialprodukte erfüllen (Zafiu et al. 2019:4).

In den Versuchen wurden zwei verschiedene Vorsammelbehälter verwendet.

4.2.1 Geschlossener Vorsammelbehälter

Geschlossene Vorsammelbehälter gibt es in unterschiedlichsten Ausführungen und von verschiedenen Herstellern. Für die Durchführung der dieser Arbeit zugrundeliegenden Versuche wurde ein Produkt des deutsch-französischen Herstellers *SULO* verwendet. Der Vorsortierbehälter *BioBoy 10 l* ist in verschiedenen Farben erhältlich. Für die Biomüllsammlung werden solche in brauner Farbe empfohlen (SULO Deutschland GmbH 2021).

Als Vorsortiergefäß entwickelt zeichnet sich der BioBoy dadurch aus, dass er in jeden Spülschrank passt. [...] Innen hat er extrem glatte Flächen und kann daher sehr gut gereinigt werden (SULO Deutschland GmbH 2021).

Mit Abmaßen von B225 x T279 x H309 ist er etwas größer als die *Biomat Airbox* und bietet sowohl dem Papiersack mit 8 l als auch der Vorsammelhilfe aus abbaubarem Kunststoff mit 10 l Fassungsvermögen genügend Platz (vgl. Abbildung 9). Der Internethändler *amazon* hatte den verwendeten *Sulo BioBoy* am 15. Juni 2021 um 13,08 € im Angebot (*amazon.de* 2021).

4.2.2 Vorsammelbehälter mit Luftlöchern

Die *Biomat Airbox* ist ein belüfteter Sammelbehälter für biogene Abfälle, welcher in Kombination mit Bioabfallbeuteln verwendet werden kann. Laut Produktbeschreibung des

Händlers *Naturbiomat GmbH* verfüge die Box über 384 Luftlöcher, durch die der gesammelte Abfall atmen könne. Wasser würde so verdunsten, der Bioabfall bleibe frisch und es komme zu keinen Geruchsbelästigungen (Naturbiomat GmbH 2021).

Dieser belüftete Eimer hat Abmaße von B260 x T198 x H256 mm und fasst laut Hersteller den 10 l Kunststoffbeutel oder Papierbeutel mit 7 l Füllvolumen (vgl. Abbildung 9). Im *Naturbiomat*-Onlineshop ist der Eimer um 9,98 € erhältlich (Naturbiomat GmbH 2021).



Abbildung 9: Die verwendeten Vorsammelbehälter in Auf- und Grundsicht

5 Häusliche Projektstudie

Für einen umfassenden und möglichst lückenlosen Vergleich der Vorsammelhilfen aus Papier und abbaubarem Kunststoff reicht es nicht aus, nur Versuche im Labor durchzuführen. Es ist dazu ein direkter Vergleich im täglichen Einsatz bei der Sammlung biogener Abfälle erforderlich. Die technisch ausgereifteste Vorsammelhilfe hat in der Praxis keine Relevanz, wenn die Akzeptanz in der Bevölkerung fehlt, diese auch zu verwenden. Aus diesem Grund stellt die im Folgenden erklärte häusliche Projektstudie einen elementaren Punkt zum Erkenntnisgewinn dar und bedurfte einer gründlichen Vorbereitung.

5.1 Konzeption

In einem vierwöchigen Versuch im Oktober und November 2021 wurde insgesamt 17 Haushalten im Raum Kapfenberg der gelochte Vorsammelbehälter *Biomat Airbox* sowie jeweils eine ausreichende Menge an 8 l fassenden Papiersäcken und an 10 l fassenden abbaubaren Kunststoffsäcken zur Verfügung gestellt. Bei diesen Produkten handelt es sich um die unter Punkt 4 beschriebenen Produkte der *Naturabiomat GmbH* (Naturabiomat GmbH 2021). Es ging darum, subjektive und möglichst unvoreingenommene Sichtweisen von Konsumenten einzufangen. Aus diesem Grund war die Versuchserklärung auf das Wesentliche beschränkt und enthielt lediglich die folgenden Anweisungen:

- Verwendung des bereitgestellten Vorsammelbehälters *Biomat AirBox* für einen Monat,
- Umstellung von Papier auf Bio-Kunststoffsäcke nach 2 Wochen,
- Sammlung der biogenen Abfälle nach den eigenen Gewohnheiten im bereitgestellten System,
- Ausfüllen und Retournieren des Fragebogens nach Ablauf der Versuchslaufzeit (vgl. Anhang).

Diese Vorgehensweise zur Versuchsdurchführung ist in Abbildung 10 visualisiert.



Abbildung 10: Zeitlicher Versuchsablauf

Eine große Herausforderung stellte außerdem die Auswahl der Probanden dar. Die Familienstruktur der Probanden sollte möglichst vielfältig sein um bestmögliche Erkenntnisse zu gewinnen. In Tabelle 3 ist die Personenstruktur der teilnehmenden Haushalte angeführt. Weiters ist festzuhalten, dass keine dieser Personen ein Naheverhältnis zu in der Abfallwirtschaft tätigen Unternehmen pflegt, so dass eine Unvoreingenommenheit aller Versuchsteilnehmer und eine flächendeckende Struktur gewährleistet war.

Tabelle 3: Personenstruktur der 17 teilnehmenden Haushalte

Anzahl der im Haushalt lebenden Personen [1]	1	2	3	4	8
Anzahl an teilnehmenden Haushalten [1]	2	7	4	3	1

5.2 Zielsetzung

Wie bereits in der Einleitung festgehalten, galt es zuerst eine Bedarfserhebung durchzuführen und festzustellen, wie viele Säcke ein Haushalt pro Woche verbraucht. Dies wurde dann in Abhängigkeit der Haushaltsgröße gesetzt. Auch die Gründe für den Wechsel eines Sackes wurden erhoben. Neben einigen weiteren Fragen zu Handling, Füllvolumen und Reißfestigkeit war die abschließende Frage, welche Vorsammelhilfe die Probanden überzeugen konnte. Der zur Auswertung herangezogene Fragebogen ist im Anhang der Arbeit ersichtlich und beinhaltet 11 Fragen. Davon sind 10 Fragen dezidiert auf den Versuch bezogene Entscheidungsfragen. Eine abschließende Ergänzungsfrage versucht, subjektive Meinungen zur allgemeinen Sammlung biogener Abfälle in den jeweiligen Haushalten einzufangen.

5.3 Ergebnisdarstellung

Im Folgenden werden die Versuche ausgewertet und die Ergebnisse dargestellt.

5.3.1 Verbrauch und Nutzungsdauer

Wesentlich zu wissen ist, wie viele Bioabfallsäcke eine Familie pro Woche benötigt. Das kann z.B. der Kostenabschätzung dienen, wenn sich ein Abfallwirtschaftsverband dazu entscheidet, einen Sammelbezirk mit solchen Vorsammelhilfen auszustatten. Dieser Parameter hängt maßgeblich von der Anzahl an Personen ab, die in einem Haushalt leben. Der Verbrauch pro Kopf an Papiersäcken unterscheidet sich nicht wirklich von jenem an abbaubaren Kunststoffsäcken. Ein Durchschnittswert über alle Teilnehmer des Versuches ergab einen Verbrauch an Papiersäcken von 0,70 Stück pro Kopf und Woche und einen Verbrauch an abbaubaren Kunststoffsäcken von 0,69 Stück pro Kopf und Woche. Hierbei ist kein großer Unterschied feststellbar. Auch die Gründe, warum die Probanden die Säcke auswechselten, wurden erhoben. Eine Auflistung der Gründe zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Motive für Austausch des Sackes

Begründung für Wechsel	Papiersack [Antworten in %]	Abbaubarer Kunststoffsack [Antworten in %]
Der Sack war voll und musste entleert werden.	53	47
Es kam zu einer unangenehmen Geruchsbelästigung. Der Sack war noch nicht voll.	29	12
Ich hatte die Befürchtung der Sack könnte bei weiterer Befüllung reißen.	12	24
Es kam zu einem Flüssigkeitsaustritt aus dem Sack.	0	17
Zeitablauf des Versuches.	6	0

Hauptmotiv für den Wechsel der Vorsammelhilfe sei demnach die Tatsache, dass die Abfallbeutel voll sind. Dies gaben bei den Papiersäcken 53 % der Befragten (9 Haushalte) und bei den abbaubaren Kunststoffen 47 % (8 Haushalte), also fast die Hälfte, an. Die Größe beider Sammelhilfen für die häusliche Sammelaufgabe stellte sich als ausreichend heraus. Im Zuge der Projektstudie wurde eine Bewertung des Füllvolumens der Säcke durch die Probanden vorgenommen. Dabei gaben 12 der 17 Probanden an, dass die Größe ausreichend sei. Drei waren der Meinung die Säcke könnten etwas kleiner ausfallen und lediglich ein zwei Personen Haushalt befand, die Säcke sollten deutlich größer sein. Bei den üblichen Wechselmotiven, wie dem Auftreten einer unangenehmen Geruchsbelästigung oder der Befürchtung, die Säcke könnten bei vollständiger Befüllung reißen, kam es zu keinen Häufungen.

Die Verbräuche pro Kopf werden durch einen Blick auf Tabelle 5 bestätigt. Während sich der Verbrauch pro Kopf an Säcken kaum verändert, ist klar ersichtlich, wie das Wechselintervall mit zunehmender Haushaltsgröße kleiner wird. Je mehr Leute in einem Haushalt leben, desto mehr biogene Abfälle fallen an und umso öfter müssen die Säcke gewechselt werden.

Zu beachten gilt es die Werte in eckiger Klammer, die im Haushalt mit 8 Personen bei den abbaubaren Kunststoffbeuteln erhoben wurden. Da diese klar als statistische Ausreißer zu identifizieren sind und am Versuch nur ein Haushalt mit 8 Bewohnern teilgenommen hat, ist eine Einzelfallbewertung notwendig. Während der Verbrauch an Papiersäcken auch bei diesem Haushalt den erhobenen Durchschnittswerten (0,70 Säcke pro Kopf und Woche

ergeben bei 8 Personen 5,60 Säcke pro Woche) entspricht, ist der Verbrauch bei den abbaubaren Kunststoffsäcken mit 2,50 Säcken pro Woche (bei 0,69 Säcken pro Kopf und Woche ergäbe das bei 8 Personen 5,52 Säcke pro Woche) sehr gering. Auf Nachfrage bei den betroffenen Probanden konnte in Erfahrung gebracht werden, dass dieser geringe Verbrauch keineswegs durch einen Fehler beim Ausfüllen des Fragebogens zu erklären ist, sondern die tatsächlichen Erfahrungen widerspiegelt. Grund dafür sei gewesen, dass in einem derart großen Haushalt eine entsprechend große Menge Abfall anfalle. Aufgrund der Fähigkeit des abbaubaren Kunststoffsackes, sich perfekt an das Innere des Vorsammelbehälters anzupassen, sei es möglich, diesen auch bis zum maximalen Volumen des Eimers von 7 l zu befüllen. Der abbaubare Kunststoffsack verfügt über ein Füllvolumen von 10 l und ist somit größer als der Vorsammelbehälter. Diese Säcke können somit mit 7 l Bioabfall befüllt werden und das gesamte Volumen des Vorsammelbehälters nutzen. Beim Papiersack sei den Probanden zufolge die Befüllung nicht bis zum gesamten theoretischen Füllvolumen des Vorsammelbehälters möglich. Dies liege daran, dass dieser deutlich steifer sei und sich nicht so gut an das Vorsammelgefäß anschmiegen könne.

Tabelle 5: Verbrauch und Verwendungsdauer in Abhängigkeit der Haushaltsgröße

Haushaltsgröße [Personen]		1	2	3	4	8
Papiersack 8 l	durchschnittlicher Verbrauch [Stück/Woche]	0,75	1,50	1,75	2,83	5,00
	durchschnittliche Verwendungsdauer pro Sack [Tage]	10,50	4,43	4,13	3,5	1,50
abbaubarer Kunststoffbeutel 10 l	durchschnittlicher Verbrauch [Stück/Woche]	0,75	1,79	2,00	2,83	[2,50]
	durchschnittliche Verwendungsdauer pro Sack [Tage]	10,50	3,43	4,13	3,67	[2,50]

5.3.2 Handling und Wechsel

Wesentlich für die Bereitschaft von Personen, ein Sammelsystem in ihrem Haushalt zu verwenden, sind neben der Sauberkeit und Hygiene vor allem ein praktisches Handling. In der durchgeführten Projektstudie wurden sowohl Papiersäcke als auch abbaubare Kunststoffsäcke mit Tragelassen zur Verfügung gestellt und zusätzlich für beide Systeme

derselbe Vorsammelbehälter genutzt. Daraus ergibt sich eine direkte Vergleichbarkeit im Handling. Die Abfrage erfolgte in Form eines Notensystems, wobei eine „1“ bedeutete, dass das Handling „Sehr gut“ ist und eine unpraktische Verwendbarkeit mit einer „5“ bewertet werden sollte. Dabei schnitten der Papiersack mit 1,71 und der abbaubare Kunststoffsack mit 1,65 ab.

Die Probanden gaben an, dass kaum ein Unterschied im Handling zu erkennen war, der Kunststoffsack im Allgemeinen aber als etwas „sauberer“ empfunden wurde. Gerade bei der Sammlung von biogenen Abfällen sei dies wichtig.

Ein weiterer Aspekt ist jener des Entsorgungsweges im Haushalt. Dabei spielt neben der Entfernung vom Vorsammelbehälter zur Biomülltonne vor allem eine Rolle, ob dieser Weg immer ausschließlich zum Zweck der Müllentsorgung gegangen wird oder ob die Abfälle im Zuge eines anderen Weges entsorgt werden. Ein Großteil der Probanden (59 %) erledigte die Entsorgung der Abfälle in die Biomülltonne im Zuge eines anderen Weges. 35 % wechselten die Vorsammelhilfe und gingen danach direkt und nur zum Zweck der Entsorgung zum Müllgroßbehälter. Ein Haushalt (6 %) gab an, je nach Situation zwischen beiden Varianten zu entscheiden (vgl. Abbildung 11).

Ausbringen der Vorsammelhilfen

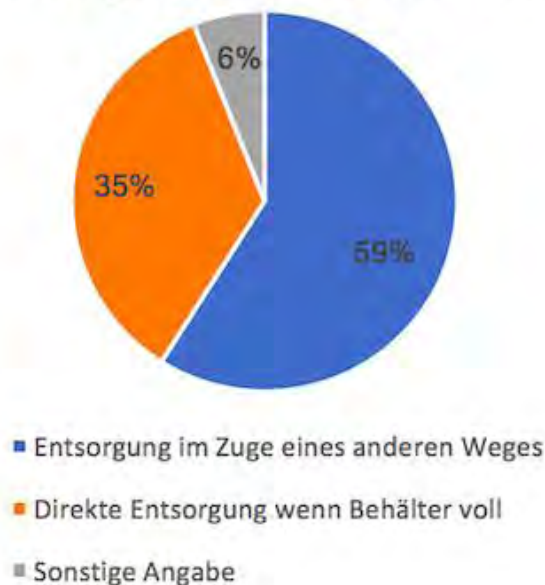


Abbildung 11: Motive zum Ausbringen der vollen Vorsammelhilfen in die Biomülltonne

Die Entfernungen zu den Biomülltonnen waren in der Studie sehr unterschiedlich und in der Regel in Mehrfamilienhäusern entsprechend länger als in Einfamilienhäusern. So reichten die Wege von 3 Stockwerken und 150 m Fußweg bis hin zu einer kurzen Distanz von 10 m. Im Durchschnitt kann für die Entfernung ein Wert von 1,75 Stockwerken und 61,79 m Fußweg angegeben werden, für die ein Zeitaufwand von 1,60 Minuten eingeplant werden muss.

5.3.3 Reißfestigkeit und Dichtheit

Große Anforderungen werden an die Materialien gestellt, aus denen die Vorsammelhilfen bestehen. Diese sind Kraftpapier beim Papiersack und maisstärkebasierter Kunststoff beim abbaubaren Kunststoffsack (Naturabiomat GmbH).

Die Reißfestigkeit ist entscheidend für den Wechsel der Vorsammelhilfen und den Weg zur Biomülltonne. Kommt es beim Herausnehmen einer Vorsammelhilfe aus dem Vorsammelbehälter zu einem Durchbruch des Bodens, ist dies sehr unangenehm und unhygienisch. Die Funktionsfähigkeit ist in einem solchen Fall nicht mehr gegeben und die Eignung der Vorsammelhilfe muss in Frage gestellt werden.

Die Abfrage dieses Parameters im Zuge der häuslichen Projektstudie erfolgte wiederum im Schulnotensystem wobei „1“ eine ausreichende Reißfestigkeit zum Ausdruck brachte und ein mit „5“ bewerteter Sack als unzureichend Reißfest galt. Es schnitten beide Produkte ähnlich gut ab. Der Papiersack erhielt eine Bewertung von 1,12 und lag damit sogar noch vor dem abbaubaren Kunststoffsack. Dieser schnitt mit 1,29 ab. Es kam bei keinem Probanden zu einem Riss bzw. Durchbruch eines Sackes. Der geringe Unterschied in der Beurteilung ergibt sich daraus, dass sich die abbaubaren Kunststoffsäcke im gefüllten Zustand sehr weit dehnen und daher einen wenig vertrauenswürdigen Eindruck machen. Auch die dünnen Tragetaschen des Kunststoffsackes neigen zum Reißen. Diese Probleme treten beim Papiersack nicht auf. Hier ist lediglich der Boden ein kritischer Punkt, der den Belastungen aber standhält.

Die Problematik des Flüssigkeitsaustritts aus den Säcken betreffend hat sich gezeigt, dass der Papiersack sehr gut abschnitt und nur ein Proband (5,88 %) leichte Probleme mit Flüssigkeitsaustritt beim Transport des Sackes in die Biomülltonne hatte. Der abbaubare Kunststoffsack hingegen verursachte in 7 von 17 Fällen (41,78 %) Probleme (vgl. Abbildung 12). Es kam bereits bei der Vorsammlung in den Haushalten zum Flüssigkeitsaustritt und zur Pfützenbildung in den Vorsammelbehältern. Gerade bei Bioabfällen sei dies sehr unhygienisch und führte bei den Probanden zur Ablehnung dieser Vorsammelhilfe.

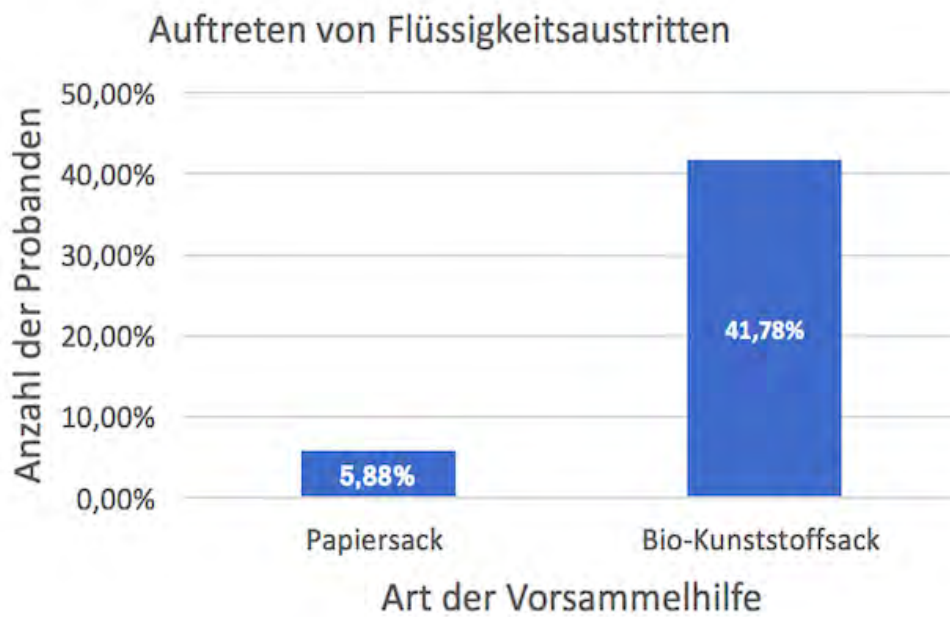


Abbildung 12: Häufigkeit des Auftretens von Flüssigkeitsaustritten bezogen auf die 17 Probanden und unterteilt nach Art der Vorsammelhilfe

6 Verdunstungsversuche

Ziel dieser Versuche war zu ermitteln, inwieweit der Gewichtsverlust infolge Verdunstung des im Bioabfall gebundenen Wassers von der Art der verwendeten Vorsammelhilfe abhängt.

6.1 Versuchsablauf

Wie in Abbildung 13 visualisiert, wurden dazu 5 parallele Versuche durchgeführt. Der Versuchszeitraum betrug jeweils drei Tage, also 72 Stunden. Es wurden sowohl Papier- als auch biologisch abbaubare Kunststoffsäcke in den zwei unter Punkt 4.2 dieser Arbeit beschriebenen Vorsammelbehältern getestet. Der verwendete Bioabfallsack aus Papier ist ein Modell das als freistehend angeboten wird. Deshalb wurde dieser auch ohne Vorsammelbehälter untersucht. Ein Versuch in einem offenen Kübel ohne Beutel wurde ebenfalls durchgeführt, da ein solcher im Umleerverfahren häufig zur Sammlung von biogenen Abfällen im Haushalt eingesetzt wird. Der 5. Parallelversuch wurde als Placebo-Versuch in einem luftdicht abgeschlossenen Eimer durchgeführt. Es wurde davon ausgegangen, dass es zu keiner Verdunstung kommt, da keine Luft Zutreten kann. Eventuelle Gewichtsveränderungen dabei müssten im Zuge der Auswertung bei allen Proben berücksichtigt werden (Krieger 2018).

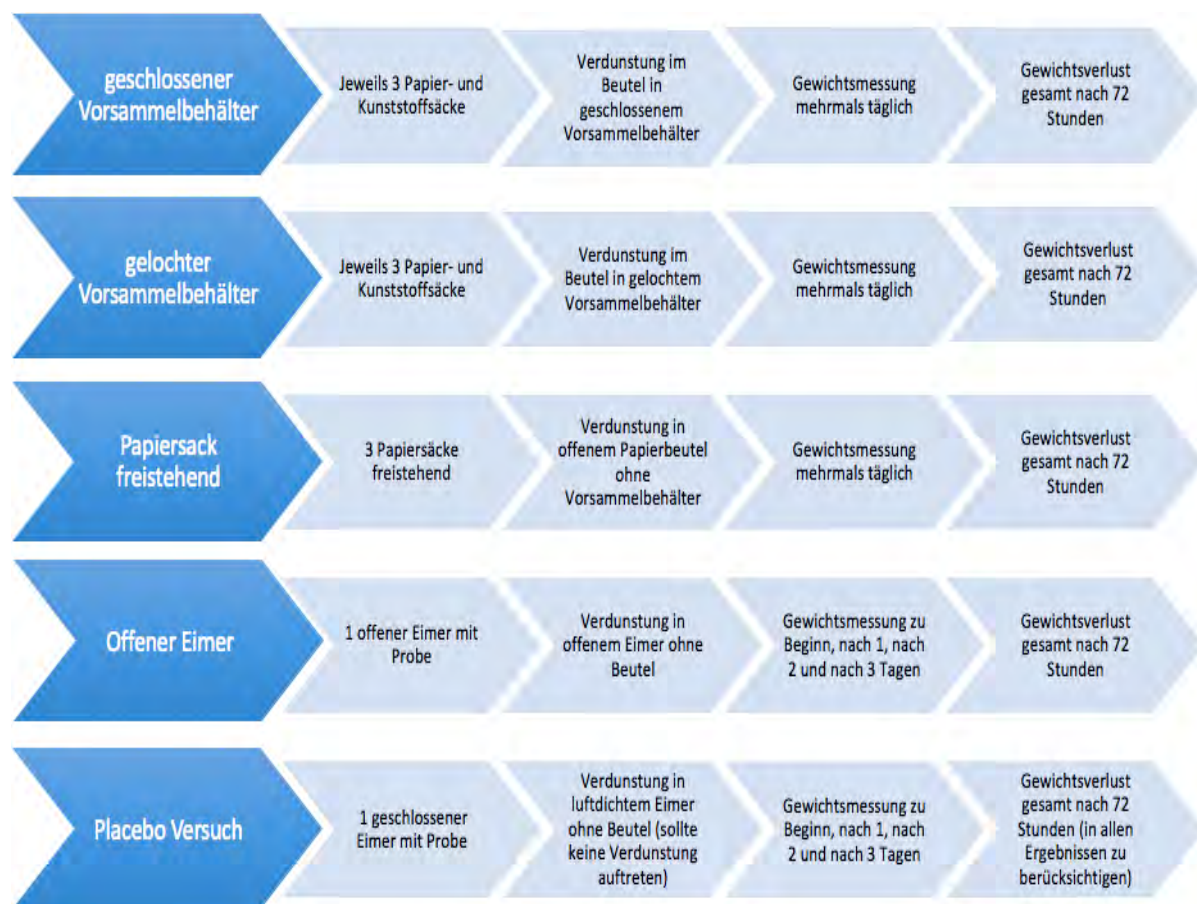


Abbildung 13: Durchführungsschema der Verdunstungsversuche

Während der gesamten Versuchslaufzeit war es wichtig, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit der Umgebung zu messen und zu dokumentieren. Die Verdunstungsleistung wurde im vorliegenden Fall ausschließlich über den Gewichtsverlust bestimmt, da dieser für Betrachtungen von Abfallsammlern entscheidend ist.

Wie aus Punkt 4.2.2 hervorgeht, ist die *Biomat AirBox* für Papierbeutel ohne Tragegriffe mit bis zu 7 l Füllvolumen vorgesehen. Der Verdunstungsversuch wurde aber mit dem 8 l *Biomat* Papierbeutel mit Tragegriffen durchgeführt. Daraus resultierte ein Überstand der Vorsammelhilfe und der Vorsammelbehälter ließ sich nicht mehr schließen (vgl. Abbildung 14).



Abbildung 14: Adaptierungen für das Einbringen des Papiersackes in den gelochten Vorsammelbehälter



Abbildung 15: Überstand bei dem geschlossenen Vorsammelbehälter

In Abbildung 14 rechts ist ersichtlich, dass der Beutel um 4,5 Zentimeter (cm) und die Tragegriffe um 5 cm, also insgesamt 9,5 cm, über den Behälterrand hinausstanden. Um dies zu ändern, wurde an allen 4 Ecken des Sackes dieser um ca. 5 cm eingeschnitten und gemeinsam mit den Tragegriffen umgebogen. Diese Vorgehensweise ist in Abbildung 14 links zu sehen. Somit konnte das Problem behoben und der Vorsammelbehälter ordnungsgemäß verschlossen werden.

Auch bei dem geschlossenen Vorsammelbehälter kam es zu einem Überstand der Henkel des Papiersackes (vgl. Abbildung 15). Mit 3 cm fiel dieser aber deutlich geringer aus und durch Umbiegen der 5 cm hohen Tragegriffe konnte Abhilfe geleistet werden.

Im Vorfeld des Versuches stellte die Wahl des Probenmaterials, das für häuslichen Bioabfall charakteristisch sein sollte, eine Herausforderung dar. Es ist schwierig, Abfallproben zu finden, die repräsentativ sind und für die 17 parallelen Versuche in identer Qualität zur Verfügung gestellt werden können. Schlussendlich fiel die Wahl auf Biertreber, die als Rückstand des Bierbrauprozesses anfallen (vgl. Abbildung 16 und Abbildung 17). Neben der ähnlichen Feuchte ist ein weiterer Vorteil der Treber ihre Homogenität, die genaue Einwaagen ermöglicht. Vor der Durchführung der Verdunstungsversuche wurde vom Labor des Lehrstuhles für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft eine Trockensubstanzbestimmung der Treber durchgeführt. Diese ergab einen Trockensubstanzanteil von 22,2 % und daraus einen Wassergehalt von 77,8 %. Der Masterarbeit von Frau DI Martha Barth, die im Jahr 2014 verfasst wurde, ist zu entnehmen, dass dieser Wert im Bereich der typischen Feuchte häuslicher Bioabfälle liegt und die Tauglichkeit der Biertreber für den Verdunstungsversuch somit bestätigt werden kann (Barth 2014:93). Der Prüfbericht des Labors über die Trockensubstanzmessung der Biertreber vom 4. August 2021 ist dem Anhang dieser Arbeit zu entnehmen.



Abbildung 16: Die verwendeten Biotreber direkt nach der Probenahme in der Brauerei Göss



Abbildung 17: Die verwendeten Biotreber nach der Einwaage in die Vorsammelhilfen in den gelochten Vorsammelbehältern

6.2 Versuchsdurchführung

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 18 ersichtlich. Zu Beginn wurden das Gewicht des jeweiligen Vorsammelbehälters und der jeweiligen Vorsammelhilfe bestimmt. Anschließend erfolgte eine Einwaage von 1,5 Kilogramm (kg) Treber in jeden der 17 Behälter. Da das Gewicht von Sack und Vorsammelbehälter separat ermittelt wurden und sich dieses während der Versuchslaufzeit nicht änderte, konnte bei allen weiteren Messungen das Gesamtgewicht der befüllten Vorsammelhilfe mitsamt Behälter gewogen werden. Das Gewicht der Treber war über entsprechende Subtraktion zugänglich. Während des gesamten Versuches wurden die Temperatur sowie die Luftfeuchtigkeit in der Umgebung dokumentiert. Diese sind neben dem Feuchtegehalt der Probe die entscheidenden Faktoren für die Beeinflussung der Verdunstung. Zeitgleich zur Versuchsdurchführung im Juni 2021 herrschte in Leoben eine Hitzewelle, die zu Außentemperaturen jenseits der 30 Grad Celsius (°C) führte. Unweigerlich waren dadurch auch die Temperaturen im Labor mit bis zu 28,7 °C recht hoch. Aufgrund der Tatsache, dass die Sammlung von biogenen Abfällen in Haushalten oftmals im Spülenschrank stattfindet, wo es durch eine örtliche Nahebeziehung zu Spülmaschine etc. auch etwas wärmer ist, führte dieser Umstand zu einer Annäherung an die Realität. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass diese Bedingungen dort ganzjährig herrschen. Die Versuchsergebnisse können also auf das ganze Jahr bezogen werden.



Abbildung 18: Der gesamte Versuchsaufbau im Überblick

Während der 72 stündigen Versuchslaufzeit wurde dreimal täglich eine Messung durchgeführt. So ergaben sich insgesamt 10 Messpunkte. Wie in Abbildung 13 ersichtlich, wurden bei den Versuchen mit Vorsammelhilfen jeweils drei Proben parallel geführt. Dies diente der Erhöhung der Präzision. Aus den drei Werten pro Messpunkt und Probenführung wurde das Gewichtsmittel gebildet. Die Auswertung wurde dann mit diesen Mittelwerten durchgeführt. Bei dem Placebo-Versuch und dem offenen Eimer wurde aufgrund der untergeordneten Priorität auf eine solche redundante Probenführung verzichtet.

6.3 Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden die gemessenen Werte grafisch aufbereitet und analysiert.

6.3.1 Gewichtsverlust

In Abbildung 19 ist bereits auf den ersten Blick ersichtlich, dass die Verdunstungsleistungen der unterschiedlichen Vorsammelhilfen und Vorsammelbehälter sehr verschieden sind. Während bei allen offenen Vorsammelhilfen ein signifikanter Gewichtsverlust festgestellt werden konnte, war dies bei den geschlossenen Vorsammelbehältern nicht der Fall. Der Placebo-Versuch bestätigte, dass es unter Luftabschluss zu keiner Verdunstung kommt. Obwohl der geschlossene Vorsammelbehälter *Sulo BioBoy* im Bereich des Deckels Undichtheiten aufweist, hielt sich die Verdunstung sehr in Grenzen. Es kam bei diesem Behälter zwar zu sehr starker Bildung von Kondenswasser, ein signifikanter Gewichtsverlust ergab sich daraus aber nicht.

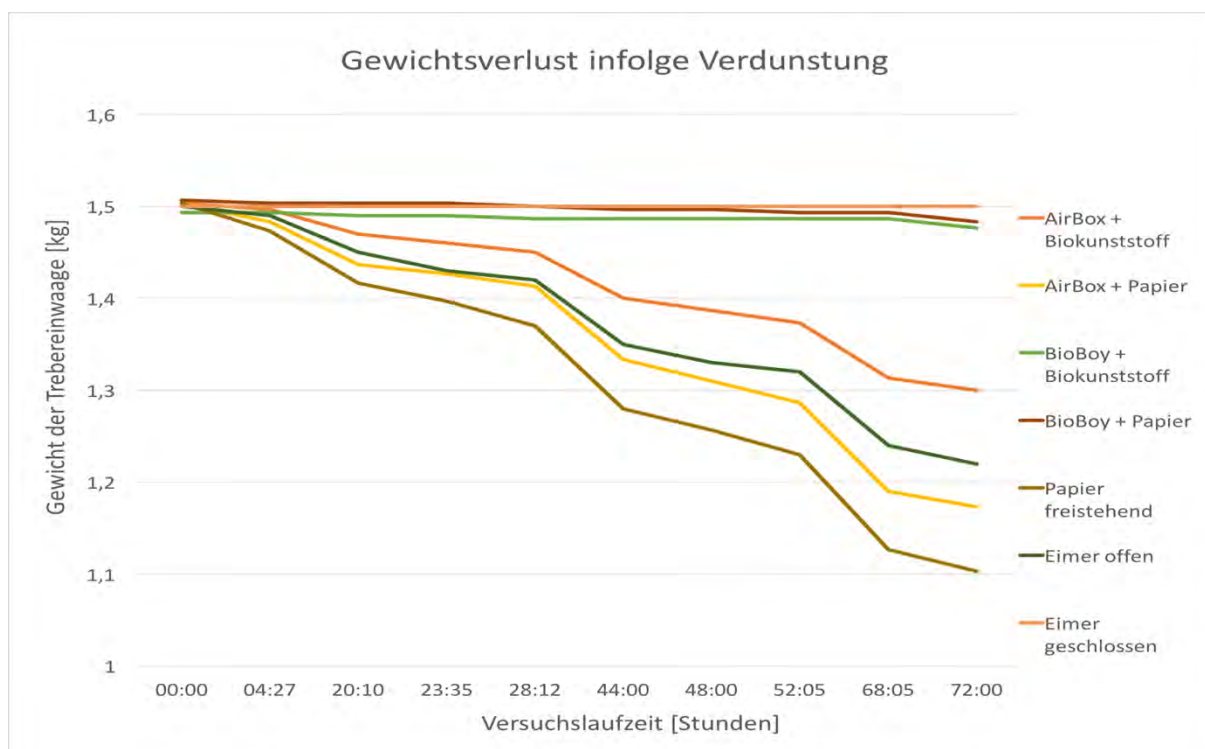


Abbildung 19: Veranschaulichung der Messwerte in einem Liniendiagramm über die gesamte Versuchslaufzeit von 72:00 Stunden

Die erhobenen Messwerte sind in Tabelle 6 vergleichend angeführt. Man erkennt, dass es bei den Papiersäcken zu erheblichen Gewichtsverlusten kam, diese die Verdunstung also positiv beeinflussen. Das lässt sich dadurch erklären, dass das Papier dem feuchten Gut mehr Wasser entzieht und dieses nach außen transportiert, wo es zur Verdunstung kommt. Durch diese bessere Saugfähigkeit des Papiers wird mehr Wasser an die Außenfläche des Beutels transportiert und verdunstet dort.

Bei den Beuteln aus abbaubarem Kunststoff ist die Transportbarriere deutlich größer und es kann nicht so viel Wasser nach außen transportiert werden. Dementsprechend ist die Verdunstungsleistung in diesen Vorsammelhilfen geringer. Der Effekt kann natürlich nur dann ausgenützt werden, wenn auch ein Vorsammelbehälter verwendet wird, der Luftzutritt ermöglicht. Nach Ablauf der Versuchslaufzeit von 72:00 Stunden waren deutliche Unterschiede zwischen den Gewichtsverlusten der verschiedenen Vorsammelhilfen zu beobachten (vgl. Tabelle 6). So ergab sich bei den freistehenden Papiersäcken ein Gewichtsverlust von 26,09 %. Wurden diese in einem offenen Vorsammelbehälter verwendet, reduzierte sich der Gewichtsverlust zwar auf 17,90 % es kam dafür aber zu keiner Pfützenbildung und eine saubere Sammlung des Bioabfalles war möglich.

Im Vergleich dazu verhindert die geschlossene Vorsammelhilfe *Sulo BioBoy* die Verdunstung fast vollständig. Der Gewichtsverlust beim Papiersack betrug nur mehr 1,09 %. Analoge Beobachtungen ergaben sich für den Beutel aus kompostierbarem Kunststoff. In Kombination mit dem gelochten Vorsammelbehälter *Biomat AirBox* konnte ein Gewichtsverlust von 11,15 % gemessen werden. Bei dem geschlossenen *Sulo BioBoy* hingegen kam es nur zu einer verschwindend geringen Gewichtsreduktion von 0,80 %. Ein Versuch, in dem der Beutel aus abbaubarem Kunststoff freistehend getestet wird, wurde nicht durchgeführt. Dieses Produkt ist für die Verwendung ohne Vorsammelbehälter nicht geeignet und wird auch nicht als solches vermarktet.

Als in puncto Gewichtsverlust infolge Verdunstung sehr gut stellte sich der offene Eimer heraus. Dieser wurde ohne Vorsammelhilfe getestet. Es war ein Gewichtsverlust von 15,82 % zu beobachten und als Mehrwegsystem kommt dieser ganz ohne Vorsammelhilfe aus.

Bei dem als Placebo-Versuch geführtem, geschlossenen Eimer war kein Gewichtsverlust zu beobachten. Demnach war bei der Auswertung der übrigen Ergebnisse auch kein Korrekturterm zu berücksichtigen.

Tabelle 6: Gewichtsverlust infolge Verdunstung

Kombination Vorsammel- hilfe	Gewicht zu Beginn [kg]	Gewichts- verlust nach 44 Stunden [kg]	Gewichts- verlust nach 44 Stunden [%]	Gewichts- verlust nach 72 Stunden [kg]	Gewichts- verlust nach 72 Stunden [%]	Standard- abweichung der Endmesswerte [1]
<i>AirBox</i> und Bio- Kunststoff	1,82	0,10	5,67	0,20	11,15	0,02
<i>AirBox</i> und Papier	1,84	0,17	9,22	0,33	17,90	0,04
<i>BioBoy</i> und Bio- Kunststoff	2,09	0,01	0,32	0,02	0,80	0,01
<i>BioBoy</i> und Papier	2,14	0,01	0,47	0,02	1,09	0,01
Papier freistehend	1,53	0,22	14,57	0,40	26,09	0,02
Eimer offen	1,77	0,15	8,47	0,28	15,82	0,00
Eimer geschlossen (Placebo- Versuch)	1,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

6.3.2 Beobachtungen nach 44 Stunden

Erste markante Beobachtungen ergaben sich nach 44 Stunden. Bei der *Biomat AirBox* stellten sich, sowohl bei den Papier- als auch bei den abbaubaren Kunststoffsäcken, gleichmäßige Verläufe des Verdunstungsfortschritts ein (vgl. Abbildung 19). Durch die Luftlöcher in der Box und die Atmungsfähigkeit der Vorsammelhilfen kam es zur Ausbildung einer Konvektionsströmung und einem Abtransport des verdunsteten Wassers. Dies führte

zu erheblichen Gewichtsverlusten. Die Säcke blieben trocken und ihre Stabilität war weiterhin gewährleistet.

Beim geschlossenen *Sulo BioBoy* hingegen reichte die Belüftung durch etwaige Undichtheiten des Klappverschlusses nicht aus. Im gesamten Behälter, vor allem aber an der Unterseite des Deckels, kam es zu intensiver Kondenswasserbildung. Ein relevanter Gewichtsverlust konnte nicht festgestellt werden. In allen 6 Proben bildeten sich Schimmelstrukturen aus. Unterschiede zwischen Papier- und Kunststoffsäcken in Kombination mit dem geschlossenen Vorsammelbehälter konnten nur bezüglich des Handlings festgestellt werden. Während das Wasser auf die Funktionstüchtigkeit des Kunststoffsackes keinen großen Einfluss hatte, saugte sich der Papiersack mit Wasser voll. Beim Ausbringen dieser Vorsammelhilfe aus dem Vorsammelbehälter musste sowohl ein Reißen des Henkels als auch ein Durchbrechen des Bodens befürchtet werden.

Bezüglich Gewichtsverlust infolge Verdunstung viel besser stellten sich die Papiersäcke ohne Vorsammelhilfe heraus. Gute Belüftung von allen Seiten ermöglichte freie Konvektion und eine Verdunstung ohne Durchnässung der Seitenwände der Säcke war möglich. Lediglich am Boden, mit dem der Sack auf einer Oberfläche steht, ist kein Luftzutritt möglich. Dort bildete sich eine Wasserpfütze aus. Der doppelt verklebte Boden aus Kraftpapier konnte dieser Feuchtigkeit aber Widerstand leisten und die Gefahr eines Bodendurchbruches war nach 44 Stunden nicht gegeben.

Gewichtsverluste konnten auch beim offenen Eimer ohne Vorsammelhilfe festgestellt werden. Der als Placebo-Versuch geführte, geschlossene Eimer unterlag keinen Gewichtsänderungen.

6.3.3 Beobachtungen nach 72 Stunden

Nach 72 Stunden war der Versuch beendet. Neben den in Punkt 6.3.1 erläuterten finalen Erkenntnissen bezüglich Gewichtsverlust infolge Verdunstung waren weitere Beobachtungen möglich.

Der gelochte Vorsammelbehälter *Biomat AirBox* zeigte sowohl bei den Papier- als auch bei den abbaubaren Kunststoffsäcken leichte Bildung von Kondenswasser, welches durch den seitlich erhöhten und dichten Boden aber im Behälter verblieb (vgl. Fotodokumentation im Anhang). Das ist sehr positiv, da ein Wasseraustritt aus dem Vorsammelbehälter bei der Bioabfallsammlung in den Haushalten (z.B. in der Küche) unerwünscht ist. Auch bestätigte diese Tatsache die Atmungsfähigkeit des Kunststoffsackes, da er offensichtlich nicht dicht war. An den Innenseiten des gelochten Behälterdeckels konnte keine Anlagerung von Wasser beobachtet werden. Geruchsbelästigung wurde keine festgestellt.

Im Gegensatz dazu kam es beim Öffnen des *Sulo BioBoy* zu einem erheblichen Wasserabtropfen von der Innenseite des Behälters. Der Arbeitsplatz und die Umgebung des Sammelbehälters wurden sehr nass. Diese extreme Feuchtigkeit im Behälterinneren verstärkte die schon nach 44 Stunden in Ansätzen beobachtete Schimmelbildung. Daraus

resultierte auch eine erhebliche Geruchsbelästigung beim Öffnen des Gefäßes. Die Funktionstüchtigkeit des Kunststoffsackes war zwar nach wie vor gegeben, beim Wechsel dieser Vorsammelhilfe war es aber notwendig, einen Kübel darunter zu halten, da der Sack tiefend nass war. Der Papiersack hatte sich komplett mit Wasser vollgesogen. Ein Ausbringen mittels Tragegriffen war zwar noch möglich, jedoch musste ein Durchbrechen des Bodens befürchtet werden. Längere Wege bis zur nächsten Biomülltonne waren mit diesem Sack nicht mehr möglich. Ein Austausch der Vorsammelhilfe aus Papier in einem geschlossenen Vorsammelbehälter wäre am besten durch Umleeren zu bewerkstelligen.

Werden die Papiersäcke hingegen freistehend verwendet, so ist trotz der Ausbildung einer Pfütze rund um den Boden der Vorsammelhilfe die Stabilität des Sackes nicht eingeschränkt. Die Seitenwände des Papiersackes waren vollkommen trocken und ein Anheben an den Henkeln problemlos möglich. Der doppelt verklebte Boden aus Kraftpapier ist reißfest. Die Beobachtungen an den offenen und geschlossenen Eimern waren analog zu jenen in 6.3.2.

7 Zusammenfassende Diskussion

Nachdem im Rahmen dieser Arbeit Vorsammelhilfen für biogene Abfälle, sowohl aus Papier als auch aus biologisch abbaubarem Kunststoff, in sämtlichen Betrachtungspunkten vergleichend gegenübergestellt wurden, wird nun versucht, die eingangs formulierte Frage zu beantworten: Welche Vorsammelhilfe eignet sich besser für die Vorsammlung biogener Abfälle in Privathaushalten?

Wenngleich es keine Vorsammelhilfe gibt, die in allen betrachteten Punkten als eindeutiger Sieger hervorgeht, so lässt sich dennoch eine klare Tendenz ableiten. Im Folgenden werden die wichtigsten Entscheidungskriterien für die Wahl eines Vorsammelsystems noch einmal herausgearbeitet und eine Empfehlung abgegeben, ob die Vorsammelhilfe aus Papier oder doch jene aus biologisch abbaubarem Kunststoff im jeweiligen Punkt überzeugen konnte. Wichtig anzumerken ist, dass die in dieser Arbeit angestellten Überlegungen für jede Form der Bioabfallsammlung relevant sind. Primäres Augenmerk wurde natürlich auf den Fall gelegt, dass eine getrennte Sammlung von Bioabfällen erfolgt und diese einer Kompostierung zugeführt werden. Dieser Fall ist im Sinne der Kreislaufwirtschaft auch klar zu bevorzugen. Erfolgt in einer Gemeinde aber keine getrennte Sammlung der Bio-Fraktion, sondern sind biogene Abfälle gemeinsam mit dem Restmüll zu entsorgen, sind die Aspekte der Verdunstungsleistung und auch die Akzeptanz für die Verwendung von Vorsammelsystemen seitens der Bürger immer noch relevant. Es ist dann zwar zu diskutieren, ob die getrennte Sammlung biogener Abfälle im Haushalt überhaupt Sinn macht, wenn diese in der Restmülltonne wieder zu einer Siedlungsabfall-Mischfraktion werden. Vor allem die Tatsache der Verdunstungsleistung und die damit in Verbindung stehende Verringerung des Wassergehaltes der Abfälle ist aber gerade im Falle der Zuführung zu einer Müllverbrennungsanlage ein großer Vorteil.

Ein erster Aspekt ist jener der Vorsammelbehälter. Im Verdunstungsversuch wurden im Wesentlichen drei verschiedene Behälter, die für die häusliche Sammlung von biogenen Abfällen eingesetzt werden können, verglichen. Neben zwei eigens für die Bioabfallsammlung entwickelten Systemen wurde auch ein Haushaltseimer ohne Deckel in den Versuch miteinbezogen. Der Versuch mit einem komplett luftdicht verschlossenen Eimer stellt in der Praxis keine Sammelsituation dar und wurde nur als Placebo-Versuch mitgeführt. Die Ergebnisse zeigen klar, dass die Verdunstungsleistung in geschlossenen Vorsammelbehältern, die keinen ausreichenden Luftzutritt zum Abfall zulassen, sehr gering ausfällt. Betrachtet man nur die beiden Sammelsysteme *Sulo BioBoy* (geschlossen, keine Luftöffnungen) und *Biomat AirBox* (gelocht, Luftzutritt von allen Seiten möglich) so ergeben sich bei den jeweils gleichen Vorsammelhilfen Unterschiede in der Verdunstungsleistung jenseits der 10 %. Bei Verwendung des *Sulo BioBoys* beschränkt sich der Gewichtsverlust infolge Verdunstung bei den Papiersäcken auf 1,09 % und bei den abbaubaren Kunststoffsäcken auf 0,80 %. Vergleicht man diese Werte mit jenen, die bei dem gelochten System *Biomat AirBox* erreicht werden können (17,90 % mit Papiersäcken und 11,15 % mit Bio-Kunststoffsäcken), so kann man eindeutig behaupten, dass beide Vorsammelhilfen in einem geschlossenen Behälter ihre Stärken nicht ausspielen können. Die Verwendung

dieser beiden Vorsammelhilfen macht daher in Kombination mit einem geschlossenen Vorsammelbehälter keinen Sinn. Der Einsatz eines solchen Kübels mit Deckel empfiehlt sich daher nur im Umleerverfahren ohne die Verwendung von Einwegsammelhilfen. Die beste Vorgehensweise für eine Umleersammlung ist aber jene, mit einem haushaltsüblichen Eimer ohne Deckel. Dabei kann eine Verdunstungsleistung von 15,82 % erreicht werden und Bedarf an Vorsammelhilfen besteht auch nicht.

Aus diesen Gründen wurde im Zuge der häuslichen Projektstudie nur ein gelochter Vorsammelbehälter verwendet. Es ist aus dem Verdunstungsversuch klar hervorgegangen, dass der Einsatz von Vorsammelhilfen in Kombination mit einem teilweise offenen bzw. Luftzirkulation zulassenden Vorsammelbehälter durchaus Sinn macht. In diesem Fall ist dann auch ein Vergleich zwischen den Vorsammelhilfen aus Papier und abbaubarem Kunststoff möglich. Die folgenden Ausführungen beziehen sich aus diesem Grund nur mehr auf die Versuche mit dem gelochten Vorsammelbehälter *Biomat AirBox*.

Wird nur der Aspekt des Gewichtsverlustes in Folge Verdunstung betrachtet, schneidet der Papiersack besser ab. Einem prozentuellen Gewichtsverlust von 17,90 % binnen 72:00 Stunden stehen beim abbaubaren Kunststoffsack unter identen Bedingungen 11,15 % entgegen. Ein Unterschied von 6,75 % mag auf den ersten Blick zwar marginal klingen, ergibt bei der Aufrechnung auf die jährliche Bioabfallmenge in Sammelbezirken aber beträchtliche Gewichtseinsparungen. Die Möglichkeit, die Papiersäcke auch freistehend zu verwenden, ist ein weiterer großer Vorteil dieses Produktes. In diesem Fall ist sogar eine Verdunstungsleistung von 26,09 % möglich, was der höchste Wert der gesamten Versuchsreihe ist. Bei den abbaubaren Kunststoffsäcken ist eine Verwendung ohne Vorsammelbehälter aufgrund des Produktdesigns und den Materialeigenschaften nur bedingt bis gar nicht möglich. Der in den dieser Arbeit zugrundeliegenden Versuchen verwendete maisstärkebasierte Kunststoffsack ist nur zur Verwendung in Kombination mit Vorsammelbehältern geeignet.

Abgesehen von der Verdunstungsleistung haben die abbaubaren Kunststoffsäcke vor allem einen großen Nachteil, der sowohl im Verdunstungsversuch als auch durch Abfrage im Zuge der häuslichen Projektstudie deutlich geworden ist: die mangelnde Dichtheit und die damit verbundenen Probleme mit Flüssigkeitsaustritt. Wenn ein Sammelsystem, bestehend aus Vorsammelbehälter und Vorsammelhilfe, verwendet wird, muss davon ausgegangen werden können, dass der befüllte Beutel nach der Verwendung ohne den Vorsammelbehälter zur Biomülltonne transportiert werden kann. Dabei darf der Sack weder durchbrechen, noch dürfen die Henkel reißen und es darf auch keine Flüssigkeit aus dem Sack austreten. Da genau das bei den Bio-Kunststoffsäcken aber vermehrt passiert ist, haben die Probanden diesem Sack ein entsprechend schlechtes Urteil ausgestellt. Obwohl der Papiersack bei den Bewertungspunkten „Handling“ und „Reißfestigkeit“ nur knapp vor dem abbaubaren Kunststoffsack liegt, ist der Flüssigkeitsaustritt ein derart markanter Punkt, dass nur zwei der 17 Probanden angaben, im kompostierbaren Kunststoffsack eine brauchbare Alternative zu sehen. 12 Teilnehmer hingegen könnten sich durchaus vorstellen, den Papiersack zu

verwenden. Die restlichen drei Haushalte gaben an, bisher mit einem Haushaltseimer im Umleerverfahren gesammelt zu haben und dies auch weiterhin so handhaben zu wollen.

Ein weiterer Aspekt der deutlich gegen den abbaubaren Kunststoffsack spricht, ist die Tatsache, dass einige Städte und Gemeinden von einer Entsorgung dieser Säcke in die Biomülltonne abraten. Das ist zum Beispiel auch in Kapfenberg der Fall, wo die Projektstudie durchgeführt wurde. 5 der 17 dort lebenden Probanden war dieser Umstand bewusst und sie gaben daher an, dass die Verwendung von abbaubaren Kunststoffsäcken für sie keine wesentlichen Vorteile biete. Eine Sammlung mit diesem System sei zwar auch im Umleerverfahren möglich und ein Kunststoffsack würde bis zu 5 Umläufe aushalten. Fakt ist aber auch, dass dabei der Sinn von Vorsammelsystemen im Wechselverfahren verloren geht. Bringt man hier zusätzlich den Aspekt des Gewichtsverlustes in Folge Verdunstung ins Spiel, schneidet ein gewöhnlicher, offener Haushaltseimer besser ab als der abbaubare Kunststoffsack in Kombination mit der *Biomat AirBox*.

Zu berücksichtigen ist weiters, dass die Verdunstungsleistung neben dem Gewichtsverlust auch auf die mikrobielle Aktivität im Abfall signifikanten Einfluss hat. Der einsetzende mikrobielle Abbau organischer Komponenten wird durch Feuchtigkeit beschleunigt und führt neben einsetzender Schimmelbildung auch zu einer erheblichen Geruchsbelästigung. In Punkt 6.3.3 ist beschrieben, dass beim geschlossenen Vorsammelbehälter *Sulo BioBoy* nach 72:00 Stunden, insbesondere in Kombination mit den abbaubaren Kunststoffsäcken, erhebliche Schimmelbildung und auch eine damit einhergehende Geruchsbelästigung zu beobachten sind. Diese Effekte können durch den Einsatz von Papiersäcken abgeschwächt werden, weil diese ein besseres Aufnahmevermögen für Wasser besitzen.

Für die Auswahl einer Vorsammelhilfe für Privathaushalte ist zu guter Letzt noch ins Treffen zu führen, dass nicht in allen Städten und Gemeinden Müllsäcke für die Sammlung von Bioabfällen kostenlos zur Verfügung gestellt werden. Muss also jeder Haushalt die benötigten Vorsammelhilfen selbst kaufen, sind die Ergebnisse der Marktrecherche aus Kapitel 3 zu berücksichtigen. Demnach ist die Auswahl an abbaubaren Kunststoffsäcken zwar größer, die Papiersäcke sind aber immer billiger. Im Zuge der häuslichen Projektstudie wurde ein Bedarf von ungefähr 0,70 Säcken pro Kopf und Woche ermittelt. Für einen drei Personen Haushalt wären das demnach 109 Säcke im Jahr. Unter Berücksichtigung der bei der Marktrecherche berechneten, durchschnittlichen Kosten pro Sack von 0,33 € für einen abbaubaren Kunststoffsack und 0,15 € für einen Papiersack ergebe dies einen jährlichen Aufwand von rund 36,00 € für abbaubare Kunststoffsäcke und von rund 16,00 € für Papiersäcke. Die Papiersäcke sind die ökologisch sinnvollere Variante, konnten in der Verwendung durch sauberes und sicheres Handling überzeugen und sind günstiger als Abfallbeutel aus Bio-Kunststoff.

8 Verzeichnisse

8.1 Literatur

- amazon.de. Produktsuche nach *Sulo BioBoy*. <https://www.amazon.de/Sulo-Abfallsammler-H309xB205xT276mm-braunSULO/dp/B00MWVG2FM>, zugegriffen am 15. Juni 2021.
- Barth, M., 9. Juni 2014. Charakterisierung von Abfällen aus dem Handelskettenbereich. Masterarbeit am Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft der Montanuniversität Leoben, 93.
- Berl, F., Forster, A., 2016. Schriftenreihe Recht & Finanzen für Gemeinden, 05 Abfallwirtschaftsrecht. MANZ'sche Verlags- und Universitätsbuchhandlung 2016.
- Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 68/1992. Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über die getrennte Sammlung biogener Abfälle. konsolidierte Fassung abgerufen am 18. Jänner 2022.
- Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus, 2018. Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich – Statusbericht 2018.
- Kranert, M. Einführung in die Kreislaufwirtschaft, 5. Auflage. Springer – Vieweg Verlag 2018.
- Kreindl, G., Binner, E., 2019. Wie Bio ist Kunststoff? – Pro und Kontra von Biokunststoffen. Folien zum Vortrag im Zuge der Österreichischen Abfallwirtschaftstagung 2019.
- Krieger, W., 15. Februar 2018. Definition: Sammel- und Trennverfahren. Gabler Wirtschaftslexikon, Springer – Gabler Verlag. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/sammel-und-trennverfahren-43269/version-266600>, zugegriffen am 28. Juni 2021.
- Lampert, C., Reisinger, H., Zethner, G., 2014. Bioabfallstrategie 2014. Österreichisches Umweltbundesamt.
- Naturabiomat GmbH. Produktübersicht auf der Unternehmenswebsite. <https://www.biomat-shop.com/de/abfallsammlung/papiersacke.html>, zugegriffen am 14. Juni 2021.
- Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien 2021. Expertenpapier: „Bio – Kunststoffe“ und die biologische Abfallverwertung, Erstellt vom ÖWAV – Arbeitsausschuss „Biogene Abfälle“ der Fachgruppe „Abfallwirtschaft und Altlastensanierung. Wien 2021.
- SULO Deutschland GmbH. Produktseite Vorsortierbehälter BioBoy. <https://de.sulo.com/solutions/product-solutions/vorsortierbehaelter>, zugegriffen am 15. Juni 2021.

Zafiu, C., Binner, E., Huber-Humer, M., 2019. Kompostierbarkeit von biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen. Endbericht im Auftrag der niederösterreichischen Landesregierung, des Amtes der oberösterreichischen Landesregierung und der Stadt Wien.

8.2 Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
m	Meter
l	Liter
etc.	et cetera
z.B.	zum Beispiel
bzw.	beziehungsweise
min.	Minuten
ca.	circa

8.3 Tabellen

Tabelle 1: Begriffsabgrenzung von Kunststoffprodukten (Kreindl & Binner 2019:3)	6
Tabelle 2: Direkter Kostenvergleich von Säcken gleichen bzw. ähnlichen Volumens	12
Tabelle 3: Personenstruktur der 17 teilnehmenden Haushalte.....	18
Tabelle 4: Motive für Austausch des Sackes	19
Tabelle 5: Verbrauch und Verwendungsdauer in Abhängigkeit der Haushaltsgröße.....	20
Tabelle 6: Gewichtsverlust infolge Verdunstung	31

8.4 Abbildungen

Abbildung 1: Schematische Darstellung der durchgeführten Versuche.....	4
Abbildung 2: Zertifizierungsschema nach ÖNORM EN 13432 (ÖWAV Expertenpapier 2021:8).....	7
Abbildung 3: Abfallhierarchie nach AWG 2002	8
Abbildung 4: Die erworbenen Produkte im Überblick	9
Abbildung 5: Verfügbarkeit an kompostierbaren Vorsammelhilfen im lokalen Handel.....	10
Abbildung 6: Durchschnittliche Kosten der verschiedenen Produkte	11
Abbildung 7: Durchschnittliche Kosten pro Liter Füllvolumen der verschiedenen Produkte ..	13
Abbildung 8: Die verwendeten Vorsammelhilfen aus Papier und abbaubarem Kunststoff	15
Abbildung 9: Die verwendeten Vorsammelbehälter in Auf- und Grundsicht	16
Abbildung 10: Zeitlicher Versuchsablauf.....	17
Abbildung 11: Motive zum Ausbringen der vollen Vorsammelhilfen in die Biomülltonne	21

Abbildung 12: Häufigkeit des Auftretens von Flüssigkeitsaustritten bezogen auf die 17 Probanden und unterteilt nach Art der Vorsammelhilfe.....	23
Abbildung 13: Durchführungsschema der Verdunstungsversuche.....	24
Abbildung 14: Adaptierungen für das Einbringen des Papiersackes in den gelochten Vorsammelbehälter	25
Abbildung 15: Überstand bei dem geschlossenen Vorsammelbehälter	25
Abbildung 16: Die verwendeten Biertreber direkt nach der Probenahme in der Brauerei Göss	27
Abbildung 17: Die verwendeten Biertreber nach der Einwaage in die Vorsammelhilfen in den gelochten Vorsammelbehältern	27
Abbildung 18: Der gesamte Versuchsaufbau im Überblick	28
Abbildung 19: Veranschaulichung der Messwerte in einem Liniendiagramm über die gesamte Versuchslaufzeit von 72:00 Stunden	29

Anhang

Tabellenanhang

Tabelle I: Produkte der Marktrecherche

Händler	Hersteller	Art	Produktbezeichnung
<i>Interspar</i>	swirl	Papiersack	Bio-Müllbeutel
	Spar-Eigenmarke	Papiersack	Biomüll Säcke aus Papier
	Spar-Eigenmarke	kompostierbarer Kunststoff sack	Biomüll Säcke
	Spar-Eigenmarke	kompostierbarer Kunststoff sack	Biomüll Säcke
	Spar-Eigenmarke	kompostierbarer Kunststoff sack	Biomüll Säcke
	swirl	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Müll Folienbeutel
	swirl	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Müll Folienbeutel
<i>Lidl</i>	purio	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Kompostmüllbeutel
<i>dm</i>	Profissimo	kompostierbarer Kunststoff sack	Tragegriff-Biofolien-Müllbeutel
	Profissimo	kompostierbarer Kunststoff sack	Zugband-Biofolien-Müllbeutel
	Profissimo	Papiersack	Feuchtigkeitsabweisender Bio-Kompostbeutel
<i>Hofer</i>	folio	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Abfallbeutel kompostierbar
<i>Penny-Markt</i>	swirl	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Müll Folienbeutel
<i>Bipa</i>	Pely	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Zugbandbeutel kompostierbar
	clever	konventioneller Kunststoff sack	Müllsacke mit Tragegriff
<i>Billa</i>	swirl	kompostierbarer Kunststoff sack	Bio-Müll Folienbeutel
	Alufix	konventioneller Kunststoff sack	Müllsäcke
<i>Billa Plus</i>	Alufix	Papiersack	Bio Müllsack

Tabelle II: Stückpreis der verschiedenen Produkte

Händler	Hersteller	Preis pro Gebinde [€]	Menge pro Gebinde [Stück]	Stückpreis [€]
<i>Interspar</i>	swirl	1,99	10	0,20
	Spar-Eigenmarke	0,99	10	0,10
	Spar-Eigenmarke	1,49	10	0,15
	Spar-Eigenmarke	2,99	8	0,37
	Spar-Eigenmarke	3,99	5	0,80
	swirl	2,99	6	0,50
	swirl	2,99	6	0,50
<i>Lidl</i>	purio	1,89	15	0,13
<i>dm</i>	Profissimo	1,55	10	0,16
	Profissimo	1,95	10	0,20
	Profissimo	0,95	8	0,12
<i>Hofer</i>	folio	2,49	20	0,12
<i>Penny-Markt</i>	swirl	2,99	10	0,30
<i>Bipa</i>	Pely	3,19	12	0,27
	clever	0,81	50	0,02
<i>Billa</i>	swirl	2,99	6	0,50
	Alufix	1,99	40	0,05
<i>Billa Plus</i>	Alufix	1,99	10	0,20

Tabelle III: Preis pro Volumen sowie Charakteristik der Produkte der Marktrecherche

Händler	Hersteller	Volumen [Liter]	Preis pro Liter [€]	Charakteristik
<i>Interspar</i>	swirl	10	0,020	ohne Tragegriff
	Spar-Eigenmarke	10	0,010	ohne Tragegriff
	Spar-Eigenmarke	10	0,015	mit Tragegriff
	Spar-Eigenmarke	30	0,012	mit Tragegriff
	Spar-Eigenmarke	120	0,007	ohne Tragegriff
	swirl	35	0,014	mit Tragegriff
	swirl	20	0,025	mit Tragegriff
<i>Lidl</i>	purio	15	0,008	mit Tragegriff
<i>dm</i>	Profissimo	10	0,016	mit Tragegriff
	Profissimo	10	0,020	mit Zugband
	Profissimo	10	0,012	ohne Tragegriff
<i>Hofer</i>	folio	10	0,012	mit Tragegriff
<i>Penny-Markt</i>	swirl	10	0,030	mit Tragegriff
<i>Bipa</i>	Pely	10	0,027	mit Zugband
	clever	25	0,001	mit Tragegriff
<i>Billa</i>	swirl	20	0,025	mit Tragegriff
	Alufix	25	0,002	ohne Tragegriff
<i>Billa Plus</i>	Alufix	8	0,025	ohne Tragegriff

Tabelle IV: Messdaten des Verdunstungsversuches (1) [Wenn keine Einheit angegeben in kg]

Nummer der Messung	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung
Datum	21.06.21	21.06.21	22.06.21	22.06.21
Uhrzeit	12:00	16:27	08:10	11:35
Versuchslaufzeit	0:00:00	4:27:00	20:10:00	23:35:00
Temperatur Umgebung [°C]	27,9	28,7	25,6	27,2
Luftfeuchtigkeit Umgebung [%]	53,00%	43,10%	55,60%	42,90%
AirBox + Kunststoff 1	1,82	1,81	1,79	1,78
AirBox + Kunststoff 2	1,82	1,82	1,79	1,78
AirBox + Kunststoff 3	1,83	1,82	1,79	1,78
MITTELWERT	1,823	1,817	1,790	1,780
AirBox + Papier 1	1,84	1,82	1,77	1,76
AirBox + Papier 2	1,85	1,83	1,78	1,77
AirBox + Papier 3	1,84	1,82	1,78	1,77
MITTELWERT	1,843	1,823	1,777	1,767
BioBoy + Kunststoff 1	2,1	2,1	2,09	2,09
BioBoy + Kunststoff 2	2,09	2,09	2,09	2,09
BioBoy + Kunststoff 3	2,09	2,09	2,09	2,09
MITTELWERT	2,093	2,093	2,090	2,090
BioBoy + Papier 1	2,14	2,13	2,13	2,13
BioBoy + Papier 2	2,13	2,13	2,13	2,13
BioBoy + Papier 3	2,14	2,14	2,14	2,14
MITTELWERT	2,137	2,133	2,133	2,133
Papier freistehend 1	1,54	1,51	1,45	1,43
Papier freistehend 2	1,53	1,5	1,45	1,43
Papier freistehend 3	1,53	1,5	1,44	1,42
MITTELWERT	1,533	1,503	1,447	1,427
Eimer offen	1,77	1,76	1,72	1,7
Eimer geschlossen	1,83	1,83	1,83	1,83

Tabelle V: Messdaten des Verdunstungsversuches (2) [Wenn keine Einheit angegeben in kg]

5. Messung	6. Messung	7. Messung	8. Messung	9. Messung	10. Messung	11. Messung
22.06.21	23.06.21	23.06.21	23.06.21	24.06.21	24.06.21	24.06.21
16:12	08:00	12:00	16:05	08:05	12:00	09:20
28:12	44:00:00	48:00:00	52:05:00	68:05:00	72:00:00	83:20:00
28,5	25,9	27,7	25,3	26,3	29,1	26,5
46,30%	47,50%	45,10%	47,50%	60,70%	54,10%	43,40%
1,77	1,72	1,71	1,7	1,64	1,62	1,52
1,77	1,72	1,7	1,69	1,64	1,63	1,56
1,77	1,72	1,71	1,69	1,62	1,61	1,55
1,770	1,720	1,707	1,693	1,633	1,620	1,543
1,74	1,66	1,63	1,6	1,51	1,49	1,4
1,76	1,67	1,65	1,63	1,52	1,5	1,4
1,76	1,69	1,67	1,65	1,56	1,55	1,45
1,753	1,673	1,650	1,627	1,530	1,513	1,417
2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,08	2,08
2,09	2,09	2,09	2,09	2,09	2,08	2,07
2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,07	2,06
2,087	2,087	2,087	2,087	2,087	2,077	2,070
2,13	2,12	2,12	2,12	2,12	2,11	2,1
2,12	2,12	2,12	2,11	2,11	2,1	2,09
2,14	2,14	2,14	2,14	2,14	2,13	2,12
2,130	2,127	2,127	2,123	2,123	2,113	2,103
1,4	1,32	1,3	1,27	1,17	1,15	1,02
1,4	1,32	1,29	1,27	1,16	1,14	1,02
1,4	1,29	1,27	1,24	1,14	1,11	1
1,400	1,310	1,287	1,260	1,157	1,133	1,013
1,69	1,62	1,6	1,59	1,51	1,49	1,41
1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83

Tabelle VI: Auswertung des Verdunstungsversuches (1)

	Gewichtsverlust nach		
	44 Stunden [kg]	72 Stunden [kg]	83 Stunden [kg]
AirBox + Kunststoff 1	0,100	0,200	0,300
AirBox + Kunststoff 2	0,100	0,190	0,260
AirBox + Kunststoff 3	0,110	0,220	0,280
MITTELWERT	0,103	0,203	0,280
AirBox + Papier 1	0,180	0,350	0,440
AirBox + Papier 2	0,180	0,350	0,450
AirBox + Papier 3	0,150	0,290	0,390
MITTELWERT	0,170	0,330	0,427
BioBoy + Kunststoff 1	0,010	0,020	0,020
BioBoy + Kunststoff 2	0,000	0,010	0,020
BioBoy + Kunststoff 3	0,010	0,020	0,030
MITTELWERT	0,007	0,017	0,023
BioBoy + Papier 1	0,020	0,030	0,040
BioBoy + Papier 2	0,010	0,030	0,040
BioBoy + Papier 3	0,000	0,010	0,020
MITTELWERT	0,010	0,023	0,033
Papier freistehend 1	0,220	0,390	0,520
Papier freistehend 2	0,210	0,390	0,510
Papier freistehend 3	0,240	0,420	0,530
MITTELWERT	0,223	0,400	0,520
Eimer offen	0,150	0,280	0,360
	0,000	0,000	0,000
Eimer geschlossen	0,000	0,000	0,000

Tabelle VII: Auswertung des Verdunstungsversuches (2)

	Gewichtsverlust prozentuell [%]	Standardabweichung (Reihe 72 h) [1]
AirBox + Kunststoff 1		
AirBox + Kunststoff 2		
AirBox + Kunststoff 3		
MITTELWERT	11,152	0,015
AirBox + Papier 1		
AirBox + Papier 2		
AirBox + Papier 3		
MITTELWERT	17,902	0,035
BioBoy + Kunststoff 1		
BioBoy + Kunststoff 2		
BioBoy + Kunststoff 3		
MITTELWERT	0,796	0,006
BioBoy + Papier 1		
BioBoy + Papier 2		
BioBoy + Papier 3		
MITTELWERT	1,092	0,012
Papier freistehend 1		
Papier freistehend 2		
Papier freistehend 3		
MITTELWERT	26,087	0,017
Eimer offen	15,819	0,000
Eimer geschlossen	0,000	0,000

Tabelle VIII: Antworten aus der häuslichen Projektstudie (1)

TEILNEHMER	PERSONEN [1]	MENGE 2 WOCHEN [Stk.]		NUTZUNGSDAUER DURCH. [Tage]	
		Papier	Biokunststoff	Papier	Biokunststoff
BE 1	3	4	3	3	4
FA 2	3	4	4	4,5	4,5
HA 3	1	2	2	7	7
IL 4	2	4	4	4	4
KR 5	4	3	3	4	4
PE 6	2	3	3	5	5
PÖ 7	2	2	2	7	2
PO 8	8	10	5	1,5	2,5
RE 9	2	4	5	4	3
SCHL 10	3	3	4	5	4
SCHW 11	1	1	1	14	14
SE 12	3	3	5	4	4
SK 13	2	2	2	3	3
ST 14	2	3	4	4	3
THA 15	2	5	5	4	4
TR C 16	4	9	9	3	3
TR E 17	4	5	5	3,5	4

Tabelle IX: Antworten aus der häuslichen Projektstudie (2)

TEILNEHMER	GRUND FÜR WECHSEL		GRÖÖE (0-5)
	Papier	Biokunststoff	0 ausreichend 1 kleiner 5 größer
BE 1	Kübel voll, Sack nicht	Kübel und Sack voll	0
FA 2	Kübel und Sack voll	Kübel und Sack voll	0
HA 3	unangenehmer Geruch noch nicht voll	Flüssigkeitsaustritt	0
IL 4	unangenehmer Geruch noch nicht voll	unangenehmer Geruch noch nicht voll	0
KR 5	Kübel und Sack voll	Kübel und Sack voll	0
PE 6	unangenehmer Geruch noch nicht voll	Flüssigkeitsaustritt	2
PÖ 7	unangenehmer Geruch noch nicht voll	Flüssigkeitsaustritt	2
PO 8	Kübel und Sack voll	Kübel und Sack voll	0
RE 9	Kübel und Sack voll	Befürchtung Sack könnte reißen	5
SCHL 10	Kübel und Sack voll	Kübel und Sack voll	0
SCHW 11	Zeitablauf	Flüssigkeitsaustritt	2
SE 12	Befürchtung Sack könnte reißen	Befürchtung Sack könnte reißen	0
SK 13	erste Woche wenig Müll da auswärts	Kübel und Sack voll	0
ST 14	Befürchtung Sack könnte reißen	Befürchtung Sack könnte reißen	0
THA 15	Kübel und Sack voll	Kübel und Sack voll	0
TR C 16	unangenehmer Geruch noch nicht voll	unangenehmer Geruch noch nicht voll	2
TR E 17	Kübel und Sack voll	Kübel und Sack voll	0

Tabelle X: Antworten aus der häuslichen Projektstudie (3)

TEILNEHMER	HANDLING (0-5)		TÄTIGKEIT DES ENTLEERENS	WEG ZUM SAMMELBEHÄLTER
	Papier 1 Sehr gut 5 nicht gut	Biokunststoff 1 Sehr gut 5 nicht gut		
BE 1	2	2	in Zuge anderen Weges	2,5 Stockwerke und 30m zu Fuß
FA 2	2	1	nur Entleeren Bioabfall	25 m
HA 3	1	2	im Zuge eines anderen Weges	50m, 3 Stockwerke ca. 1 min
IL 4	1	2	im Zuge eines anderen Weges	2 Stockwerke und 30m zu Fuß
KR 5	1	1	mal nur zum Entleeren des Biomülls, mal im Zuge eines anderen Weges	1 Stockwerk und 20m zu Fuß ca. 1 min
PE 6	3	2	im Zuge eines anderen Weges	150m, 3 Stockwerke 2 min pro Richtung
PÖ 7	1		nur Entleeren Bioabfall	2 Minuten
PO 8	1	1	im Zuge eines anderen Weges	50m, 1 min
RE 9	1	3	nur Entleeren Bioabfall	30m, ebenerdig 2 min
SCHL 10	2	2	im Zuge eines anderen Weges	100m, 2 Stockwerke 1 min
SCHW 11	5	4	nur Entleeren Bioabfall	1 Stockwerk
SE 12	1	1	im Zuge eines anderen Weges	150m
SK 13	1	1	im Zuge eines anderen Weges	150m, 1 Stockwerk, 1 min
ST 14	2	2	im Zuge eines anderen Weges	2 min

THA 15	1	2	im Zuge eines anderen Weges	50m, 2 Stockwerke 3min
TR C 16	3	1	nur Entleeren Bioabfall	10m, direkt am Hintereingang Haus
TR E 17	1	1	nur Entleeren Bioabfall	20m

Tabelle XI: Antworten aus der häuslichen Projektstudie (4)

TEILNEHMER	REISSFESTIGKEIT (0-5)		AUFTRETEN ELUATION	WEITERE VERWENDUNG	
	Papier 1 zu gering 5 ausreichend	Biokunststoff 1 zu gering 5 ausreichend	Papier	Biokunststoff	
BE 1	4	4	ja	Nein	nein
FA 2	5	5	nein	ja	Papiersack
HA 3	5	5	nein	ja	Papiersack
IL 4	5	5	nein	nein	Papiersack
KR 5	5	5	nein	nein	Papiersack
PE 6	5	4	nein	ja	Papiersack
PÖ 7	5	4	nein	ja	Papiersack
PO 8	5	5	nein	nein	Papiersack
RE 9	5	5	nein	nein	Papiersack
SCHL 10	5	5	nein	nein	Papiersack
SCHW 11	4	5	nein	ja	nein
SE 12	5	5	nein	nein	Papiersack
SK 13	5	5	nein	nein	Beide vorstellbar
ST 14	5	3	nein	ja	Papiersack
THA 15	5	5	nein	ja	Papiersack
TR C 16	5	5	nein	nein	Kunststoffsack
TR E 17	5	5	nein	nein	Kunststoffsack

Tabelle XII: Weitere Mitteilungen der Probanden aus der Projektstudie

TEILNEHMER	WEITERE MITTEILUNG
BE 1	Nach Versuch wieder bisherige Methode mit Zeitungspapier in Kübel. Verhindert Flüssigkeitsaustritt im Stiegenhaus
FA 2	Handling des Vorsammeleimers sehr gut. Ist schön groß, handlich und verhindert Geruchsbelästigung. Von den Eigenschaften des Papiersackes positiv überrascht.
HA 3	Beide Varianten leicht in der Handhabung und Praktisch
IL 4	Papiersack eindeutig besser da besser kompostierbar
KR 5	Papiersack wurde vorher und wird weiter verwendet obwohl Kunststoff im Handling etwas "sauberer" ist. Überrascht, dass es zu keinen Problemen mit Flüssigkeitsaustritt gekommen ist.
PE 6	
PÖ 7	
PO 8	
RE 9	
SCHL 10	Positiv überrascht, dass Papiersack gar nicht aufgeweicht wurde durch die Bioabfälle. Abbaubarer Kunststoff sack darf in Kapfenberg nicht in Biomüll entsorgt werden was Vorteile egalisiert.
SCHW 11	Weiterhin normale Kunststoffsäcke im Umleerverfahren mit geschlossenem Eimer da man so keinerlei Probleme mit auslaufenden Flüssigkeiten hat. Große Probleme mit Flüssigkeitsaustritt bei abbaubarem Kunststoff sack. Außerdem darf dieser in Kapfenberg nicht in Bioabfall entsorgt werden. Er bietet daher keinen Vorteil.
SE 12	
SK 13	Kunststoff sack darf leider nicht in Bioabfall entsorgt werden
ST 14	
THA 15	Von Papiersack vollends überzeugt
TR C 16	
TR E 17	Beide Säcke sehr gut. Kunststoff sack hat deshalb überzeugt, da man ihn bis zu 5 mal verwenden kann. Er wird in die Biomülltonne entleert und weiterverwendet. Da in Kapfenberg auch die abbaubaren Kunststoffsäcke nicht in den Bioabfall entsorgt werden sollten ist dies die sinnvollste Variante.

Fotodokumentation

In den Abbildungen I bis VI ist der Versuchsaufbau unmittelbar nach der Einwaage der Treber zu sehen:



Abbildung I: Vollständiger Versuchsaufbau



Abbildung II: Trebereinwaage in *Sulo BioBoy*



Abbildung III: Trebereinwaage in die *Biomat Air Box* mit Papiersack



Abbildung IV: Analog zu Abbildung III aber mit abbaubarem Kunststoffsack



Abbildung V: Freistehender Papiersack mit Trebereinwaage



Abbildung VI: Offener Behälter mit Treber und Placebo-Versuch

Die Abbildungen VII bis XI zeigen die Beobachtungen nach 44 Stunden:



Abbildung VII: Geschlossene Vorsammelbehälter sowohl mit Papier- als auch mit abbaubarem Kunststoff sack. Kondenswasserbildung ersichtlich.



Abbildung VIII: *Biomat AirBox* mit Kunststoff sack



Abbildung IX: *Biomat AirBox* mit Papiersack



Abbildung X: Freistehender Papiersack nach 44 Stunden



Abbildung XI: Offener Eimer mit Treber nach 44 Stunden

Die Beobachtungen nach 72:00 Stunden sind in den folgenden Abbildungen dokumentiert:



Abbildung XII: Die geschlossenen Vorsammelbehälter nach 72:00 Stunden. Erhebliche Kondenswasserbildung erkennbar



Abbildung XIII: Kein Kondenswasser auf den Deckeln der gelochten Behälter

In den Abbildungen XIV bis XVI ist der Zustand der Vorsammelbehälter bei Ausbringen der Vorsammelhilfen nach 83:20 Stunden ersichtlich:



Abbildung XIV: *Biomat AirBox* mit Papiersack. Dieser ist auch nach 83:20 Stunden noch trocken



Abbildung XV: Minimaler Wasserrückstand am Boden des Vorsammelbehälters



Abbildung XVI: Auch bei den kompostierbaren Kunststoffsäcken ist ein Wasserrückstand am Boden des Vorsammelbehälters zu beobachten

Fragebogen

Anbei ist der Fragebogen, welcher für die Auswertung der häuslichen Projektstudie herangezogen wurde, ersichtlich.

Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt:

1. Wie viele Säcke haben Sie während der Versuchslaufzeit benötigt (jeweils 2 Wochen Laufzeit pro Vorsammelhilfe)?

Papiersäcke:

Kunststoffsäcke:

2. Wie oft mussten Sie die Säcke im Durchschnitt wechseln (in Tagen)?

Papiersäcke:

Kunststoffsäcke:

3. Warum haben Sie den Sack gewechselt?

Papiersack: Es kam zu einer unangenehmen Geruchsbelästigung. Der Sack war noch nicht vollständig gefüllt.

Ich hatte die Befürchtung der Sack könnte bei weiterer Befüllung reißen.

Es kam zu einem Flüssigkeitsaustritt aus dem Sack

andere Begründung:

Kunststoffsack: Es kam zu einer unangenehmen Geruchsbelästigung. Der Sack war noch nicht vollständig gefüllt.

Ich hatte die Befürchtung der Sack könnte bei weiterer Befüllung reißen.

Es kam zu einem Flüssigkeitsaustritt aus dem Sack

andere Begründung:

4. Ist das Füllvolumen der Säcke ausreichend? Wenn nicht, sollte er für Ihre Anforderungen größer oder kleiner sein (bitte nur eine Option bzw. Gewichtung ankreuzen)?

Die Größe ist ausreichend

Kleiner Größer

5. Wie bewerten Sie das Handling des Produktes (bitte jeweils nur eine Gewichtung ankreuzen)?

Papiersack: Sehr gut nicht gut

Kunststoffsack: Sehr gut nicht gut

6. Im Zuge welcher Tätigkeit entleeren Sie den Sack?

im Zuge eines anderen Weges

nur zum Entleeren des Bioabfalles

7. Wie weit ist der Weg zum Bioabfallsammelbehälter für Sie?

Meter; Stockwerke; Zeit:

8. Wie beurteilen Sie die Reißfestigkeit der Säcke (bitte jeweils nur eine Gewichtung ankreuzen)?

Papiersack: zu gering ausreichend

Kunststoffsack: zu gering ausreichend

9. Hatten Sie Probleme mit auslaufenden Flüssigkeiten?

Nein

Ja, beim Papiersack

Ja, beim Kunststoffsack

10. Werden Sie eine der während des Versuches verwendeten Vorsammelhilfen weiterhin verwenden?

- Nein
- Ja, den Papiersack
- Ja, den Sack aus abbaubarem Kunststoff

11. Wollen Sie uns noch etwas mitteilen?

Prüfbericht der Analyse der Biertreber



Lehrstuhl für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft

Department für Umwelt- und Energieverfahrenstechnik, Montanuniversität Leoben
Franz-Josef-Straße 18 (Umweltschutzgebäude) A-8700 Leoben

Tel.: +43 (0) 3842 / 402-5101, Fax: -5102, E-Mail: avaw@unileoben.ac.at, Homepage: avaw.unileoben.ac.at

Der Lehrstuhl ist Teil des Departments für Umwelt- und Energieverfahrenstechnik

Prüfbericht

Probennummer:	1425-21
Auftraggeber:	Montanuniversität Leoben Franz - Josef - Str. 18 8700 Leoben Dipl.-Ing. (FH) Josef Adam
Abteilung:	LS für Abfallverwertungstechnik und Abfallwirtschaft
Probenbezeichnung:	Biertreber ^[L] _[SEP]
Probeneingangsdatum:	16.06.2021
Probe eingegangen von:	^[L] _[SEP] studentischer Mitarbeiter
Probenahme:	durch Kunden
Probenart:	Biertreber
Farbe: ^[L] _[SEP]	braun
Korngröße: ^[L] _[SEP]	^[L] _[SEP] < 1 cm
Probenzustand bei Eingang im Labor:	gekühlt
Homogenität: ^[L] _[SEP]	homogen
Gebinde: ^[L] _[SEP]	Kunststoffkübel
Menge: ^[L] _[SEP]	ca. 10 kg
Probenaufbereitung:	keine Probenaufbereitung

Prüfergebnisse:

Parameter	Ergebnis	Einheit	Prüfverfahren	Datum	
Trockenrückstand (105 °C)	22,2	%	ÖNORM EN 14346:2007-03 (Verfahren A)	04.08.2021	akkreditiertes Verfahren
Wassergehalt (105 °C)	77,8	%	ÖNORM EN 14346:2007-03 (Verfahren A)	04.08.2021	akkreditiertes Verfahren

Legende: n.b. nicht bestimmbar

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift gültig.

Die im Prüfbericht angeführten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf das übergebene Prüfgut zum Zeitpunkt der Übergabe an das Labor, die Probenahme ist nicht umfasst. Die Vervielfältigung dieses Prüfberichtes (auch auszugsweise) ohne schriftliche Genehmigung des Labors ist nicht zulässig.

Probenummer: 1425-21 Seite 1 von 2 Freigabedatum: 10.08.2021

Manuel Riedl (Zeichnungsberechtigter)

Probenummer: 1425-21 Seite 2 von 2 Freigabedatum: 10.08.2021