



Biologisch abbaubare Beutel in der Bioabfallverwertung: Potential zur Verdrängung konventioneller Plastikbeutel, Abbau in der Anlage, Umweltrelevanz
(Akronym: BabbA)

Projektlaufzeit: 01.11.2020 – 31.08.2022

Autoren:

Ansilla Bayha ⁴, Bernd Jörg ⁵, Jens Forberger ⁴, Ruth Freitag ², Jürgen Geyer ⁵, Gabriela Gromer ⁴, Rebecca-Laura Hieke ², Ellen Kandeler ³, Ulrike Kröner ⁵, Christian Laforsch ², Martin Löder ², Julia Möller ², Holger Pagel ³, Lion Schöpfer ³, Thomas Steiner ¹,

¹ Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Bioprozesstechnik (BPT), ² Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Tierökologie I (TÖK I), ³ Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre (IBS), ⁴ Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT), ⁵ BEM Umweltservice GmbH

Förderkennzeichen BWBAW20101-20105



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Die Arbeiten des Baden-Württemberg-Programms Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung (BWPLUS) werden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert

Juni 2023

Forschungsberichtsblatt

1. Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Das Forschungsprojekt <BabbA <verfolgte drei Hauptziele:

1. Die **Untersuchung des von BAW- und Papier-Sammelmedien in realen großtechnischen** (Anlage 1: reine Kompostierungsanlage, Anlage 2: diskontinuierliche, mesophile Trockenvergärungsanlage (Boxenfermentieranlage) mit anschließender Kompostierung und Anlage 3: kontinuierliche, thermophile Trockenfermentations-anlage) **Bioabfallverwertungsanlagen** inkl. der Fragmentierung in Partikel < 1 mm.
2. Die **Abschätzung des Abbauverhaltens** von unbehandelten und kompostierten BAW-Materialien und Papierbeuteln im Boden mittels standardisierten Labortests und die Bewertung ihrer Auswirkung auf Bodenfunktionen.
3. Die **Erhebung und Analyse** der Einstellungen, Erwartungen und Erfahrungen der Bevölkerung in Bezug auf BAW- und Papier-Sammelmedien für Bioabfall sowie die Ermittlung der Bereitschaft der Bürger*innen diese zu nutzen.

Ergebnisse der Chargenanalysen/Verdrängungseffekte

Ziel der Chargenanalysen war es zu ermitteln, ob sich durch den Einsatz von BAW- und Papiersammelbeuteln der Anteil an konventionellen Kunststoffbeuteln im Bioabfall verringert. Es konnten die im Rahmen des Projektes eingesetzten Papierbeutel während der Chargenanalysen nicht mehr eindeutig identifiziert werden und wurden somit nicht mit aufgenommen. Durch die inhomogene Verteilung der Kunststoffe im Bioabfall waren breite Schwankungen zwischen den Kunststoffanteilen in verschiedenen Chargenanalysen zu erwarten, was bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden musste. Im Sommersversuch konnte ein durchschnittlicher Rückgang des Anteils an konventionellen Kunststoffen im Bioabfall der Modellregion AVL im Vergleich zu den Nullchargen beobachtet werden (in Gerlingen von 6,1 kg/t in der Nullcharge auf 1,3 kg/t in der Versuchscharge, in Markgröningen von 11,1 kg/t auf 4,3 kg/t und in Steinheim von 4,9 kg/t auf 2,7 kg/t, bezogen auf die Trockenmasse des Bioabfalls). Dies konnte im Winterversuch bei denselben Sammelgebieten nicht beobachtet werden. Hier blieben die Kunststoffanteile unter Berücksichtigung der Standardabweichung in etwa gleich. Im Modellgebiet der GOA lässt sich auf Grund des Sammel systems in PE-Säcken keine Aussage bezüglich einer Verdrängung von konventionellen Kunststoffen durch BAW-Sammelbeutel treffen. Der Fokus der der Untersuchungen lag hier auf der Abbaubarkeit der BAW-Beutel.

Betrachtet man die Gesamtfremdstoffgehalte, so zeigten die Chargenanalysen, dass hier keine Verringerung durch den Einsatz der BAW-Sammelbeutel zu verzeichnen ist: Im Sommer betrug der Mittelwert des Fremdstoffgehalts der drei Sammelgebiete der AVL-Modellregion in den Nullchargen 2,40 % und in den Versuchschargen 2,49 %. Im Winter 2,39 % in den Nullchargen und 2,05 % in den Versuchschargen.

Bei der Modellregion GOA betrug der Fremdstoffgehalt im Winter in der Nullcharge 6,73 % und in der Versuchscharge 5,22 %. Trotz der Zurverfügungstellung von kostenlosem BAW- und Papiersammelbeutel konnte auch hier keine signifikante Reduzierung der Kunststoffanteile verzeichnet werden.

Ergebnisse der Stoffstromanalysen sowie des Fragmentierungs- und Abbauverhaltens:

In den Stoffstromanalysen zeigte sich, dass dort, wo BAW-Beutel im Bioabfall vorhanden waren, meist auch eine große Menge an PBAT (Polybutylenadipat-Terephthalat) -Partikeln < 1 mm im Kompost zu verzeichnen war. Eine statistisch abgesicherte Proportionalität der im Bioabfall gefundenen BAW-Beutel zu den im Kompost vorhandenen PBAT-Partikeln konnte jedoch nicht festgestellt werden, was wahrscheinlich an der hohen Varianz innerhalb der Stichproben liegt. Da PBAT jedoch ein Hauptbestandteil der BAW-Sammelbeutel ist, ist davon auszugehen, dass die eingesetzten BAW-Sammelbeutel die Quelle der PBAT-Fragmente im Kompost sind. Im Vergleich scheinen BAW-Beutel stärker zu fragmentieren als konventionelle Kunststofftüten und verursachen dadurch mehr kleinere Mikrokunststoffe (< 1 mm) im Kompost. Im Durchschnitt bestanden etwa 88 % der Kunststofffragmente < 1 mm im Kompost der Versuchschargen aus PBAT, der Median lag sogar bei 92 %. Der Anteil an konventionellen Kunststoffen hingegen war gering, was vermutlich daran liegt, dass die stabilen Kunststoffbeutel in der Regel als Ganzes während der Siebung aussortiert werden können. Insgesamt konnte der von der Düngemittelverordnung geforderte Grenzwert von 0,1 Masseprozent für Kunststoffpartikel > 1 mm für die hier untersuchten Komposte stets eingehalten wurde. Die Tatsache, dass im Kompost aller Anlagen dennoch eine große Anzahl an PBAT-Fragmenten im Bereich 10 µm – 1 mm gefunden wurde zeigt, dass die BAW-Beutel innerhalb der Anlagen im Versuch nicht vollständig abgebaut wurden, sondern weitestgehend fragmentierten.

Insgesamt zeigten sich große Unterschiede im Fragmentierungsverhalten der BAW-Beutel zwischen den Anlagentypen, aber auch innerhalb derselben Anlage zwischen dem Sommer- und Winterversuch. In der reinen Kompostierungsanlage (Anlage 1) zeigte sich in den Chargen aus Gerlingen und Markgröningen, dass die weitestgehende Fragmentierung zu Partikeln < 1 mm erst in den Stufen nach der Intensivrotte stattfand. In Anlage 2 (Boxenfermenter) hingegen wurden an den verschiedenen Stufen der Prozessierung nach Anlieferung des Bioabfalls so gut wie keine Fragmente > 1 mm gefunden. Hier wird davon ausgegangen, dass

die Fragmentierung recht früh im Vergärungsprozess einsetzt. Für Anlage 3 konnten aufgrund der Anlagentechnik nur der angelieferte Bioabfall und der Kompost untersucht werden, weshalb hier keine Aussagen zum Fragmentierungsverhalten der BAW-Beutel in der Anlage getroffen werden können. Es wurden keine BAW-Fragmente > 1 mm im Kompost der Versuchscharge gefunden.

Die Ergebnisse des Winterversuchs unterscheiden sich teils stark von denen des Sommersversuchs. Beim Winterversuch wurden zusätzlich die Siebüberläufe der Siebungsstufen beprobt, da vor allem in der Anlage 1 im Winter im Siebüberlauf (nach der Kompostierung) visuell BAW-Fragmente beobachtet wurden, die so im Sommersversuch nicht zu verzeichnen waren. Für alle Modellregionen konnten im Winter in den Siebüberläufen der Anlage 1 BAW-Fragmente nachgewiesen werden (durchschnittlich 0,27 kg/t). Auch in Anlage 2 wurden im Winter sowohl im Gärrest als auch im Rottegut nach der Intensivrotte und im Siebüberlauf noch BAW-Fragmente > 1 mm gefunden. Im Kompost wurden in Anlage 2 hingegen kaum BAW-Fragmente > 1 mm gefunden. In Anlage 3 wurden auch im Winterversuch keine BAW-Fragmente > 1 mm im Kompost gefunden. Aufgrund dieser Ergebnisse ist zu folgern, dass sowohl der Anlagentyp, der eingebrachte Bioabfall und die Lagerungs- und Sammelverhältnisse, sowie potenziell auch die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse eine Rolle beim Fragmentierungsverhalten von BAW- und Papierbeuteln innerhalb der Anlagen (Ausnahme Anlage 3) spielen können.

Ergebnisse der Abschätzung des Abbauverhaltens:

Die beiden untersuchten BAW-Materialien ecovio® und Mater-Bi® wurden im Boden unter standardisierten Labortests im Untersuchungszeitraum von 145 bzw. 86 Tagen teilweise mineralisiert. Dabei wurde ecovio® mit biologischer Vorbehandlung und Kompostierung signifikant schneller als unbehandeltes ecovio® umgesetzt. Mit biologischer Vorbehandlung ist die Mineralisierung von ecovio® und Mater-Bi® im Boden vergleichbar und erreichte innerhalb von etwa 5 Monaten bis zu 25% bei optimaler Bodenfeuchte und -temperatur. Im Vergleich dazu wurden über den gleichen Zeitraum wachsbeschichtete Papiertüten und das Referenzpolymer deutlich stärker mineralisiert (bis zu 46%). Die Art der biologischen Vorbehandlung beeinflusste die Abbaubarkeit der BAW-Materialien. Im Vergleich zur Kompostierung (Anlage 1) führte die Vergärung mit anschließender Kompostierung (Anlage 2) zu stärker zersetztem BAW-Material und in der Folge zu einer etwas geringeren Mineralisierung im Boden. Dieser Befund deutet darauf hin, dass die Mineralisierbarkeit des inhomogenen BAW-Materials mit zunehmendem Zersetzungsgrad in der Anlage abnimmt, weil der relative Anteil schlechter abbaubarer Bestandteile des BAW-Materials (z.B. kristalline Strukturen) während der Zersetzung zunimmt. Die Enzymanalysen im Boden unterstützen die Mineralisierungsbefunde und deuten darauf hin, dass Bodenmikroorganismen BAW-

Sammelmedien nach enzymatisch katalysierter Depolymerisierung als Wachstumssubstrat nutzen können.

Unter Feldbedingungen ist aufgrund von Abbaulimitierungen durch suboptimale Bodenfeuchte und -temperatur eine deutlich geringere Mineralisierung der prozessierten BAW-Materialien Mater-Bi® und ecovio® als die unter Laborbedingungen festgestellte Mineralisierung von bis zu 25% innerhalb von 5 Monaten zu erwarten. Insgesamt ist davon auszugehen, dass mit Komposten in Agrarökosysteme eingebrachtes Mater-Bi® und ecovio® über einen längeren Zeitraum im Boden verbleibt.

Ergebnisse aus der Öffentlichkeitsarbeit:

Im Durchschnitt nahmen etwa 13 % der Bürger*innen, die Umfragebögen erhielten, an der Umfrage teil und sendeten sie zurück.

Aus den Umfragen der Sommerkampagne wurde folgendes klar: Die Frage, ob die Bürger*innen den Einsatz von biologisch abbaubaren Kunststoffbeuteln für sinnvoll halten, ergab bei Zusammenfassung der Ergebnisse für Markgröningen und Gerlingen (Mater-Bi® (Hemdchenbeutel), Mater-Bi® (Standard) 50 % + Ecovio® (Standard) 50 %), dass 66 % den Einsatz für sinnvoll erachten, 32 % für nicht sinnvoll. Als Gründe für den Einsatz eines BAW-Beutels gaben die Befragten an, dass es mit diesem sauber und hygienischer sei den Bioabfall zu sammeln, der Beutel wasserdicht ist, gut für die Umwelt, einfache Handhabung ermöglicht und Gerüche vermindert. Gegen die BAW-Beutel wurde angeführt, dass Zeitungspapier zum Sammeln ausreichend sei. Zusätzlich wurden grundsätzliche Zweifel an der Abbaubarkeit der BAW-Beutel geäußert.

Von den Befragten in Steinheim (Papierbeutel) fanden 76 % den Einsatz von Papierbeuteln sinnvoll, 22 % dagegen nicht. Vor allem wurde hier positiv die Sauberkeit und dadurch verbesserte Hygiene in der Sammlung angegeben, zudem, dass der Papierbeutel als umweltfreundlich gilt und dieser einfach zu handhaben wäre. Als Contra wurde aufgeführt, dass Zeitungspapier ausreichend sei und dass die Beutel durchweichen und dadurch die Sauberkeit vermindert werde.

Aus den Umfragen der Winterkampagne zeigte sich: Den Einsatz von biologisch abbaubaren Beuteln halten in der Region GOA (Ecovio® (Standard)) 95 % der Befragten für sinnvoll, bei Gerlingen/Markgröningen (Mater-Bi® (Hemdchenbeutel); Mater-Bi® (Standard)) 67 %, der Einsatz von Papierbeuteln wurde bei Steinheim zu 75 % als sinnvoll erachtet. Stimmen, die dagegen waren, gaben zum Ausdruck, dass Zeitungspapier oder ähnliches ausreichend sei, es gab aber auch Zweifel an der tatsächlichen Abbaubarkeit der BAW-Beutel.

Auf die Frage, ob die Bürger*innen die Beutel weiterverwenden wollen würden, stimmten bei der GOA 82 %, bei Gerlingen/Markgröningen 88 % und bei Steinheim 89 % für ja. Die Gründe für die Stimmen dagegen waren, dass man selbst kompostiere oder der Preis stimmen solle.

Zur Frage, ob sich das Sammelverhalten nach der Versuchsphase verändert habe, gaben bei Gerlingen/Markgröningen 76 % an, dass keine Veränderung stattgefunden habe, bei Steinheim waren es 69 %. Insgesamt zeichnete sich in den Umfragen ab, dass die Bürger*innen, trotz geringer Zweifel und Unzufriedenheit, dem Einsatz von BAW-Beutel positiv gegenüberstehen, auch wenn dieser nicht unbedingt das Sammelverhalten beeinflusst

2. Welche Fortschritte ergeben sich für die Wissenschaft und/oder Technik durch die Forschungsergebnisse?

Weitere detaillierte Untersuchungen zur BAW-Hintergrundbelastung landwirtschaftlicher Böden sowie in den Bioabfallverwertungsanlagen in Baden-Württemberg können nun mittels μ -FTIR Spektroskopie (detaillierte Informationen über die chemische Struktur eines Materials) mit einer Partikelidentifikation bis zu 10 μm quantifiziert werden, um räumliche Verteilungsmuster in den Anlagen zu identifizieren, inkl. deren Qualitätssicherung.

Die Zeitpunkte, an denen weniger große Fragmente und mehr kleine Fragmente in der Stoffstromanalyse aufgezeichnet wurden, variierten. Die genauen Parameter, die den Zerfall der BAW-Beutel begünstigen, konnten im Rahmen des BabbA Projektes nicht im Detail erfasst werden, jedoch deuten die Daten darauf hin, dass neben den Bedingungen in den Anlagen(-typus) und neben der Witterung auch das Design der BAW-Beutel einen Einfluss auf die Fragmentierung hat.

3. Nutzen, insbesondere praktische Verwertbarkeit der Ergebnisse und Erfahrungen

Das Projekt BabbA hat mittels Chargenanalysen und Stoffstromanalysen erstmals eine großangelegte Untersuchung der Belastung von Bioabfällen, Rottegut und Kompost mit BAW und konventionellen Kunststoffen durchgeführt. Hierbei wurde explizit auch Mikroplastik bis zu einer Größe von 10 μm untersucht. Dadurch konnte der „Weg“ der BAW- und Papier-Sammelmedien in den Anlagen verfolgt, und der Verlauf (auch der Fragmente) nachvollzogen werden.

Die Art der biologischen Vorbehandlung beeinflusst die Abbaubarkeit der BAW-Materialien in Böden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Mineralisierbarkeit des inhomogenen BAW-Materials mit zunehmendem Zersetzungsgrad in der verschiedenen Anlagentypen unterschiedlich abnimmt. Die Enzymanalysen im Boden unterstützen die

Mineralisierungsbefunde und deuten darauf hin, dass Bodenmikroorganismen BAW-Sammelmedien nach enzymatisch katalysierter Depolymerisierung als Wachstumssubstrat nutzen können. Weiterführende künftige Studien zu vor- und unbehandelten BAW-Fragmenten (Abbaulimitierungen, Enzymanalysen im Boden) wie auch zu den Interaktionen mit Bodenlebewesen sollten in umwelt-relevanten Konzentrationen untersucht werden, um mögliche Gefahrenpotential von MKS für Bodenlebewesen unter realistischeren Szenarien besser abschätzen zu können.

Es können aus den Projektergebnissen neue „Impulse“ für die Zertifizierung bzw. Vorgaben für die aktuellen Normen zur Kompostierbarkeit einfließen, u.a. auch, ob diese die realen Bedingungen innerhalb der Bioabfallverwertungsanlagen abbilden.

4. Konzept zum Ergebnis- und Forschungstransfer auch in projektfremde Anwendungen und Branchen

Es konnten vielfältige Ergebnisse von BAW- und Papier-Sammelmedien in realen großtechnischen Bioabfallverwertungsanlagen. (Stoffstromanalysen, Fragmentierungs- und Abbauverhaltens) aufgezeigt sowie Abschätzungen des Abbauverhaltens im Boden erschlossen werden. Diese werden für die Lehre an den Universitäten in Vorlesungen und Praktikus genutzt und weitervermittelt. Die Projektergebnisse und die durch das Projekt erworbenen Kontakte werden genutzt, um weiter Forschungen in den unterschiedlichen Bereichen (bspw. neue Forschungsprojekte) weiterzuführen.