

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Wasser – Atmosphäre - Umwelt

Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Marion Huber-Humer

Muthgasse 107/III, A-1190 Wien



ABF 

Institut für Abfall-
und Kreislaufwirtschaft

Kompostierbarkeit von biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen und deren Akzeptanz in der Bevölkerung

Endbericht Modul 1

Im Auftrag des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung

Maximilian Pamperl

Erwin Binner

Marion Huber-Humer

Wien, Oktober 2022

Inhaltsverzeichnis

1	HINTERGRUND, MOTIVATION UND PROJEKTABLAUF	1
2	VERANLASSUNG FÜR DIE ROTTEVERSUCHE	4
3	KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE IN DER HLUW YSPERTAL	5
3.1	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG.....	5
3.1.1	Untersuchungsvarianten.....	5
3.1.2	Aufsetzen der Varianten.....	6
3.1.3	Betreuung der Varianten	7
3.1.4	Messdaten (Rottetemperaturen und Porenluftzusammensetzung) der Varianten	9
3.1.5	Rotteparameter der Varianten.....	12
3.1.6	Beurteilung der Kompostqualität.....	16
3.1.7	Abbau der „Biosackerl“ während der Eigen-/ Heimkompostierung.....	18
4	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	24
5	LITERATUR	26
ANHANG I – ANALYSEDATEN		27
5.1.1	Rotteparameter der Varianten.....	30

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: AUFSETZEN DER SIEBEN VARIANTEN AM 23.10.2020. BILDER OBEN: KEGELMIETEN UNTER DACH (VARIANTEN 1 HINTEN UND 2 VORNE). BILDER UNTEN LINKS: KEGELMIETEN IM FREIEN (VARIANTEN 3 VORNE UND 4 HINTEN), MITTE: GITTERKOMPOSTER, RECHTS: JUWEL KOMPOSTER BIO600 (VORNE) UND JUWEL THERMOKOMPOSTER AEROQUICK420 (HINTEN).....	6
ABBILDUNG 2: MIETENBETREUUNG DURCH SCHÜLER*INNEN – LINKS TEMPERATURMESSUNG BEIM GITTERKOMPOSTER (FOTO MANUEL EISSCHILL) UND RECHTS MESSUNG VON TEMPERATUR UND PORENLUFTZUSAMMENSETZUNG BEIM THERMOKOMPOSTER (FOTO SHANIA REICHHARD).....	8
ABBILDUNG 3: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES NACH 82 WOCHEN ROTTEDAUER. LINKS: VARIANTEN 1 UND 2 VOR DEM ABSIEBEN, RECHS: TROMMELSIEB.....	8
ABBILDUNG 4: ROTTETEMPERATUREN DER 7 VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 50 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	9
ABBILDUNG 5: ROTTETEMPERATUREN DER SIEBEN VARIANTEN WÄHREND DER INTENSIVROTTEPHASE (HYGIENISIERUNGSPHASE). DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET. DER HORIZONTALE ROTE STRICH MARKIERT DIE FÜR DIE HYGIENISIERUNG ERFORDERLICHE MINDESTTEMPERATUR.....	10
ABBILDUNG 6: SAUERSTOFFGEHALT IN DER PORENLUFT DER SIEBEN VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 50 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	11
ABBILDUNG 7: KOHLENDIOXIDGEHALT IN DER PORENLUFT DER SIEBEN VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 50 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	11
ABBILDUNG 8: WASSERGEHALTE IM ROTTEGUT DER SIEBEN VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 84 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	12
ABBILDUNG 9: WASSERGEHALTE IM ROTTEGUT DER 7 VARIANTEN WÄHREND DER INTENSIVROTTE. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	13
ABBILDUNG 10: pH-WERTE IM ROTTEGUT DER 7 VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 84 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	13
ABBILDUNG 11: GLÜHVERLUSTE (ORGANISCHE SUBSTANZ) IM ROTTEGUT DER SIEBEN VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 84 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	14
ABBILDUNG 12: GESAMTSTICKSTOFFGEHALTE IM ROTTEGUT DER 7 VARIANTEN WÄHREND DER ROTTEDAUER VON 84 WOCHEN. DIE UMSETZZEITPUNKTE BEI VARIANTE 1 UND 2 SIND DURCH BLAUE VERTIKALE STRICHE GEKENNZEICHNET.....	15
ABBILDUNG 13: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES VON VARIANTE 1 MITTELS 10 MM TROMMELSIEBES AM 19.5.2022 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN). BILD OBEN LINKS: MIETE VOR DEM ABSIEBEN, OBEN RECHTS: RESTE DER „BIOSACKERL“ IN DER FRAKTION >10 MM. BILD UNTEN LINKS SIEBDURCHGANG (FRAKTION <10 MM), RECHTS SIEBÜBERLAUF (FRAKTION >10 MM).....	18
ABBILDUNG 14: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES VON VARIANTE 2 MITTELS 10 MM TROMMELSIEBES AM 19.5.2022 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN). BILD OBEN LINKS: MIETE VOR DEM ABSIEBEN, OBEN RECHTS: RESTE DER „BIOSACKERL“ IN DER FRAKTION >10 MM (DIESE WURDEN DURCH WINDVERFRACHTUNG EINGEBRACHT!). BILD UNTEN LINKS SIEBDURCHGANG (FRAKTION <10 MM), RECHTS SIEBÜBERLAUF (FRAKTION >10 MM).....	19
ABBILDUNG 15: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES VON VARIANTE 3 MITTELS 10 MM TROMMELSIEBES AM 19.5.2022 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN). BILD OBEN LINKS: MIETE VOR DEM ABSIEBEN, OBEN RECHTS: RESTE DER „BIOSACKERL“ IN DER FRAKTION >10 MM). BILD UNTEN LINKS SIEBDURCHGANG (FRAKTION <10 MM), RECHTS SIEBÜBERLAUF (FRAKTION >10 MM).....	20

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

ABBILDUNG 16: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES VON VARIANTE 4 MITTELS 10 MM TROMMELSIEBES AM 19.5.2022 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN). BILD OBEN LINKS: MIETE VOR DEM ABSIEBEN, OBEN RECHTS: RESTE DER „BIOSACKERL“ IN DER FRAKTION >10 MM. BILD UNTEN LINKS SIEBDURCHGANG (FRAKTION <10 MM), RECHTS SIEBÜBERLAUF (FRAKTION >10 MM)	21
ABBILDUNG 17: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES VON VARIANTE 5 MITTELS 10 MM TROMMELSIEBES AM 19.5.2022 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN). RESTE DER „BIOSACKERL“ IN DER FRAKTION >10 MM.	21
ABBILDUNG 18: ABSIEBUNG DES ROTTEGUTES VON VARIANTE 6 (LINKS) UND 7 (RECHTS) MITTELS 10 MM TROMMELSIEBES AM 19.5.2022 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN). RESTE DER „BIOSACKERL“ IN DER FRAKTION >10 MM.....	22

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1:	SUMME DER JE VARIANTE ÜBER DIE GESAMTE VERSUCHSDAUER HINZUGEFÜGTE ANZAHL AN „BIOSACKERL“ BZW. DEREN GESAMTMASSE (DAS GEWICHT EINES „BIOSACKERLS“ BETRÄGT CA. 9 G FM).....	7
TABELLE 2:	ANALYSEWERTE (ANALYTIK ABF-BOKU) DES ROTTEGUTES <20 MM (LABORABSIEBUNG) DER VARIANTEN 1 BIS 4 VOM 10.12.21 (NACH EINER ROTTEDAUER VON 59 WOCHEN)	17
TABELLE 3:	SUMME DER JE VARIANTE ÜBER DIE GESAMTE VERSUCHSDAUER HINZUGEFÜGTE ANZAHL AN „BIOSACKERL“, DEREN GESAMTMASSE VOR VERSUCHSBEGINN (DAS GEWICHT EINES „BIOSACKERLS“ BETRÄGT CA. 9 G FM) UND NACH EINER ROTTEDAUER VON 82 WOCHEN (DIE AUSSORTIERTEN KUNSTSTOFFTEILE WURDEN IM LABOR GETROCKNET) BZW. DIE ÜBRIGGEBLIEBENE „BIOSACKERL“MASSE BEZOGEN AUF DIE INPUTMENGE .	22
TABELLE 4:	ÜBERKORN (>10 MM) UND BALLASTSTOFFE (GLAS, METALLE KUNSTSTOFFE >2 MM) IN DEN HERGESTELLTEN KOMPOSTEN (ABSIEBUNG <10 MM) DER VARIANTEN 1 BIS 4 UND 6.....	23
TABELLE 5:	ROTTETEMPERATUREN [°C] DER 7 VARIANTEN - MITTELWERTE AUS JEWEILS 2 EINZELMESSUNGEN. ROT MARKIERT SIND DIE ZEITPUNKTE VON FESTPROBENENTNAHMEN; GRÜN MARKIERT SIND TEMPERATURWERTE IM FÜR DIE HYGIENISIERUNG WICHTIGEN THERMOPHILEN BEREICH (QUELLEN: NEUMEYR ET AL., 2021 UND EISSCHILL ET AL., 2022)	27
TABELLE 6:	SAUERSTOFFGEHALTE IN DER PORENLUFT [VOL%] DER 7 VARIANTEN - MITTELWERTE AUS JEWEILS 2 EINZELMESSUNGEN. ROT MARKIERT SIND DIE ZEITPUNKTE VON FESTPROBENENTNAHMEN; GELB MARKIERT SIND SAUERSTOFFWERTE IM UNGÜNSTIGEN BEREICH (<15 VOL%) (QUELLEN: NEUMEYR ET AL., 2021 UND EISSCHILL ET AL., 2022)	28
TABELLE 7:	KOHLENDIOXIDGEHALTE IN DER PORENLUFT [VOL%] DER 7 VARIANTEN - MITTELWERTE AUS JEWEILS 2 EINZELMESSUNGEN. ROT MARKIERT SIND DIE ZEITPUNKTE VON FESTPROBENENTNAHMEN; GELB MARKIERT SIND KOHLENDIOXIDWERTE IM UNGÜNSTIGEN BEREICH (>6 VOL%) (QUELLEN: NEUMEYR ET AL., 2021 UND EISSCHILL ET AL., 2022)	29
TABELLE 8:	WASSERGEHALTE IM ROTTEGUT [% FM] DER 7 VARIANTEN; GELB MARKIERT SIND WASSERGEHALTSWERTE IM UNGÜNSTIGEN BEREICH (<35 % FM) (ANALYTIK BIS 17.12.20 NEUMEYR ET AL., 2021; BIS 8.9.21 EISSCHILL ET AL., 2022; UND AB 8.12.21 ABF-BOKU)	30
TABELLE 9:	pH-WERTE IM ROTTEGUT [-] DER 7 VARIANTEN (ANALYTIK BIS 17.12.20 NEUMEYR ET AL., 2021; BIS 8.9.21 EISSCHILL ET AL., 2022; UND AB 8.12.21 ABF-BOKU).....	30
TABELLE 10:	GLÜHVERLUSTWERTE IM ROTTEGUT [% TM] DER 7 VARIANTEN; GELB MARKIERT SIND NICHT ERKLÄRBARE SPRÜNGE BEI DEN ANALYSEWERTE (DER GLÜHVERLUST KANN WÄHREND DER ROTTE NICHT WESENTLICH ANSTEIGEN) (ANALYTIK BIS 17.12.20 NEUMEYR ET AL., 2021; BIS 8.9.21 EISSCHILL ET AL., 2022; UND AB 8.12.21 ABF-BOKU)	31
TABELLE 11:	GESAMTSTICKSTOFFGEHALTE IM ROTTEGUT [% TM] DER 7 VARIANTEN; GELB MARKIERT SIND NICHT ERKLÄRBARE SPRÜNGE BEI DEN ANALYSEWERTE (DER STICKSTOFFGEHALT STEIGT – BEDINGT DURCH DEN ABBAU ORGANISCHER MASSE - WÄHREND DER ROTTE RELATIV GESEHEN AN. PRINZIPIELL IST EINE ABNAHME DURCH VERLUSTE ÜBER SICKERWASSER BZW. ABLUFT MÖGLICH) (ANALYTIK BIS 17.12.20 NEUMEYR ET AL., 2021; BIS 8.9.21 EISSCHILL ET AL., 2022; UND AB 8.12.21 ABF-BOKU)	31

Abkürzungen

ABF- BOKU	Institut für Abfall- und Kreislaufwirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien
BGBI.	Bundesgesetzblatt
FM	Feuchtmasse
GV	Glühverlust bei 550 °C, Maß für die organische Substanz
HLUW Yspertal	Höhere Lehranstalt für Umwelt und Wirtschaft Am Campus 1, 3683 Yspertal
oD/g oTM	Optische Dichte pro Gramm organische Trockenmasse
TM	Trockenmasse
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoffgehalt
WG	Wassergehalt
Wo	Woche (die Rottedauer wird in Wochen angegeben)
Vol.%	Volumenprozent (die Gaszusammensetzung wird in Vol.% angegeben)

1 Hintergrund, Motivation und Projektablauf

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Kompostierbarkeit von biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen und deren Akzeptanz in der Bevölkerung“ waren zwei Untersuchungsmodulare gemeinsam mit zwei landwirtschaftlich bzw. umwelttechnisch orientierten Schulen in Niederösterreich im Zeitraum Oktober 2019 – Ende 2020) geplant:

Modul 1: Untersuchung des Abbauverhaltens einer als biologisch abbaubar zertifizierten Vorsammelhilfe (in einem Vorprojekt identifiziert) unter Rahmenbedingungen, die einer Eigenkompostierung entsprechen (Kompostierungsversuch unter Anleitung des ABF-BOKUs in den Schulen)

Forschungsfrage: Wieweit werden die derzeit in NÖ zur Sammlung von Bioabfällen eingesetzten Vorsammelhilfen aus abbaubaren Kunststoffen unter „Eigenkompostierungsbedingungen“ abgebaut?

Modul 2: Umfrage zu Erfahrungen der Bevölkerung mit den derzeit in Niederösterreich eingesetzten abbaubaren Vorsammelhilfen hinsichtlich Akzeptanz, Praxiseinsatz bei der (Vor-) Sammlung und der Eigenkompostierung durchgeführt von Schüler*innengruppen der ausgewählten landwirtschaftlichen Schulen unter Anleitung und in Zusammenarbeit mit dem ABF-BOKU

Forschungsfrage:

Wie werden die derzeit in NÖ zur Sammlung von Bioabfällen eingesetzten Vorsammelhilfen aus abbaubaren Kunststoffen von der Bevölkerung angenommen? Welche Erfahrungen wurden in der Vorsammlung und Eigenkompostierungspraxis von der Bevölkerung damit gemacht?

Ausgewählte Schulen:

- HLUW Yspertal - Höhere Lehranstalt für Umwelt und Wirtschaft; Am Campus 1, 3683 Yspertal,
- Landwirtschaftliche Fachschule Tulln, Frauentorgasse 72-74, 3430 Tulln an der Donau (LFS Tulln stieg aufgrund interner Umstrukturierungen des Lehrangebotes im Mai 2020 aus dem Projekt aus)

Aufgrund der COVID19-Pandemie und mehrfacher Lock-downs von März 2020 bis Ende 2021 kam es zu massiven Verzögerungen und Verschiebungen der geplanten Projektaktivitäten. Folgende Auflistung gibt einen kurzen Überblick über die geplanten Aktivitäten und die adaptierte tatsächliche Umsetzung.

Geplanter und coronabedingt angepasster Projektablauf:

- Kontaktaufnahme mit den Schulen und Abfallwirtschaftsverbänden im Herbst 2019, Abklärung weiterer Schritte/Zeitplan (planmäßig erfolgt)
- Entwicklung der Fragebögen und Erhebungsmethodik durch ABF-BOKU (planmäßig erfolgt)

- Einschulung der Schüler*innen, die das Projekt im Rahmen ihrer Schul-/ Abschlussarbeiten unterstützen würden, hinsichtlich Kompostierungsversuche und Befragungen (planmäßig erfolgt bei Workshop mit Schüler*innen am ABF-BOKU am 24.2. 2020)
- Start der Kompostierungsversuche an beiden Schulen im Frühjahr 2020 (Aufbau der Kompostmieten, Betreuung durch Schüler*innen über ein Jahr):
 - In der LFS Tulln wurde laut Mitteilung von Direktor Meisl im Jänner 2020 mit den Kompostierungsversuchen begonnen und die zugemischten kompostierbaren Vorsammelhilfen waren bis April 2020 vollständig abgebaut (nur optische Beobachtung). Das ABF-BOKU wurde über den Start sowie Durchführung und Beendigung der Versuche erst im April 2020 in Kenntnis gesetzt. Eine Dokumentation der Versuche bzw. Untersuchung der Endproben liegt nicht vor.
 - Coronabedingt angepasster Zeitplan: Im Juni 2020 fand ein Einschulungsworkshop zur Kompostierung durch Erwin Binner am Standort der Schule Yspertal statt.
 - Das Aufsetzen der Versuchsmieten (Anlegen der Komposthaufen) erfolgte nach Schulbeginn am 23. Oktober 2020. Die Mietenbetreuung (Messung von Rottetemperatur und Porenluftzusammensetzung, Probenahmen) wurde durch die Schüler durchgeführt (am 24.6.21 unterstützt durch Erwin Binner).
 - Bei der ursprünglich geplanten Endprobenentnahme am 8.12.2021 wurden große Mengen an Resten von „Biosackerln“ vorgefunden. Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber wurde daher beschlossen die Rotteversuche unter Minimalbetreuung weiterzuführen.
 - Am 19.5.22 erfolgte gemeinsam mit Erwin Binner bei allen 7 Varianten die Absiebung und die Endprobenentnahme.
 - Die Auswertung der Versuche erfolgte hauptsächlich im 3. Quartal 2022; Ergebnisse werden mit diesem Bericht vorgelegt
- Erste Befragungsrunde war im März/April 2020 (vor Bewerbung durch Abfallwirtschaftsverband) geplant: diese musste bereits coronabedingt verschoben werden
 - Im Rahmen eines Abendlehrgangs an der **LFS Tulln** im Sommer 2020 konnten noch vor Ende des Schuljahres mit 34 TeilnehmerInnen vollständige Onlineinterviews durchgeführt werden. Allerdings war die Gruppe der Befragten für die Gemeinden des Abfallverbandes Tulln hinsichtlich der demographischen Kriterien nicht repräsentativ. Die Auswertungen dazu wurden als „Pretest“ für die Güte bzw. zur Optimierung des Fragebogens herangezogen. Die Ergebnisse dieser „Pretests“ wurden im Zwischenbericht November 2020 übermittelt.

Die LFS Tulln stieg mit Wintersemester 2020 aus dem Projekt aus, da sich die organisatorischen Rahmenbedingungen an der Schule geändert hatten.

 - Adaptierter Zeitplan an der **HLUW Yspertal**: Es wurden Anfang März 2020 vor dem ersten Corona-Lock-down noch einige Testläufe (Pretests) von den Schüler*innen der HLUW Yspertal durchgeführt und der Fragebogen dann entsprechend vom ABF-BOKU adaptiert (zT. gekürzt). Der Start der ersten regulären Befragungsrunde

musste dann auf Juni 2020 verlegt werden. Im Zeitraum Juni bis Ende 2020 wurde von den Schüler*innen etwa die Hälfte (insg. 26 Interviews von geplanten 50) der Befragungen der ersten Runde durchgeführt. Durch weitere Corona-bedingte Schulschließungen und Ausgangsbeschränkungen konnten die Befragungen der ersten Runde erst im Mai und Juni 2021 fortgesetzt und beendet werden. Die Gesamtzahl der durchgeführten Interviews wurde auf 60 erhöht.

- Bewerbung der Vorsammelhilfen durch zuständigen Abfallwirtschaftsverband im April/Mai 2020 ist aufgrund coronabedingter zeitlicher und organisatorischer Umstellungen letztlich nicht erfolgt
- Die geplante zweite Befragungsrunde (ursprünglich für Juni 2020) sowie dritte Runde (ursprünglich für September/Oktober 2020 geplant) durch die Schulen mussten aufgrund des Ausscheidens der LFS Tulln und der massiven corona-bedingten zeitlichen Verzögerungen und organisatorischen Unsicherheiten aufgegeben werden. Gemeinsam mit dem AG wurde entschieden weitere Befragungen in anderen, ausgewählten NÖ Bezirken im Rahmen von Bachelorarbeiten am ABF-BOKU im WS 2021/22 durchzuführen (Vorgehensweise siehe Kapitel 2 des Berichtsteils Modul 2).

2 Veranlassung für die Rotteversuche

Im Zuge der aktuellen Diskussion über „Mikroplastik“ wächst auch das Interesse an „Biokunststoffen“. Als Biokunststoffe werden einerseits Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (Substitution von Mineralöl) und/oder andererseits biologisch abbaubare Kunststoffe bezeichnet. Biologisch abbaubare Kunststoffe können aus Mineralöl, aus nachwachsenden Rohstoffen oder auch aus Kombinationen beider Rohstoffe („Blends“) hergestellt werden.

Die biologische Abbaubarkeit von Kunststoffen wird durch Untersuchungen nach DIN/ÖNORM EN 13432 definiert. Diese Norm sieht vier unabhängige Untersuchungen bezüglich der Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit vor. Dabei werden neben einer chemischen Charakterisierung des Kunststoffes (die verwendeten Inputmaterialien müssen vom Hersteller zu mindestens 99 % deklariert werden) auch die biologische Abbaubarkeit, die Desintegration während der Kompostierung und die Ökotoxizität des Kompostes überprüft. Durch die schrittweise Untersuchung nach dieser Norm können Kunststoffe hinsichtlich ihrer Abbaubarkeit zertifiziert werden (erlangen damit ein „Gütesiegel“). Je nach gewählten Untersuchungsbedingungen werden von den Zertifizierungsstellen unterschiedliche Gütesiegel vergeben: sind die Kunststoffe kompostierbar, erhalten sie z.B. das Logo „Keimling“ oder „ok compost“, sind sie heimkompostierbar wird beispielsweise das Siegel „ok home-compost“ vergeben. Leider gibt es derzeit einen Wildwuchs an „selbstkreierten“ Gütesiegeln, die es sowohl dem Konsumenten als auch dem Abfallbehandler erschweren, die tatsächlich zertifizierten Produkte zu erkennen. Die ordnungsgemäße Zertifizierung bestätigt die prinzipielle Abbaubarkeit des Kunststoffes, garantiert jedoch nicht den vollständigen Abbau während der Dauer der Kompostierungspraxis. Bei unsachgemäß durchgeführter Rotte (falsche Ausgangsmaterialaufbereitung bzw. Mietenabmessungen, ungünstiger Wassergehalt, mangelhafte Sauerstoffversorgung, zu geringe Rottetemperaturen, zu kurze Rottedauer etc.) können sichtbare Partikel von abbaubaren Kunststoffen die Kompostqualität verringern. Vielfach gelangen auch als abbaubar bzw. kompostierbar gekennzeichnete Kunststoffe ohne Zertifizierung in den Handel.

Abbaubare Kunststoffe werden beim Abbau fast vollständig zu CO₂ und Wasser mineralisiert. Sie tragen daher nicht zu einer Erhöhung der Kompostqualität (Nährstoffe, Huminstoffe) bei und haben auch keinerlei Vorteil für den Rotteprozess. Bei der Bioabfallsammlung bzw. zu deren Optimierung könnten abbaubare Kunststoffe jedoch tatsächlich „nutzbringend“ eingesetzt werden. Zur Sammlung von Küchenabfällen werden meist Vorsammelhilfen eingesetzt. Sie vermindern die Verschmutzung der Sammelgefäße in der Küche und erleichtern den Transfer zu den Sammelstellen (Biotonne im Haus oder bei einer Sammelinsel). Mit der Einführung von kompostierbaren Vorsammelhilfen könnte daher die Benutzerfreundlichkeit des Sammelystems und damit die Akzeptanz der Bevölkerung gesteigert werden wodurch die Menge an sortenrein gesammelten biogenen Abfällen erhöht werden kann.

Abbaubare Vorsammelhilfen werden in mehreren Niederösterreichischen Abfallverbänden eingesetzt. Die prinzipielle Kompostierbarkeit der verwendeten „Sackerltypen“ konnte bereits in zwei nach Stand der Technik betriebenen Kompostanlagen nachgewiesen werden (Zafiu et al., 2019). Im Rahmen dieses Projektmoduls wurde das Abbauverhalten, die „Kompostierbarkeit“ der als biologisch abbaubar zertifizierten Bioabfallvorsammelhilfen vom Typ „Kreislaufsackerl“ unter Eigen-/Heimkompostierungsbedingungen untersucht.

3 Kompostierungsversuche in der HLUW Yspertal

Im Rahmen von zwei Diplomarbeiten (Neumeyr et al., 2021 und Eisschill et al., 2022) wurden von Schülern (Arbeit 1: Luis, Neumeyr, Liam, Piuk und Victoria, Stippinger; Arbeit 2: Manuel Eisschill, Leon Gabriel, Mathias Kreizinger und Shania Reichhard) der HLUW Yspertal Eigen-/Heimkompostierungsversuche betreut.

Während eines Workshops vor Ort (10.6.2020) wurde den Schülern zunächst vom ABF BOKU (Erwin Binner) die Grundlagen des Rotteprozesses vermittelt und ein grober Versuchsplan skizziert. Während der Sommerferien wurde der Versuchsplan durch die Schüler gemeinsam mit den Betreuern Dipl. Ing. Hartwig Tischler und Mag. Christoph Zauner detailliert ausgearbeitet und mit dem ABF-BOKU (Erwin Binner) diskutiert. Am 21.10.2020 wurden mit Unterstützung der Fa. Seiringer (Seiringer Umweltservice GmbH) Bioabfälle und Strukturmaterial beschafft. Biologisch abbaubare Vorsammelhilfen (sogenannte Kreislaufsackerl) wurden vom Kompost und Biogasverband Österreich (KBVÖ) zur Verfügung gestellt.

3.1 Versuchsdurchführung

3.1.1 Untersuchungsvarianten

Am 23.10.2020 wurden sieben unterschiedliche Varianten der Eigenkompostierung gestartet. Vier Varianten erfolgten in Form offener Kegelmieten, drei Varianten in „Kompostern“ (Rottegitte, Schnellkomposter und Thermokomposter). Bei sechs der Varianten wurden die zu testenden „Biosackerl“ beigemischt. Dies erlaubt den Einfluss unterschiedlicher „Verfahrenstechniken“ auf den Abbau der „Biosackerl“ zu beurteilen. Die Variation der Rotteverfahren war andererseits auch eine Rahmenvorgabe der Schule, um eine entsprechende Datenmenge und -vielfalt für die Durchführung der Diplomarbeiten sicherzustellen. Um einen etwaigen nachteiligen Einfluss der „Biosackerl“ auf den Rotteprozess erkennen zu können, wurde eine Variante ohne Biosackerl (Variante 2) – die mit Ausnahme der „Biosackerl“zumischung mit Variante 1 ident ist – mituntersucht.

Wesentliche Randbedingungen der untersuchten Varianten:

1. Kegelmiete MIT 40 Stück „Biosackerl“ unter Dach, sofort komplett aufgesetzt, regelmäßig (5x) umgesetzt und befeuchtet
2. Kegelmiete OHNE „Biosackerl“ unter Dach, sofort komplett aufgesetzt, regelmäßig (5x) umgesetzt und befeuchtet
3. Kegelmiete MIT 46 Stück*) „Biosackerl“ im Freien, laufend beschickt, nicht umgesetzt und befeuchtet
4. Kegelmiete MIT 40 Stück „Biosackerl“ im Freien, sofort komplett aufgesetzt, nicht umgesetzt und befeuchtet
5. Gitterkomposter MIT 28 Stück*) „Biosackerl“ im Freien, laufend beschickt, nicht umgesetzt und befeuchtet
6. Jewel Komposter Bio600 MIT 35 Stück*) „Biosackerl“ im Freien, laufend beschickt, nicht umgesetzt und befeuchtet
7. Jewel Thermokomposter Aeroquick420 MIT 36 Stück*) „Biosackerl“ im Freien, laufend beschickt, nicht umgesetzt und befeuchtet

*) bei den laufend beschickten Varianten kann die zu Versuchsbeginn zugegebene Sackerlmenge nicht gesichert angegeben werden, es wurde die Zugabe von jeweils 8 bzw. 12 Stück angenommen

3.1.2 Aufsetzen der Varianten

Am 23.10.2020 wurden die sieben Varianten durch Schüler*innen beider Arbeitsgruppen aufgeschüttet. Das Aufsetzen der „sofort“ komplett geschütteten Varianten (1, 2 und 4) erfolgte schichtenweise. Begonnen wurde mit einer Schicht Strukturmaterial, gefolgt von einer Schicht Bioabfall. Dann wurden acht „Biosackerl“ an der Oberfläche verteilt. Das Aufsetzen wurde fortgesetzt mit einer Schicht Bioabfall, einer Schicht Hackschnitzel und weiteren acht „Biosackerl“. Es folgten eine Schicht Bioabfall, einer Schicht Strukturmaterial und acht „Biosackerl“. Das Aufsetzen wurde weitergeführt mit 2x je eine Schicht Bioabfall, einer Schicht Hackschnitzel und weiteren acht „Biosackerl“. Als Abschlusschicht wurde eine Schicht Bioabfall aufgebracht. Damit wurde sichergestellt, dass alle zugemischten „Biosackerl“ guten Kontakt zum Bioabfall hatten. Bei den Varianten 1 und 4 wurden in Summe je 40 „Biosackerl“ zugefügt.



Abbildung 1: Aufsetzen der sieben Varianten am 23.10.2020. Bilder oben: Kegelmieten unter Dach (Varianten 1 hinten und 2 vorne). Bilder unten links: Kegelmieten im Freien (Varianten 3 vorne und 4 hinten), Mitte: Gitterkomposter, rechts: Juwel Komposter Bio600 (vorne) und Juwel Thermokomposter Aeroquick420 (hinten)

Bei den „laufend“ beschickten Varianten 3 bzw. 5-7 (dies entspricht eher der Vorgehensweise bei der Eigenkompostierung als das „sofort komplette“ Aufsetzen), wurde zu Versuchsbeginn bei Variante 3^{*)} eine Lage „Biosackerl“ zu acht Stück bzw. bei Varianten 5-7 je zwei Lagen „Biosackerl“ zu sechs Stück^{*)} eingebracht. Bis zum 21.06.21 wurden dann laufend mit Bioabfall gefüllte „Biosackerl“ eingebracht. Die Gesamtanzahlen und Gesamtmassen der beigefügten „Biosackerl“ für die Varianten 1 bis 7 sind in Tabelle 1 dargestellt.

Variante	1	2	3	4	5	6	7
Versuchsbeginn (23.10.2020)							
Biosackerlzugabe	sofort	keine	laufend	sofort	laufend	laufend	laufend
Biosackerlzugabe bis zum	23.10.20	keine	21.6.21	23.10.20	21.6.21	21.6.21	21.6.21
Biosackerlanzahl	40	0	46 ^{*)}	40	28 ^{*)}	35 ^{*)}	36 ^{*)}
Biosackerlmasse [g FM]	359	0	413	359	251	314	323
Umsetzen	5x	5x	nein	nein	nein	nein	nein

Tabelle 1: Summe der je Variante über die gesamte Versuchsdauer hinzugefügte Anzahl an „Biosackerl“ bzw. deren Gesamtmasse (das Gewicht eines „Biosackerls“ beträgt ca. 9 g FM)

3.1.3 Betreuung der Varianten

Die Versuchsbetreuung erfolgte durch die Schüler der HLUW Yspertal. Bis zum 25.1.2021 (13 Wochen Rottedauer) wurden die Varianten von den Autoren der ersten Diplomarbeit (Neumeyr et al., 2021) betreut. Danach übernahmen die Autoren der Diplomarbeit 2 (Eisschill et al., 2022) die Betreuung.

In dem Rottezustand angepassten Abständen wurden an zwei Stellen je Variante Rottetemperaturen und Mietenluftzusammensetzung gemessen. Der Wassergehalt wurde organoleptisch (optisch, Faustprobe) beurteilt – bei Bedarf wurde Wasser zugegeben. Probenahmen erfolgten nach 2, 4, 6, 8, 34, 46 und 54 Wochen Rottedauer. Diese Proben wurden im Labor der Schule auf wesentliche Rotteparameter (pH-Wert, Wassergehalt, etc.) analysiert. Nach 59 Wochen wurden die Varianten 1-4 beprobt; die Fraktionen <20 mm wurden am ABF-BOKU analysiert.

*) bei den laufend beschickten Varianten kann die zu Versuchsbeginn zugegebene Sackerlmenge nicht gesichert angegeben werden, es wurde die Zugabe von jeweils 8 bzw. 12 Stück angenommen



Abbildung 2: Mietenbetreuung durch Schüler*innen – links Temperaturmessung beim Gitterkomposter (Foto Manuel Eisschill) und rechts Messung von Temperatur und Porenluftzusammensetzung beim Thermokomposter (Foto Shania Reichhard)

Im Beisein von Erwin Binner wurden nach insgesamt 82 Wochen Rottedauer am 19.5.2022 abschließende Proben zur Beurteilung des Abbaues der Biosackerl gezogen. Dazu wurde das jeweilige Rottegut der einzelnen Varianten mittels 10 mm Trommelsieb gesiebt (jeweils ca. 50 % der Masse von Variante 1 bis 4; bei Varianten 5 bis 7 wurde das gesamte Rottegut gesiebt). Aus dem Siebüberlauf (Fraktion >10 mm) wurden während des Absiebens Kunststoffe aussortiert und verwogen (auf Grund der hohen Siebgeschwindigkeit konnten dabei allerdings nicht 100 % der enthaltenen Kunststoffteile erfasst werden). Die Biosackerlreste wurden am ABF-BOKU getrocknet und anschließend nochmals verwogen. Von den Fraktionen <10 mm wurden mittels Mischkreuzverfahrens Proben entnommen und am ABF-BOKU auf Ballaststoffe analysiert (siehe dazu die Fotodokumentation in Abbildung 13 bis Abbildung 18).

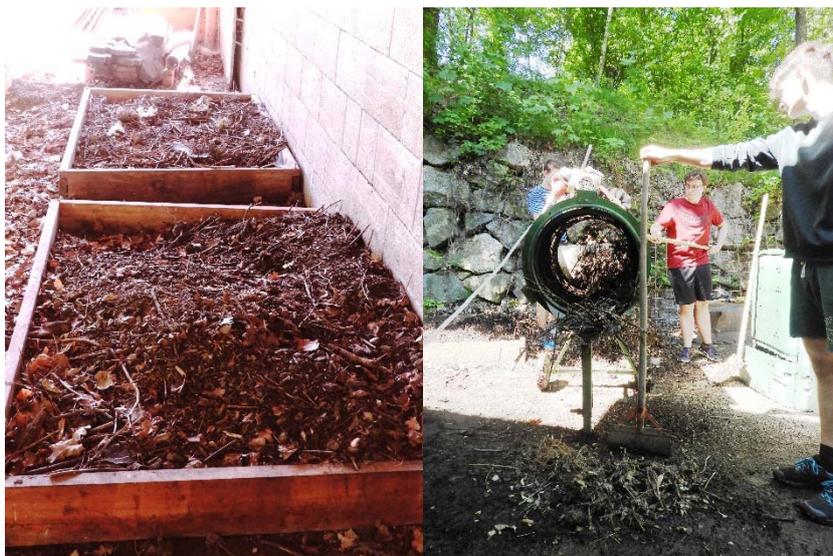


Abbildung 3: Absiebung des Rottegutes nach 82 Wochen Rottedauer. Links: Varianten 1 und 2 vor dem Absieben, rechts: Trommelsieb

3.1.4 Messdaten (Rotttemperaturen und Porenluftzusammensetzung) der Varianten

Durch das Monitoring von Rotttemperaturen (Abbildung 4 und Abbildung 5) und Porenluftzusammensetzung (Abbildung 6) sollte überprüft werden, ob während der Rotte für die Mikroorganismen günstige Milieubedingungen geherrscht haben. Nur bei für die Mikroorganismen günstigen Rottebedingungen ist auch ein entsprechender Abbau von zertifizierten kompostierbaren Biosackerln theoretisch möglich.

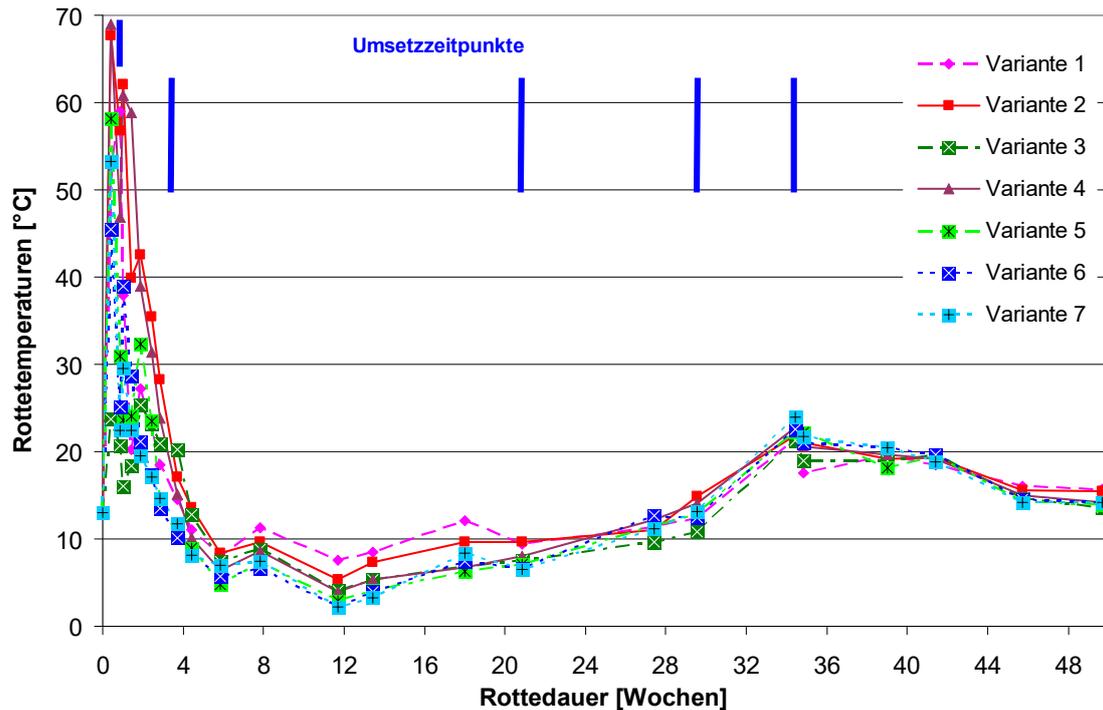


Abbildung 4: Rotttemperaturen der 7 Varianten während der Rottedauer von 50 Wochen. Die Umsetzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

Für die Hygienisierung erforderliche Rotttemperaturen von $>55\text{ °C}$ über einen zusammenhängenden Zeitraum von mindestens 10 Tagen konnten bei keiner Variante eingehalten werden (Abbildung 5). Auffällig ist, dass bei den „laufend dotierten“ Varianten (zB. Variante 3) in der Regel geringere Temperaturen auftraten als bei den sofort vollständig geschütteten Varianten (zB. Variante 4). Der Grund ist die geringere Masse an leicht verfügbaren organischen Komponenten (diese sind für die Selbsterhitzung verantwortlich) bzw. die fehlende Isolierwirkung wegen der geringeren Gesamtmasse.

Da der hergestellte Kompost nur im eigenen Bereich eingesetzt wird, ist die mangelhafte Hygienisierung kein Problem. Wohl aber können die geringeren Rotttemperaturen den Abbau der kompostierbaren Vorsammelhilfen behindern bzw. verzögern!

Aufgrund der geringen, bei der Eigenkompostierung aber durchaus üblichen, Rotttemperaturen (bereits nach 3 Rottewochen liegen die Rotttemperaturen aller Varianten unter 30 °C) muss mit einem sehr langsamen Abbau der kompostierbaren Biosackerln gerechnet werden. Aus diesem Grund beträgt die Versuchsdauer für die biologische Abbaubarkeit im Fall von Eigenkompostierung normgemäß 12 Monate.

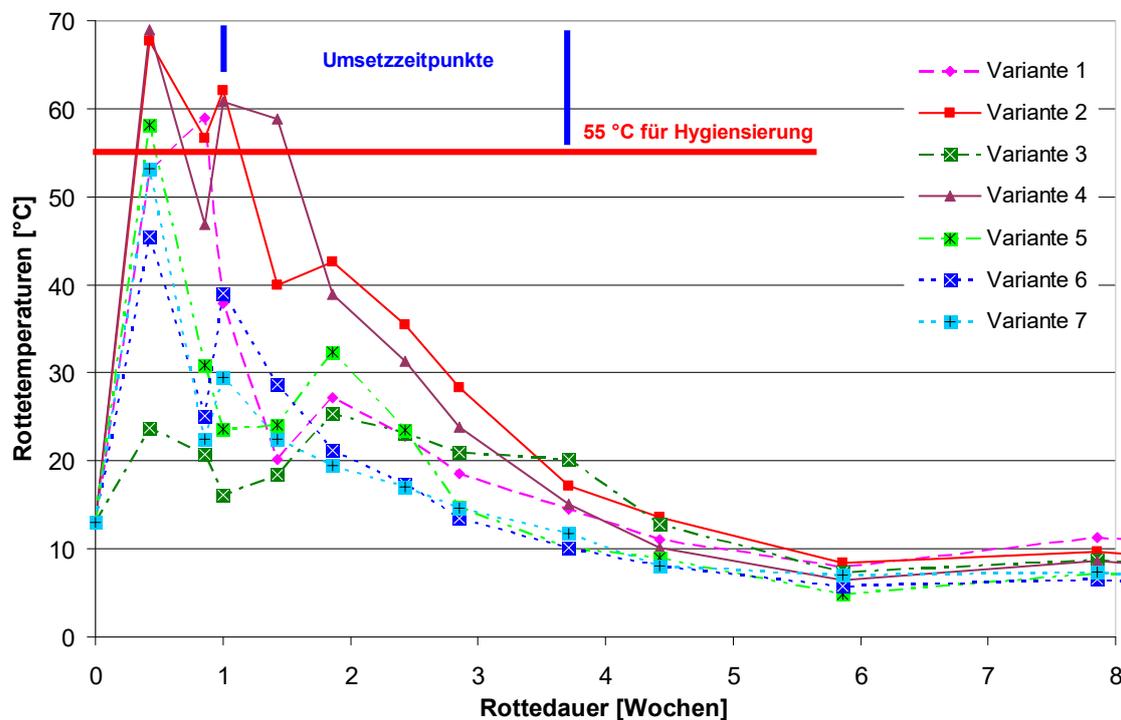


Abbildung 5: Rotttemperaturen der sieben Varianten während der Intensivrottephase (Hygienisierungsphase). Die Umsetzzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet. Der horizontale rote Strich markiert die für die Hygienisierung erforderliche Mindesttemperatur

Die Sauerstoffkonzentrationen in der Porenluft (Abbildung 6) zeigen, dass mit Ausnahme von Variante 4 während der gesamten Intensivrotte günstige Rottebedingungen (Sauerstoffversorgung) herrschten (Werte >16 Vol.% sind als „günstig“ anzusehen). Zur selben Beurteilung kommt man durch die Auswertung der Kohlendioxidkonzentrationen (Abbildung 7) in der Porenluft (hier gelten <5 Vol.% als „günstig“).

Bezüglich Sauerstoffversorgung zeigen die „laufend dotierten“ Varianten bessere Milieubedingungen als die sofort vollständig geschütteten Varianten. Erklärbar ist dies durch die geringere Masse der jeweils in Intensivrotte befindlichen biogenen Abfälle, was zu einem geringeren Sauerstoffverbrauch führt. Außerdem ist die Distanz, über die Frischluft in die in Intensivrotte befindlichen Zonen transportiert werden muss, geringer.

Unüblich ist der Anstieg des Sauerstoffverbrauches (erkenntlich durch geringere Sauerstoff- bzw. höhere Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft) zwischen Rottewoche 46 und 54 bei den „sofort vollständig“ geschütteten Varianten 2 und 4 (etwas geringer ist dieser Effekt auch bei Variante 1 zu sehen). Der Rottegrad sollte zu diesem Zeitpunkt bereits soweit fortgeschritten sein, dass hohe Abbauraten nicht mehr zu erwarten sind (zumal die Rotttemperaturen keine Tendenz zur Zunahme zeigen). Mess- bzw. Ablesefehler sind auszuschließen, da O₂ und CO₂ zur selben Interpretation führen bzw. in der gleichen Messkampagne bei den anderen Varianten plausible Werte gemessen wurden.

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

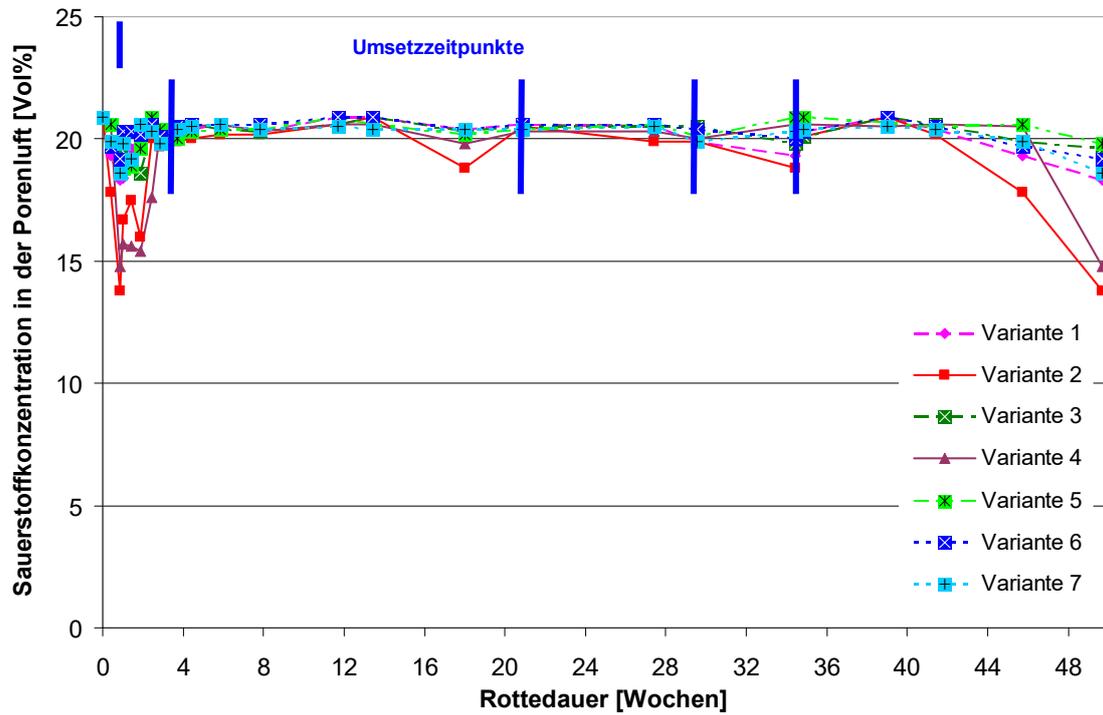


Abbildung 6: Sauerstoffgehalt in der Porenluft der sieben Varianten während der Rottdauer von 50 Wochen. Die Umsetzzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

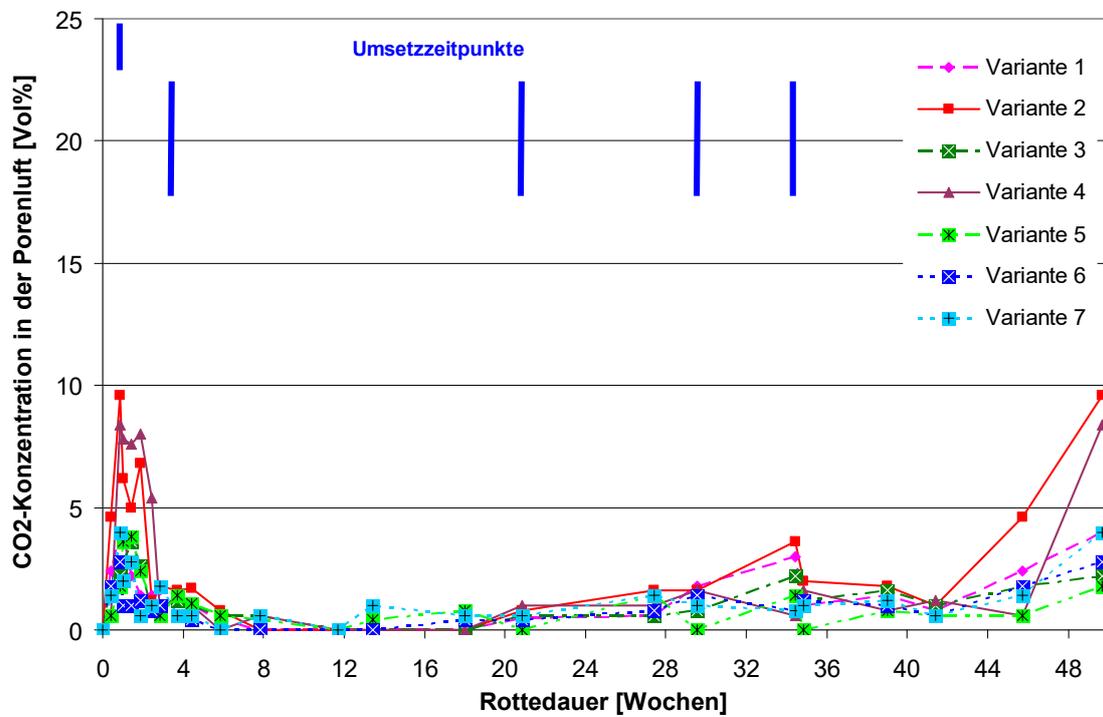


Abbildung 7: Kohlendioxidgehalt in der Porenluft der sieben Varianten während der Rottdauer von 50 Wochen. Die Umsetzzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

Eine mögliche Erklärung ist der geringe Wassergehalt in den Proben nach 34 Wochen Rottedauer (Abbildung 14). Das Rottegut war zu diesem Zeitpunkt (bei allen Varianten) seit längerem „trockenstabilisiert“, wodurch der Abbau zum Erliegen kam (da zwischen den Rottewochen 8 und 34 keine Festproben entnommen wurden, kann der genaue Zeitpunkt des Austrocknens nicht definiert werden, er dürfte bei den Mieten 2 und 4 früher als bei Miete 1 erfolgt sein). Durch das Anfeuchten auf einen für den biologischen Abbau günstigen Bereich wurde ab Woche 34 der Abbau fortgesetzt, was zu neuerlichem Sauerstoffverbrauch bzw. Anstieg der Rottetemperaturen führte. Bei den „laufend“ geschütteten Varianten wirkt sich der neuerliche Anstieg der biologischen Aktivität nicht so stark aus.

3.1.5 Rotteparameter der Varianten

Wie bereits erwähnt, wurden von den betreuenden Schüler*innen Rottegutproben entnommen und im Schullabor auf die Parameter Wassergehalt, pH-Wert, Glühverlust und Gesamtstickstoff (Summe aus $N_{Kjeldahl}$ + Ammoniumstickstoff + Nitratstickstoff) analysiert.

Der **Wassergehalt** lag in den ersten 8 Rottewochen (Abbildung 9) in einem für den biologischen Abbau günstigen Bereich (Ausnahme: der Wassergehalt von Variante 6 war nach 4 Wochen Rottedauer mit 33,4 % FM sehr gering). Nach 34 Wochen wurden bei allen Varianten sehr niedrige Wassergehalte (Abbildung 8) festgestellt, weshalb alle Varianten befeuchtet wurden. Wegen der langen Probenahmepause zwischen Woche 8 und Woche 34 kann wie bereits erwähnt nicht eruiert werden, ab welchem Zeitpunkt für den biologischen Abbau ungünstig niedrige Wassergehalte eingetreten waren. Ab Woche 46 herrschten jedenfalls wieder günstige Rottebedingungen.

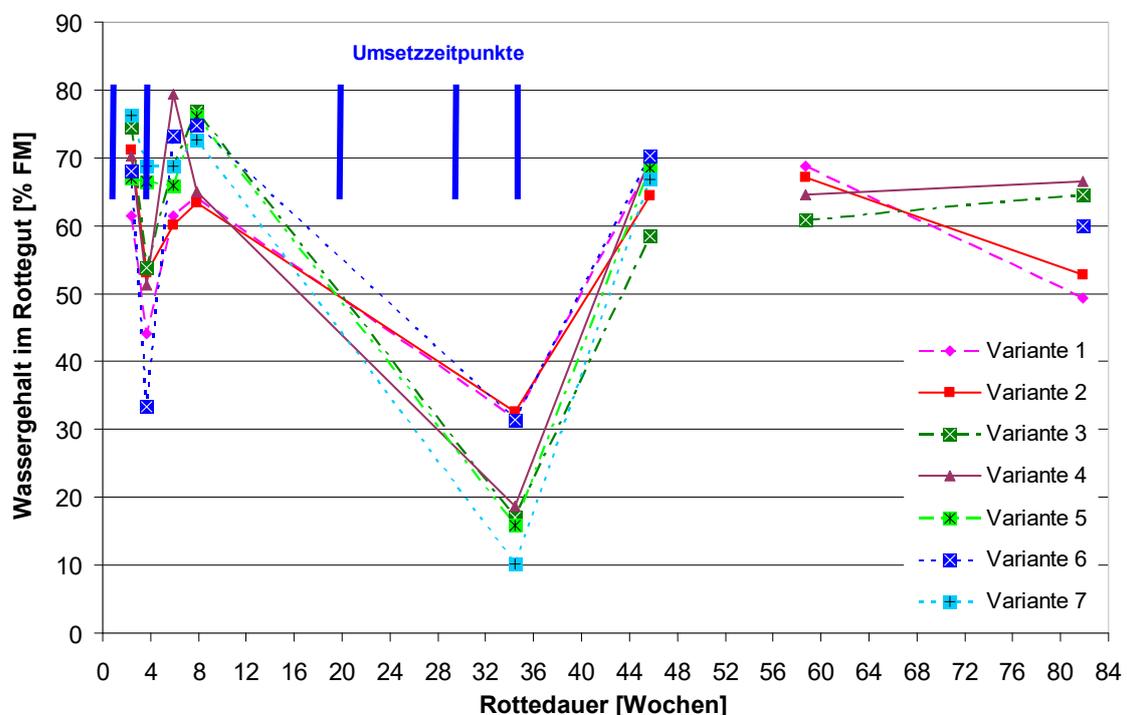


Abbildung 8: Wassergehalte im Rottegut der sieben Varianten während der Rottedauer von 84 Wochen. Die Umsetzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

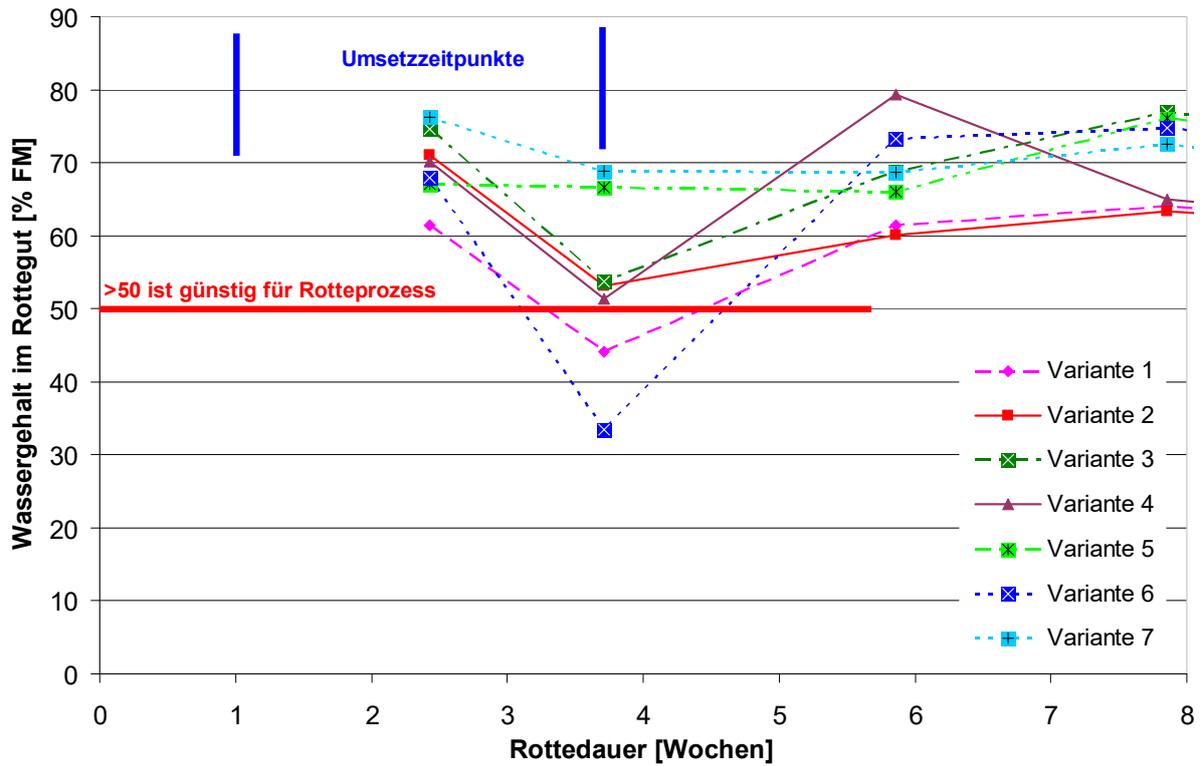


Abbildung 9: Wassergehalte im Rottegut der 7 Varianten während der Intensivrotte. Die Umsetzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

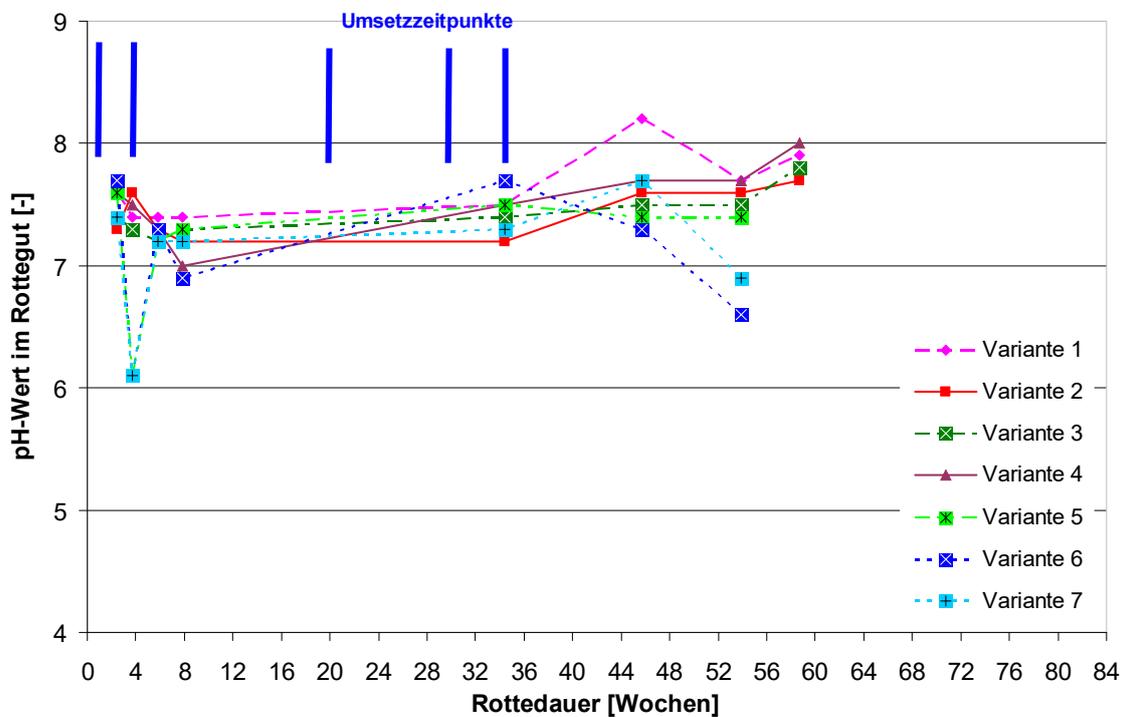


Abbildung 10: pH-Werte im Rottegut der 7 Varianten während der Rottedauer von 84 Wochen. Die Umsetzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

Die **pH-Werte** liegen während der Intensivrottephase im neutralen (und damit in einem für die am Abbau beteiligten Mikroorganismen günstigen) Bereich. Kurzfristig absinkende pH-Werte sind während der Intensivrottephase nicht ungewöhnlich (bei zu geringer Sauerstoffversorgung werden gebildete organische Säuren nicht ausreichend abgebaut). Die kurzzeitige Abnahme bei den Varianten 5 bis 7 in Woche 4 kann mit der Zugabe von leicht verfügbarer Organik durch die Dotation der Komposter mit Bioabfall erklärt werden.

Ungewöhnlich ist jedoch das Absinken der pH-Werte bei den Varianten 6 und 7 ab Rotteweche 34 bzw. 44. Wahrscheinlich ist der Grund ein Zusammenwirken der letzten Dotation mit Bioabfälle (am 21.6.21 – Rotteweche 34) und einem „Anspringen“ des biologischen Abbaus im trockenstabilisierten Material nach Anheben des Wassergehaltes.

Der **Glühverlust** ist ein Maß für die organische Substanz. Analysenwerte (Abbildung 11) gibt es erst ab Rotteweche 34 (analysiert durch Betreuungsteam 2).

Die vorhandenen Werte weisen bei allen Varianten teilweise nicht interpretierbare Verläufe auf. Theoretisch sollten die Glühverlustwerte während des Rotteverlaufes, bedingt durch den Abbau organischer Substanzen, kontinuierlich abnehmen. Eine Zunahme (vor allem Varianten 1 und 4 zwischen Rotteweche 34 und 54) kann nur mit nicht repräsentativen Probenahmen oder Messfehlern erklärt werden.

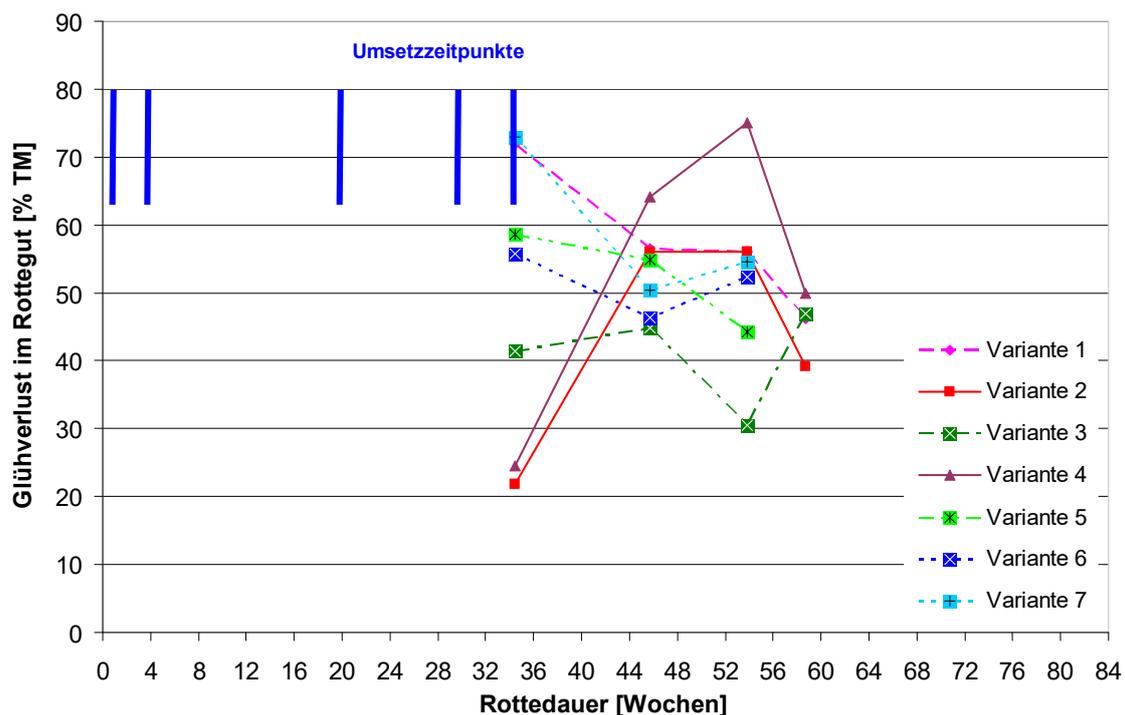


Abbildung 11: Glühverluste (organische Substanz) im Rottegut der sieben Varianten während der Rottedauer von 84 Wochen. Die Umsetzzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

Bedingt durch den Massenverlust, hervorgerufen durch den Abbau organischer Substanz, steigt der **Gesamtstickstoff** während der Rotte üblicherweise kontinuierlich an. Eine Abnahme der Stickstoffgehalte tritt nur bei Stickstoffverlusten (Auswaschen von Ammonium bzw. Nitrat über das Sickerwasser oder gasförmige Verluste durch Umwandlung von Ammonium in Ammoniak und dessen Ausgasung in die Atmosphäre).

Für die Sprünge der Stickstoffgehalte von Variante 4 (starke Abnahme von Wo 2 bis Wo 4, dann extreme Zunahme bis Wo 8, gefolgt von neuerlicher extremer Abnahme bis Wo 34 usw.) konnte keine Erklärung gefunden werden. Die Kegelmiete wurde in einem Vorgang geschüttet – Stickstoffzufuhr durch nachträgliche Dotation von frischen Bioabfällen kann daher keine logische Erklärung sein. Geringfügige Zunahmen (wie zB. Bei den Varianten 1 und 2 bzw. 5 und 6 zwischen Wo 8 und 34) durch Abbau von organischer Substanz können auch nicht die Ursache des extremen Anstieges auf mehr als das Doppelte innerhalb von 4 Rottewochen sein. Die plausibelste Erklärung sind Materialinhomogenitäten, die keine repräsentative Probenahme erlaubten.

Die Abnahme der Stickstoffgehalte bei den Varianten 1 bis 3, sowie 6 ist wahrscheinlich auf vermehrte Ammoniakbildung durch „Wiederanspringen“ der biologischen Abbauvorgänge nach Behebung der Trockenstabilisierung zurückzuführen (die pH-Werte lagen alle im schwach basischen Milieu). Nicht erklärbar ist auch die starke Abnahme zwischen Rottewoche 46 und 54 bei den Varianten 6 und 7 parallel zur Abnahme des pH-Wertes auf unter 7.

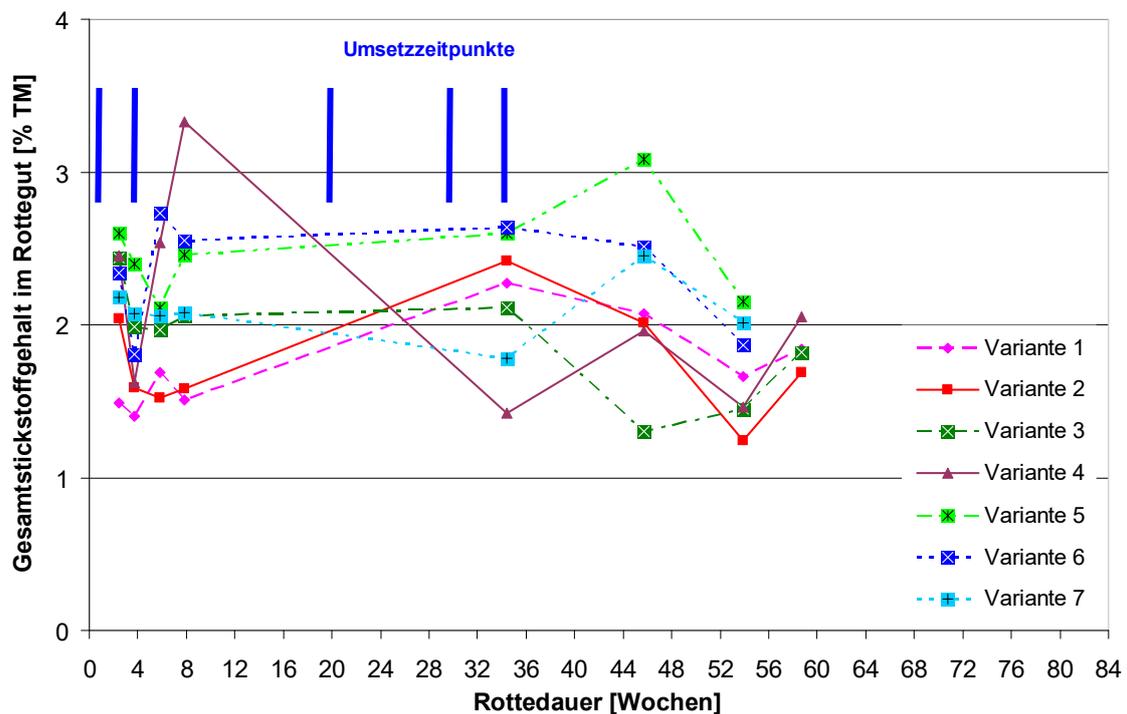


Abbildung 12: Gesamtstickstoffgehalte im Rottegut der 7 Varianten während der Rottedauer von 84 Wochen. Die Umsetzzeitpunkte bei Variante 1 und 2 sind durch blaue vertikale Striche gekennzeichnet

3.1.6 Beurteilung der Kompostqualität

Am 10.12.2021 (nach einer Rottedauer von 59 Wochen) wurden von den Varianten 1 bis 4 Rottegutproben entnommen (aus Kostengründen wurden die Varianten 5 bis 7 zu diesem Zeitpunkt nicht beprobt) und im Labor des ABF-BOKU auf <20 mm abgeseibt. Der Siebdurchgang <20 mm (= Kompost) wurde entsprechend den Analysenbedingungen der österreichischen Kompostverordnung 2001 (BGBl. II Nr. 292 (2001)) weiter aufbereitet (Herstellung von Eluaten aus der naturfeuchten Probe, Trocknung bei <40 °C mit anschließender Zerkleinerung mittels Schneid- und Scheibenschwingmühle auf <0,5 mm für die physikalisch/chemischen Analysen und Trocknung bei 105 °C zur Bestimmung des Wassergehaltes).

Aus den Frischproben <20 mm wurden die Pflanzenverträglichkeit (Kressetest) und Ballaststoffanteile (Kunststoff, Glas, Metall in der Fraktion >2 mm) bestimmt. Aus den Eluaten wurden pH-Wert, Ammoniumstickstoff und Nitratstickstoff bestimmt. Die Analysen von Leitfähigkeit, Glühverlust, organischem Gesamtkohlenstoff, Gesamtstickstoff, Huminsäuren sowie den Nährstoffen (P, K, Mg und Ca als Gesamtgehalte im Königswasseraufschluss und pflanzenverfügbare Gehalte mittels CAL-Methode) erfolgten aus den auf <0,5 mm zerkleinerten Proben.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Kompostanalysen der Varianten 1 bis 4 zusammengefasst.

Der Feinanteil (Fraktion <20 mm) lag zwischen 82 (Variante 1) bis 94 % FM (Variante 2). Die Wassergehalte betragen 60,8 % FM (Variante 3, im Freien, kontinuierlich geschüttet) und 68,8 % FM (Variante 1, unter Dach). Der Wassergehalt lag bei allen Endprodukten in einem günstigen Bereich (ausreichend für die biologische Aktivität und „gering“ genug für eine gute „Absiebbarkeit“). Die Art der Mietenbetreuung bzw. die Niederschlagssituation wiesen somit keinen Einfluss auf diese beiden Parameter auf.

Die pH-Werte lagen mit Werten zwischen 7,7 und 8,0 im üblichen Bereich. Der Ammoniumstickstoffgehalt war gering (23 bis 35 mg/kg TM), was auf ausreichende Sauerstoffversorgung während der Rotte hinweist. Der Nitratstickstoffgehalt ist noch ziemlich hoch – es fand also noch keine ausreichende Einbindung in die organische Substanz statt. Darauf weisen auch die geringen Huminsäuregehalte zwischen 7,3 und 7,7 % oTM hin (hochwertige Komposte weisen üblicherweise Gehalte >20 % bis zu 45 % oTM auf). Die Pflanzenverträglichkeit übertraf bei allen Varianten die Anforderungen der Kompostverordnung 2001 (BGBl. II Nr. 292 (2001)) deutlich.

Erwähnenswert sind die Leitfähigkeitswerte (Maß für den Salzgehalt). Hier weisen die unter Dach gelegenen Varianten geringere Werte auf als die im Freien gelagerten. Dies deutet darauf hin, dass bedingt durch zeitweise zu intensive Wasserzugabe des Rottegutes Sickerwasserbildung und damit ein „Auswaschen“ von Salzen stattgefunden haben muss.

Der Organikgehalt war bei Variante 2 (GV = 39,1 % TM, TOC = 19,7 % TM) am geringsten. Wie auch der höchste Feinanteil (<20 mm) weist dies auf die höchste Mineralisierung (Abbau organischer Substanzen) hin. Das C/N Verhältnis bescheinigt allen Varianten ausreichende Stabilität.

Bezüglich der Nährstoffgehalte wiesen alle Varianten gute Qualität auf. Variante 2 zeigt bei allen Nährstoffen tendenziell geringere Werte als die anderen Varianten (Hinweis auf Auswaschung).

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

Probe		Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Datum der Probenahme		10.12.2021	10.12.2021	10.12.2021	10.12.2021
Behandlungsdauer	Wochen	59	59	59	59
Absiebung	< mm	20	20	20	20
Anteil Unterlauf	% FM	82,0	93,7	91,7	90,3
Anteil Überlauf	% FM	18,0	6,3	8,3	9,7
Wassergehalt	% FM	68,8	67,2	60,8	64,6
pH-Wert (in CaCl ₂)	-	7,9	7,7	7,8	8,0
Leitfähigkeit	mS/cm	1,29	0,77	2,08	2,12
NH ₄ - N (in Wasser)	mg/kg TM	35	35	23	28
NO ₃ - N (in Wasser)	mg/kg TM	970	1.300	350	540
N _{Dumas}	% TM	1,84	1,69	1,82	2,05
Glühverlust (550°C)	% TM	46,2	39,1	46,9	50,0
C org	% TM	23,9	19,7	22,8	24,8
C anorg.	% TM	0,1	0,1	0,1	0,1
C/N		13	12	13	12
Huminsäuren:	% oTM	7,3	7,7	7,7	7,5
Fulvosäuren	oD/g oTM	155	160	150	175
Huminsäuren	oD/g oTM	525	560	560	540
Huminstoffe [Summe]	oD/g oTM	680	720	710	715
AT ₄ Sapromat	mg O ₂ /g TM	8,6	4,8	5,8	5,6
sonstige Nährstoffe:					
P _{ges}	% TM	0,30	0,30	0,37	0,38
P _{CAL}	% TM	0,19	0,18	0,23	0,25
K _{CAL}	% TM	1,03	0,74	1,07	1,15
K _{ges}	% TM	0,9	0,7	1,1	1,2
Ca	% TM	4,6	3,7	5,1	4,2
Mg _{CAL}	% TM	0,25	0,21	0,26	0,28
Mg	% TM	0,9	0,7	1,0	0,8
Pflanzenverträglichkeit					
Gartenkresse bei 15% Substratzumischung					
Keimverzögerung	Tage	0	0	0	n.a.
Keimrate	%	100	100	100	n.a.
Pflanzenfrischsubstanz	%	102	105	100	n.a.
Gartenkresse bei 30% Substratzumischung					
Keimverzögerung	Tage	0	0	0	n.a.
Keimrate	%	100	100	100	n.a.
Pflanzenfrischsubstanz	%	119	105	118	n.a.

Tabelle 2: Analysenwerte (Analytik ABF-BOKU) des Rottegutes <20 mm (Laborabsiebung) der Varianten 1 bis 4 vom 10.12.21 (nach einer Rottedauer von 59 Wochen)

3.1.7 Abbau der „Biosackerl“ während der Eigen-/ Heimkompostierung

Am 10.5.2022 (nach einer Gesamttottdauer von 82 Wochen) wurde das Rottegut der sieben Varianten mittels des schuleigenen Trommelsiebes abgeseibt. Die Fotodokumentation (Abbildung 13 bis Abbildung 18) zeigt das Rottegut unmittelbar vor der Absiebung, den Siebdurchgang (Fraktion <10 mm), den Siebüberlauf (Fraktion >10 mm) sowie die aus der Fraktion >10 mm aussortierten „Biosackerl“-reste. Die „Biosackerl“-reste wurden im Labor des ABF-BOKU getrocknet und verwogen (Anhaftungen wurden nicht entfernt).

Bei allen Varianten zeigen sich erhebliche Restmengen an „Biosackerl“-material. Bei keiner einzigen Variante konnte die Anforderungen der DIN/ÖNORM EN 13432 erfüllt werden (gefordert wird, dass maximal 10 % der zugegebenen Sackerlmasse nach einer Rottedauer von 6 Monaten als Fragmente >2 mm übrigbleiben).

In Tabelle 3 sind die Massen der getrockneten „Biosackerlreste“ aufgelistet und auf die Inputmasse der zugegebenen „Biosackerlmassen“ bezogen dargestellt. Der verbliebenen Anteile bezogen auf die jeweilige Inputmasse liegen zwischen 21 und 77 % TM.



Abbildung 13: Absiebung des Rottegutes von Variante 1 mittels 10 mm Trommelsiebes am 19.5.2022 (nach einer Rottedauer von 82 Wochen). Bild oben links: Miete vor dem Absieben, oben rechts: Reste der „Biosackerl“ in der Fraktion >10 mm. Bild unten links Siebdurchgang (Fraktion <10 mm), rechts Siebüberlauf (Fraktion >10 mm)



Abbildung 14: Absiebung des Rottegutes von Variante 2 mittels 10 mm Trommelsiebes am 19.5.2022 (nach einer Rottedauer von 82 Wochen). Bild oben links: Miete vor dem Absieben, oben rechts: Reste der „Biosacker!“ in der Fraktion >10 mm (diese wurden durch Windverfrachtung eingebracht!). Bild unten links Siebdurchgang (Fraktion <10 mm), rechts Siebüberlauf (Fraktion > 10 mm)



Abbildung 15: Absiebung des Rottegutes von Variante 3 mittels 10 mm Trommelsiebes am 19.5.2022 (nach einer Rottedauer von 82 Wochen). Bild oben links: Miete vor dem Absieben, oben rechts: Reste der „Biosacker!“ in der Fraktion >10 mm). Bild unten links Siebdurchgang (Fraktion <10 mm), rechts Siebüberlauf (Fraktion >10 mm)



Abbildung 16: Absiebung des Rottegutes von Variante 4 mittels 10 mm Trommelsiebes am 19.5.2022 (nach einer Rottedauer von 82 Wochen). Bild oben links: Miete vor dem Absieben, oben rechts: Reste der „Biosackerl“ in der Fraktion >10 mm. Bild unten links Siebdurchgang (Fraktion <10 mm), rechts Siebüberlauf (Fraktion >10 mm)



Abbildung 17: Absiebung des Rottegutes von Variante 5 mittels 10 mm Trommelsiebes am 19.5.2022 (nach einer Rottedauer von 82 Wochen). Reste der „Biosackerl“ in der Fraktion >10 mm.



Abbildung 18: Absiebung des Rottegutes von Variante 6 (links) und 7 (rechts) mittels 10 mm Trommelsiebes am 19.5.2022 (nach einer Rottedauer von 82 Wochen). Reste der „Biosackerl“ in der Fraktion > 10 mm.

Variante	1	2	3	4	5	6	7
Versuchsbeginn (23.10.2020)							
Biosackerlzugabe	sofort	keine	laufend	sofort	laufend	laufend	laufend
Biosackerlzugabe bis zum	23.10.20	keine	21.6.21	23.10.20	21.6.21	21.6.21	21.6.21
Biosackerlanzahl	40	0	46	40	28	35	36
Biosackerlmasse [g FM]	359	0	413	359	251	314	323
Umsetzen	5x	5x	nein	nein	nein	nein	nein
Versuchsende (19.5.2022) – Rottedauer 82 Wochen							
Biosackerlmasse > 10 mm [g TM]	97,4	3,8 ¹⁾	317,8	77,0	62,6	170,8	246,4
Biosackerlmasse > 10 mm [% vom Input]	27	0	77	21	25	54	76

¹⁾ die Biosackerlreste in Miete 2 wurden durch Windverfrachtung eingebracht

Tabelle 3: Summe der je Variante über die gesamte Versuchsdauer hinzugefügte Anzahl an „Biosackerl“, deren Gesamtmasse vor Versuchsbeginn (das Gewicht eines „Biosackerls“ beträgt ca. 9 g FM) und nach einer Rottedauer von 82 Wochen (die aussortierten Kunststoffteile wurden im Labor getrocknet) bzw. die übriggebliebene „Biosackerl“masse bezogen auf die Inputmenge

Von den Kompostproben der Varianten 1 bis 4 sowie 6 wurden zusätzlich Ballaststoffanalysen durchgeführt. Dabei wurden entsprechend den Anforderungen der österreichischen Kompostverordnung (2001) Glas, Metalle und Kunststoffe in den Fraktionen > 2 mm analysiert. Als Überkorn wurde in diesem Projekt Material > 10 mm definiert (zur Endaufbereitung wurde das

jeweilige Rottegut mittels Trommelsiebes auf <10 mm abgeseibt). Ballaststoff- und Überkornanteil werden prinzipiell in % TM angegeben (zB. % Glaspartikel >2 mm bezogen auf die zur Analyse verwendete getrocknete Gesamtprobenmasse). Kunststoffe wurden zusätzlich (entsprechend dem Diskussionsvorschlag zur Novelle der österreichischen Kompostverordnung) als Flächenbelastung (cm² Kunststoffe / l Kompost). Die hergestellten Komposte der Varianten 1, 2, 3 und 6 halten die Grenzwerte der Kompostverordnung ein. Bei den offen im Freien gerotteten Variante 4 wird der Kunststoffgrenzwert für landwirtschaftlich Anwendung (0,2 % TM) hingegen überschritten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass der detektierte Kunststoff auch durch Windverfrachtung von außen eingetragen wurde. Die höheren Überkornanteile bei den im Freien gerotteten Varianten ist auf den höheren Wassergehalt zurückzuführen, der erfahrungsgemäß die „Siebleistung“ verringert (hoher Wassergehalt begünstigt erfahrungsgemäß die Bildung von Konglomeraten in Trommelsieben).

Bei den Kunststoffen wurden nicht zwischen abbaubaren und herkömmlichen Kunststoffen unterschieden. Es wird jedoch vermutet, dass es sich hauptsächlich um fragmentierte Reste der zugegebenen Vorsammelhilfen handelt (in der ohne Sackerzugabe durchgeführten Variante waren Kunststoffe >2 mm nicht nachweisbar).

Variante	1	2	3	4	6
Datum Probenahme	19.5.2022				
Rottedauer [Wochen]	82				
Absiebung [mm]	10				
Überkorn >10 mm [% TM]	2,4	0,9	19,4	22,2	3,9
Kunststoffe >2 mm [cm ² /l]	2,7	n.n.	10,6	10,3	3,0
Kunststoffe >2 mm [% TM]	0,01	n.n.	0,12	0,53	0,04
Glas >2 mm [% TM]	0,05	0,04	n.n.	n.n.	0,002
Metalle >2 mm [% TM]	n.n.	0,002	n.n.	n.n.	n.n.

n.n. = nicht nachweisbar

Tabelle 4: Überkorn (>10 mm) und Ballaststoffe (Glas, Metalle Kunststoffe >2 mm) in den hergestellten Komposten (Absiebung <10 mm) der Varianten 1 bis 4 und 6

4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen des von der NÖ-Landesregierung finanzierten Projektes „Kompostierbarkeit von biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen und deren Akzeptanz in der Bevölkerung“ wurden an der HLUW Yspertal Eigen-/Heimkompostierungsversuche mit biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen durchgeführt. Die wissenschaftliche Leitung erfolgte durch das ABF-BOKU. Die verwendeten Vorsammelhilfen waren nach DIN/ÖNORM EN 13432 (2008) als „home compost“ zertifiziert. Ihre Kompostierbarkeit in nach Stand der Technik betriebenen Kompostierungsanlagen konnte bereits durch Mietenkompostierungsversuche in zwei Kompostierungsanlagen bewiesen werden (Zafiu et al., 2019). In insgesamt sieben Varianten wurde in dem Projekt die Kompostierbarkeit der Vorsammelhilfen unter „Eigen-/Heimkompostierungsbedingungen“ getestet.

Die Versuche wurden vom 23.10.2020 bis 19.5.2022 (Gesamtrottedauer 82 Wochen) im Rahmen von zwei Diplomarbeiten an der HLUW Yspertal durchgeführt. Die Versuchsbetreuung (Umsetzen, Befeuchten, Monitoring von Rottetemperaturen und Porenluftzusammensetzung, Entnahme von Festproben und deren Analysen) erfolgte durch die Schüler*innen der HLUW Yspertal. Aufsetzen der Varianten und Endprobenahmen wurden im Beisein eines Mitarbeiters des ABF-BOKU durchgeführt. Im ABF-BOKU-Labor wurden die Endproben hinsichtlich Kompostqualität und Abbauverhalten der kompostierbaren Vorsammelhilfen untersucht.

Vier Varianten wurden mittels offener Kegelmieten unter Flugdach (Varianten 1 und 2) bzw. im Freien (Varianten 3 und 4) durchgeführt. Drei Varianten erfolgten in Gartenkompostern im Freien (Rottegitter, Schnellkomposter und Thermokomposter). Bei sechs der Varianten wurden die zu testenden „Biosackerl“ beigemischt. Dies erlaubt den Einfluss unterschiedlicher „Verfahrenstechniken“ auf den Abbau der „Biosackerl“ zu beurteilen. Um einen etwaigen nachteiligen Einfluss der „Biosackerl“ auf den Rotteprozess erkennen zu können, wurde eine Variante ohne „Biosackerl“ (Variante 2) – die mit Ausnahme der „Biosackerl“zumischung mit Variante 1 ident ist – mituntersucht.

Wesentliche Unterschiede der Varianten ergaben sich hinsichtlich des Schüttvorganges (die Varianten 1, 2 und 4 wurden in einem Arbeitsgang geschüttet, die Varianten 3 und 5 bis 7 wurden wie bei der Eigenkompostierung üblich über einen Zeitraum von 34 Wochen laufend dotiert (mit Bioabfällen und Vorsammelhilfen)).

Die Varianten 1 und 2 wurden intensiv betreut – die Mieten wurden insgesamt 5x umgesetzt, bei Bedarf wurde auch Wasser zugegeben. Die anderen Varianten wurden ohne Umsetzen betrieben.

Am 19.5.2022 erfolgte die „Endabsiebung“ der hergestellten Komposte mittels eines Trommelsiebes (10 mm Lochdurchmesser). Dabei wurden Kunststoffreste im Siebüberlauf >10 mm sofort während des Siebvorganges aussortiert und verworfen. Vom Siebdurchgang <10 mm wurden Proben ans ABF-BOKU gebracht und dort hinsichtlich ihres Ballaststoffgehaltes analysiert. Die Grenzwerte der Kompostverordnung für Ballaststoffe wurden von den Varianten (1 bis 3 und 6) eingehalten. Bei Variante 4 wurde der Grenzwert überschritten.

Die von den Schülern*innen erhobenen Monitoringdaten zeigen, dass sie abbaubaren Sammelhilfen keinen nachteiligen Einfluss auf den Rotteprozess und die Kompostqualität hatten. Die Sauerstoffversorgung des Rottegutes lag bei allen Varianten in einem für biologische Abbauvorgänge günstigen Bereich. Die Rottetemperaturen lagen – wie bei der Eigenkompostierung üblich - nur kurz im für die Hygienisierung erforderlichen Bereich über 55 °C. Da der hergestellte Kompost definitionsgemäß nur

im eigenen Bereich (Garten) angewendet wird, ist diese mangelhafte Hygienisierungsleistung nicht als qualitätsmindernd einzustufen.

Die im Vergleich zur technischen Kompostierung geringeren Rottetemperaturen führen aber zu einer Verzögerung des biologischen Abbaus. Dem trägt die DIN/ÖNORM EN 13432 insofern Rechnung als die Zeitspanne, in der der biologische Abbau der Vorsammelhilfen erfolgen muss, von 6 Monaten bei der technischen Kompostierung auf 12 Monate bei der Eigenkompostierung verlängert wurde, bzw. hinsichtlich Desintegration von 3 auf 6 Monate verlängert wurde. Bedingung (hinsichtlich Desintegration in Kompost) für die Zertifizierung als abbaubar (kompostierbar) ist, dass sich maximal 10 % der zugegebenen Sackerlmasse im Endprodukt >2 mm finden.

Trotz Ausdehnung der Versuchsdauer auf 82 Wochen (in den laufend dotierten Varianten ergab sich somit eine Aufenthaltsdauer der zuletzt zugegebenen „Biosackerl“ von 48 Wochen) konnte in **KEINER** der untersuchten Varianten eine zertifizierungskonforme „Kompostierbarkeit“ der Vorsammelhilfen festgestellt werden. Die nach 82 Wochen Gesamttrottedauer festgestellten Sackerlreste >10 mm lagen zwischen 21 % TM (Variante 4) und 77 % TM (Variante 3) jeweils bezogen auf die zugegebene Sackerlmasse. Erwartungsgemäß war der Anteil an Sackerlresten in den sofort vollständig geschütteten Varianten 1 und 4 (mit höherer Temperaturentwicklung im Rotteprozess) geringer als in den laufend dotierten Varianten.

5 Literatur

- DIN/ÖNORM EN 13432 (2008): Packaging - Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging (consolidated version). Online verfügbar unter https://shop.austrian-standards.at/action/en/public/details/287493/OENORM_EN_13432_2008_02_01
- BGBl. II Nr. 292 (2001): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Qualitätsanforderungen an Komposte aus Abfällen (Kompostverordnung)
- Eisschill M., Gabriel L., Kreizinger M., Reichhard S. (2022): Erforschung der Kompostierbarkeit von „Biosackerln“ im Heimkompost, Diplomarbeit an der HLUW Yspertal
- Neumeyr L., Piuk L. und Stippinger V. (2021): Untersuchung der Kompostierbarkeit von „Biosackerln“, Diplomarbeit an der HLUW Yspertal
- Zafiu Ch., Binner E., Huber-Humer M. (2019): Kompostierbarkeit von biologisch abbaubaren Vorsammelhilfen. Projektbericht des ABF-BOKU im Auftrag der niederösterreichischen Landesregierung, des Amtes der oberösterreichischen Landesregierung und der Stadt Wien

Anhang I – Analysendaten

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
26.10.20	0,4	52,9	67,7	23,7	69,0	58,1	45,5	53,2
29.10.20	0,9	58,9	56,7	20,7	46,9	30,9	25,1	22,5
30.10.20	1,0	37,9	62,1	16,1	60,8	23,6	39,0	29,5
02.11.20	1,4	20,2	39,9	18,4	58,8	24,1	28,7	22,5
05.11.20	1,9	27,2	42,6	25,3	38,9	32,3	21,2	19,5
09.11.20	2,4	n.a.						
12.11.20	2,9	18,5	28,3	20,9	23,8	14,7	13,5	14,6
18.11.20	3,7	14,5	17,1	20,2	15,1	10,1	10,1	11,8
23.11.20	4,4	11,0	13,6	12,8	10,1	9,0	8,1	8,1
03.12.20	5,9	8,0	8,4	7,4	6,4	4,8	5,7	7,0
17.12.20	7,9	11,3	9,7	8,8	8,6	7,3	6,6	7,4
13.01.21	12	7,6	5,4	4,1	4,0	2,9	2,2	2,2
25.01.21	13	8,5	7,3	5,3	5,3	4,1	4,0	3,3
26.02.21	18	12,1	9,6	6,9	6,7	6,3	7,4	8,4
18.03.21	21	9,4	9,7	7,6	8,0	7,1	6,6	6,5
03.05.21	27	11,4	11,0	9,7	12,2	11,5	12,7	11,2
18.05.21	30	12,4	14,9	10,8	14,1	12,9	12,5	13,1
21.06.21	34	21,4	21,9	21,3	22,8	22,3	22,6	24,0
24.06.21	35	17,6	21,1	18,9	20,6	22,2	21,1	21,7
23.07.21	39	19,5	19,2	18,9	19,7	18,1	20,5	20,5
09.08.21	41	18,5	19,3	19,6	19,2	19,5	19,6	18,8
08.09.21	46	16,0	15,6	14,6	15,0	14,3	14,5	14,2
06.10.21	50	15,7	15,5	13,6	14,2	13,9	14,2	14,2

n.a. = nicht analysiert

Tabelle 5: Rottetemperaturen [°C] der 7 Varianten - Mittelwerte aus jeweils 2 Einzelmessungen. Rot markiert sind die Zeitpunkte von Festprobenentnahmen; grün markiert sind Temperaturwerte im für die Hygienisierung wichtigen thermophilen Bereich (Quellen: Neumeyr et al., 2021 und Eisschill et al., 2022)

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
26.10.20	0,4	19,3	17,8	19,9	20,5	20,6	19,7	19,9
29.10.20	0,9	18,3	13,8	19,6	14,8	19,8	19,2	18,6
30.10.20	1,0	18,4	16,7	19,2	15,7	18,8	20,3	19,8
02.11.20	1,4	19,6	17,5	19,0	15,6	18,9	20,3	19,2
05.11.20	1,9	20,0	16,0	18,6	15,4	19,6	20,2	20,6
09.11.20	2,4	20,5	20,0	20,5	17,6	20,9	20,6	20,3
12.11.20	2,9	19,9	19,7	20,2	20,3	20,4	20,1	19,8
18.11.20	3,7	20,1	19,9	20,3	20,0	20,0	20,5	20,4
23.11.20	4,4	20,4	20,0	20,6	20,5	20,3	20,6	20,5
03.12.20	5,9	20,6	20,2	20,4	20,6	20,4	20,6	20,6
17.12.20	7,9	20,3	20,2	20,3	20,3	20,4	20,6	20,4
13.01.21	12	20,9	20,6	20,6	20,6	20,9	20,9	20,5
25.01.21	13	20,9	20,9	20,9	20,6	20,6	20,9	20,4
26.02.21	18	20,4	18,8	20,3	19,8	20,2	20,4	20,4
18.03.21	21	20,6	20,5	20,5	20,3	20,4	20,6	20,4
03.05.21	27	20,5	19,9	20,5	20,3	20,6	20,6	20,5
18.05.21	30	19,9	19,9	20,5	20,0	20,1	20,4	19,9
21.06.21	34	19,3	18,8	19,8	20,6	20,9	20,0	20,3
24.06.21	35	20,3	20,1	20,1	20,6	20,9	20,3	20,4
23.07.21	39	20,9	20,9	20,9	20,5	20,7	20,9	20,5
09.08.21	41	20,4	20,2	20,6	20,6	20,5	20,5	20,4
08.09.21	46	19,3	17,8	19,9	20,5	20,6	19,7	19,9
06.10.21	50	18,3	13,8	19,6	14,8	19,8	19,2	18,6

n.n. = nicht nachweisbar

Tabelle 6: Sauerstoffgehalte in der Porenluft [Vol%] der 7 Varianten - Mittelwerte aus jeweils 2 Einzelmessungen. Rot markiert sind die Zeitpunkte von Festprobenentnahmen; gelb markiert sind Sauerstoffwerte im ungünstigen Bereich (<15 Vol%) (Quellen: Neumeyr et al., 2021 und Eisschill et al., 2022)

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
26.10.20	0,4	2,4	4,6	1,8	0,6	0,6	1,8	1,4
29.10.20	0,9	4,0	9,6	2,2	8,4	1,8	2,8	4,0
30.10.20	1,0	4,0	6,2	2,8	7,8	3,6	1,0	2,0
02.11.20	1,4	2,2	5,0	3,6	7,6	3,8	1,0	2,8
05.11.20	1,9	1,4	6,8	2,6	8,0	2,4	1,2	0,6
09.11.20	2,4	1,4	1,2	0,8	5,4	1,0	0,8	1,0
12.11.20	2,9	1,6	1,8	1,0	0,8	0,6	1,0	1,8
18.11.20	3,7	1,2	1,6	1,2	1,4	1,4	0,6	0,6
23.11.20	4,4	1,0	1,7	1,0	1,0	1,1	0,4	0,6
03.12.20	5,9	0,4	0,8	0,6	n.n.	0,6	n.n.	n.n.
17.12.20	7,9	n.n.	n.n.	0,6	0,6	0,4	n.n.	0,6
13.01.21	12	n.n.						
25.01.21	13	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,4	n.n.	1,0
26.02.21	18	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,8	0,4	0,6
18.03.21	21	0,5	0,8	0,6	1,0	n.n.	0,4	0,6
03.05.21	27	0,6	1,6	0,6	1,0	1,4	0,8	1,4
18.05.21	30	1,8	1,6	0,8	1,6	n.n.	1,4	1,0
21.06.21	34	3,0	3,6	2,2	0,6	1,4	0,8	0,8
24.06.21	35	1,0	2,0	1,2	1,6	n.n.	1,2	1,0
23.07.21	39	1,4	1,8	1,6	0,8	0,8	1,0	1,2
09.08.21	41	0,8	1,0	1,0	1,2	0,6	0,6	0,6
08.09.21	46	2,4	4,6	1,8	0,6	0,6	1,8	1,4
06.10.21	50	4,0	9,6	2,2	8,4	1,8	2,8	4,0

n.n. = nicht nachweisbar

Tabelle 7: Kohlendioxidgehalte in der Porenluft [Vol%] der 7 Varianten - Mittelwerte aus jeweils 2 Einzelmessungen. Rot markiert sind die Zeitpunkte von Festprobenentnahmen; gelb markiert sind Kohlendioxidwerte im ungünstigen Bereich (>6 Vol%) (Quellen: Neumeyr et al., 2021 und Eisschill et al., 2022)

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

5.1.1 Rotteparameter der Varianten

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
23.10.2020	0,0	n.a.						
09.11.2020	2,4	61,4	71,1	74,6	70,2	67,0	68,0	76,2
18.11.2020	3,7	44,1	53,1	53,8	51,3	66,6	33,4	68,8
03.12.2020	5,9	61,4	60,1	68,8	79,4	66,0	73,3	68,7
17.12.2020	7,9	64,1	63,4	76,9	65,0	76,1	74,7	72,6
21.06.2021	34	31,6	32,6	17,0	18,7	15,8	31,4	10,2
08.09.2021	46	69,1	64,5	58,5	70,0	68,5	70,2	66,9
04.11.2021	54	n.a.						
08.12.2021 ¹⁾	59	68,8	67,2	60,8	64,6	n.a.	n.a.	n.a.
19.05.2022 ²⁾	82	49,3	52,7	64,6	66,6	n.a.	59,9	n.a.

¹⁾ Analyse ABF: Fraktion <20 mm,

²⁾ Analyse ABF: Fraktion <10 mm,

n.a. = nicht analysiert

Tabelle 8: Wassergehalte im Rottegut [% FM] der 7 Varianten; gelb markiert sind Wassergehaltswerte im ungünstigen Bereich (<35 % FM) (Analytik bis 17.12.20 Neumeyr et al., 2021; bis 8.9.21 Eisschill et al., 2022; und ab 8.12.21 ABF-BOKU)

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
23.10.2020	0,0	n.a.						
09.11.2020	2,4	7,6	7,3	7,4	7,6	7,6	7,7	7,4
18.11.2020	3,7	7,4	7,6	7,3	7,5	6,1	6,1	6,1
03.12.2020	5,9	7,4	7,3	7,2	7,3	7,2	7,3	7,2
17.12.2020	7,9	7,4	7,2	7,3	7,0	7,3	6,9	7,2
21.06.2021	34	7,5	7,2	7,4	7,5	7,5	7,7	7,3
08.09.2021	46	8,2	7,6	7,5	7,7	7,4	7,3	7,7
04.11.2021	54	7,7	7,6	7,5	7,7	7,4	6,6	6,9
08.12.2021 ¹⁾	59	7,9	7,7	7,8	8,0	n.a.	n.a.	n.a.
19.05.2022 ²⁾	82	n.a.						

¹⁾ Analyse ABF: Fraktion <20 mm,

²⁾ Analyse ABF: Fraktion <10 mm,

n.a. = nicht analysiert

Tabelle 9: pH-Werte im Rottegut [-] der 7 Varianten (Analytik bis 17.12.20 Neumeyr et al., 2021; bis 8.9.21 Eisschill et al., 2022; und ab 8.12.21 ABF-BOKU)

ENDBERICHT MODUL 1: KOMPOSTIERUNGSVERSUCHE

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
23.10.2020	0,0	n.a.						
09.11.2020	2,4	n.a.						
18.11.2020	3,7	n.a.						
03.12.2020	5,9	n.a.						
17.12.2020	7,9	n.a.						
21.06.2021	34	71,9	21,9	41,4	24,5	58,6	55,8	72,9
08.09.2021	46	56,5	56,0	44,9	64,1	54,8	46,4	50,4
04.11.2021	54	56,0	56,0	30,5	75,1	44,3	52,4	54,6
08.12.2021 ¹⁾	59	46,2	39,1	46,9	50,0	n.a.	n.a.	n.a.
19.05.2022 ²⁾	82	n.a.						

¹⁾ Analyse ABF: Fraktion <20 mm,

²⁾ Analyse ABF: Fraktion <10 mm,

n.a. = nicht analysiert

Tabelle 10: Glühverlustwerte im Rottegut [% TM] der 7 Varianten; gelb markiert sind nicht erklärbare Sprünge bei den Analysenwerte (der Glühverlust kann während der Rotte nicht wesentlich ansteigen) (Analytik bis 17.12.20 Neumeyr et al., 2021; bis 8.9.21 Eisschill et al., 2022; und ab 8.12.21 ABF-BOKU)

Variante	Rottedauer [Wochen]	1	2	3	4	5	6	7
23.10.2020	0,0	n.a.						
09.11.2020	2,4	1,49	2,04	2,44	2,45	2,60	2,34	2,18
18.11.2020	3,7	1,40	1,59	1,99	1,62	2,40	1,81	2,07
03.12.2020	5,9	1,69	1,52	1,97	2,54	2,11	2,73	2,06
17.12.2020	7,9	1,51	1,58	2,06	3,33	2,46	2,55	2,08
21.06.2021	34	2,27	2,42	2,11	1,42	2,60	2,64	1,78
08.09.2021	46	2,07	2,01	1,30	1,96	3,08	2,51	2,45
04.11.2021	54	1,66	1,24	1,45	1,46	2,15	1,87	2,01
08.12.2021 ¹⁾	59	1,84	1,69	1,82	2,05	n.a.	n.a.	n.a.
19.05.2022 ²⁾	82	n.a.						

¹⁾ Analyse ABF: Fraktion <20 mm,

²⁾ Analyse ABF: Fraktion <10 mm,

n.a. = nicht analysiert

Tabelle 11: Gesamtstickstoffgehalte im Rottegut [% TM] der 7 Varianten; gelb markiert sind nicht erklärbare Sprünge bei den Analysenwerte (der Stickstoffgehalt steigt – bedingt durch den Abbau organischer Masse - während der Rotte relativ gesehen an. Prinzipiell ist eine Abnahme durch Verluste über Sickerwasser bzw. Abluft möglich) (Analytik bis 17.12.20 Neumeyr et al., 2021; bis 8.9.21 Eisschill et al., 2022; und ab 8.12.21 ABF-BOKU)