

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Wasser – Atmosphäre - Umwelt

Institut für Abfallwirtschaft

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

Muthgasse 107/III, A-1190 Wien



KOMPOSTIERBARKEIT VON BIOLOGISCH ABBAUBAREN VORSAMMELHILFEN

Endbericht

**Im Auftrag der niederösterreichischen Landesregierung, des Amtes der
oberösterreichischen Landesregierung und der Stadt Wien.**

Christian Zafiu

Erwin Binner

Marion Huber-Humer

Wien, Dezember 2019



Inhaltsverzeichnis

1	<i>Veranlassung</i>	3
2	<i>Voruntersuchungen</i>	5
3	<i>Versuchsablauf</i>	7
3.1	<i>Ausgangsmaterialien</i>	9
3.2	<i>Verfahrensablauf</i>	10
4	<i>Ergebnisse</i>	12
4.1	<i>Beurteilung des Rotteprozesses</i>	12
4.1.1	<i>In Situ Messungen</i>	12
4.1.2	<i>Laboranalysen</i>	19
4.2	<i>Beurteilung der Abbaubarkeit der Vorsammelhilfen und Aufkommen sonstiger Kunststoffe</i>	26
4.2.1	<i>Makrokunststoffe</i>	26
4.2.2	<i>Kunststoffe < 10 mm und Mikroplastik</i>	29
5	<i>Zusammenfassung</i>	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Voruntersuchung der von den Niederösterreichischen Abfallverbänden eingesetzten biologisch abbaubare Vorsammelhilfen. A) zeigt die FTIR-Spektren der einzelnen Vorsammelhilfen und B) zeigt die Absorption bei charakteristischen Wellenzahlen um Unterschiede zwischen den Produkten stärker herauszuarbeiten. Vorsammelhilfen die nicht eindeutig einem Abfallverband zugeordnet werden konnten sind als Fotografie abgebildet: „Bioabfall“ (C), „Biomüllsack“ (D) und „Bioabfall 120l“ (E).....	6
Abbildung 2 : Vorbereitung der Versuchsmiete in der Kompostanlage II/Oberösterreich (Anlage 2). Das erste Bild links zeigt das gleichmäßige Aufbringen der halbierten Vorsammelhilfen, es folgt das Aufbringen weiteren Materials (Grünschnitt, Erde) und das Umsetzen.	8
Abbildung 3: Vor der Probennahme wurde die Rottetemperatur und Porenluftzusammensetzung mit Hilfe von Messlanzen analysiert (links). Erst danach wurde die Miete geöffnet und Proben entnommen	9
Abbildung 4: Verlauf der Rottetemperaturen von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte)	12
Abbildung 5: Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte).....	13
Abbildung 6: Verlauf der Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte).....	13
Abbildung 7: Summe Sauerstoff + Kohlendioxid in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte).....	14
Abbildung 8: Verlauf der Methankonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte).....	14
Abbildung 9: Verlauf der Rottetemperaturen von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte)	15
Abbildung 10: Verlauf der Rottetemperaturen von Vergleichsmiete 2 (3 Messpunkte)	15
Abbildung 11: Verlauf der Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte).....	17
Abbildung 12: Verlauf der Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft von Vergleichsmiete 2 (3 Messpunkte).....	17
Abbildung 13: Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte).....	18
Abbildung 14: Summe Sauerstoff + Kohlendioxid in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte).....	18
Abbildung 15: Verlauf der Methankonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte).....	19
Abbildung 16: Verlauf der Wassergehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.....	21
Abbildung 17: Verlauf der pH-Werte jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	21
Abbildung 18: Verlauf der Geruchszahlen (berechnet aus den Konzentrationen an Niederen Carbonsäuren) in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	22
Abbildung 19: Verlauf Ammoniumgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	22
Abbildung 20: Verlauf der Nitratgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.....	23

Abbildung 21: Verlauf der Glühverluste in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	23
Abbildung 22: Verlauf der Kohlenstoffgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	24
Abbildung 23: Verlauf der Gesamtstickstoffgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	24
Abbildung 24: Verlauf der C/N-Verhältnisse in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	25
Abbildung 25: Verlauf der Atmungsaktivität (AT4) in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	25
Abbildung 26: Verlauf der Huminsäuregehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II.	26
Abbildung 27: Veränderung der Massen bioabbaubarer und nicht bioabbaubarer Makrokunststoffe (>10 mm) während der Rottedauer (in g/kg TM). A) zeigt die Mengen an nicht abbaubaren Makrokunststoffen in der Anlage 1 (dunkelrot), Anlage 2 (hellrot) und an bioabbaubaren Makrokunststoffen (Anlage 1 dunkelgrün und Anlage 2 in hellgrün). In B) wird der zeitliche Verlauf der Menge an bioabbaubaren Kunststoff in den Versuchsmieten gezeigt.	27
Abbildung 28: Das linke Bild zeigt exemplarisch vollständige Vorsammelhilfen (Hälften) die zu Beginn der Untersuchungen gefunden wurden. Das Bild rechts zeigt Vorsammelhilfen nach 2 Wochen Rottedauer.	28
Abbildung 29: Anzahl und Masse an Kunststoffpartikel <10 mm getrennt durch sequenzielles Sieben in die Fraktionen 10 - 6,3 mm (blau); 6,3 - 2 mm (orange), 2 - 0,63 mm (grau) und 0,63 -0,2 mm (gelb) in Relation zur Trockenmasse (TM) der Einzelproben. A) zeigt die Partikelzahl und C) die Partikelmassen der in der Anlage I, B) die Partikelanzahl und D) die Partikelmassen in der Anlage II.	30
Abbildung 30: Mittelwerte der Anzahl (A) und Masse (B) an gefundenen Kunststoffen in den Fraktionen 10 - 6,3 mm (blau); 6,3 - 2 mm (orange), 2 - 0,63 mm (grau) und 0,63 -0,2 mm (gelb) in Relation zur Trockenmasse (TM)	32
Abbildung 31: Relative Anzahl unterschiedlicher Kunststoffarten in allen Stichproben. Kunststoffe mit einem Anteil >5 % wurden explizit dargestellt, während Kunststoffe mit einem Anteil <5 % in der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst wurden. Bioabbaubare Kunststoffe, mit Ausnahme der manuell aussortierten „Kreislaufsackerl“ >10 mm, wurden in der Kategorie „bioabbaubar“ zusammengefasst.	34
Abbildung 32: Anzahl der identifizierten, bioabbaubaren Kunststoffpartikel in allen Proben. Dargestellt wurden nur jene Proben in denen tatsächlich Biokunststoffe gefunden wurden.	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wesentliche Daten betreffend Rottegutzusammensetzung und Mietenbetreuung.	11
Tabelle 2: Anzahl an Kunststoffpartikeln pro kg Trockenmasse in den 30 untersuchten Proben. Auf Grund des zur Verfügung stehenden Siebturmes wurde die Grenze zwischen Makro- und Mikrokunststoffen bei 6,3 mm gezogen (üblicherweise liegt diese Grenze bei 0,5 mm)	33

1 Veranlassung

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 u.v.a.) 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 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 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 abbaubaren Vorsammelhilfen könnte daher die Akzeptanz der Bevölkerung gesteigert und damit die Menge an sortenrein gesammelten biogenen Abfällen erhöht werden.

Da aber abbaubare, vorgeblich abbaubare und herkömmliche Kunststoffe bei der Eingangskontrolle in der Kompostanlage nicht unterschieden werden können, lehnen

viele Anlagenbetreiber die Verwendung von Vorsammelhilfen ab – auch wenn sie nachweislich und zertifiziert aus abbaubaren Werkstoffen hergestellt wurden.

Abbaubare Vorsammelhilfen werden in mehreren Niederösterreichischen Abfallverbänden eingesetzt. In einer Voruntersuchung am ABF-BOKU mittels FTIR-Spektroskopie wurden aus 11 unterschiedlichen Vorsammelhilfen 2 unterschiedliche Materialgruppen identifiziert. Im Rahmen der gegenständlichen Untersuchung sollte das Verhalten der häufiger identifizierten Materialgruppe, die als biologisch abbaubar zertifiziert wurde, im Kompostierungsbetrieb (nach Stand der Technik) getestet werden. Gemeinsam mit den Auftraggebern wurden 2 offene Kompostanlagen an folgenden Standorten ausgewählt.

In Niederösterreich (Anlage 1)

In Oberösterreich (Anlage 2)

Das ABF-BOKU beschäftigt sich seit längerem mit abbaubaren/kompostierbaren Werkstoffen. Im Rahmen von Masterarbeiten wurden Knotenbeutel und Kaffeekapseln aus diesen Werkstoffen unter Laborbedingungen kompostiert und untersucht. Dabei wurden neue Untersuchungsmethoden zum Nachweis nicht abgebauter Kunststofffragmente entwickelt. Diese Methoden werden auch in der gegenständlichen Untersuchung verwendet und weiterentwickelt, um folgende Forschungsfragen zu beantworten:

1. Wieweit werden die derzeit zur Sammlung von Bioabfällen eingesetzten Vorsammelhilfen aus abbaubaren Kunststoffen unter Praxisbedingungen in nach dem Stand der Technik betriebenen offenen Kompostanlagen abgebaut?
2. Wie hoch ist der Makro- und der Mikroplastikanteil an abbaubaren und nicht abbaubaren Kunststoffen im Kompost und wie sieht deren Größenverteilung aus?

2 Voruntersuchungen

Von den niederösterreichischen Abfallverbänden wurden zum Zeitpunkt der Projektplanung 11 unterschiedliche bioabbaubare Vorsammelhilfen zur Sammlung von biogenen Abfällen ausgegeben. Diese Vorsammelhilfen wurden dem ABF-BOKU für Voruntersuchungen zur Verfügung gestellt. Sie unterscheiden sich optisch durch unterschiedliche Transparenz und in ihrer Farbe von Weiß bis Cremefarben. Da nur 8 Vorsammelhilfen einem Abfallverband zugeordnet werden konnten, wurden die drei nicht zuordenbaren fotografiert (Abbildung 1 C - E).

Um festzustellen in wie weit sich diese Kunststoffe unterscheiden wurden Untersuchungen mittels Augmented Total Reflektion (ATR) - Fourier transform infrared (FTIR) Spektroskopie an diesen Vorsammelhilfen durchgeführt (Abbildung 1 A). Durch die spektroskopische Untersuchung und der dabei erhaltenen Bandencharakteristik konnte festgestellt werden, dass die Hauptkomponenten in allen Fällen Polymerblends aus thermoplastischer Stärke (TPS) und Polybutylenadipat-terephthalat (PBAT) bestehen. Diese Identifikation wurde aufgrund

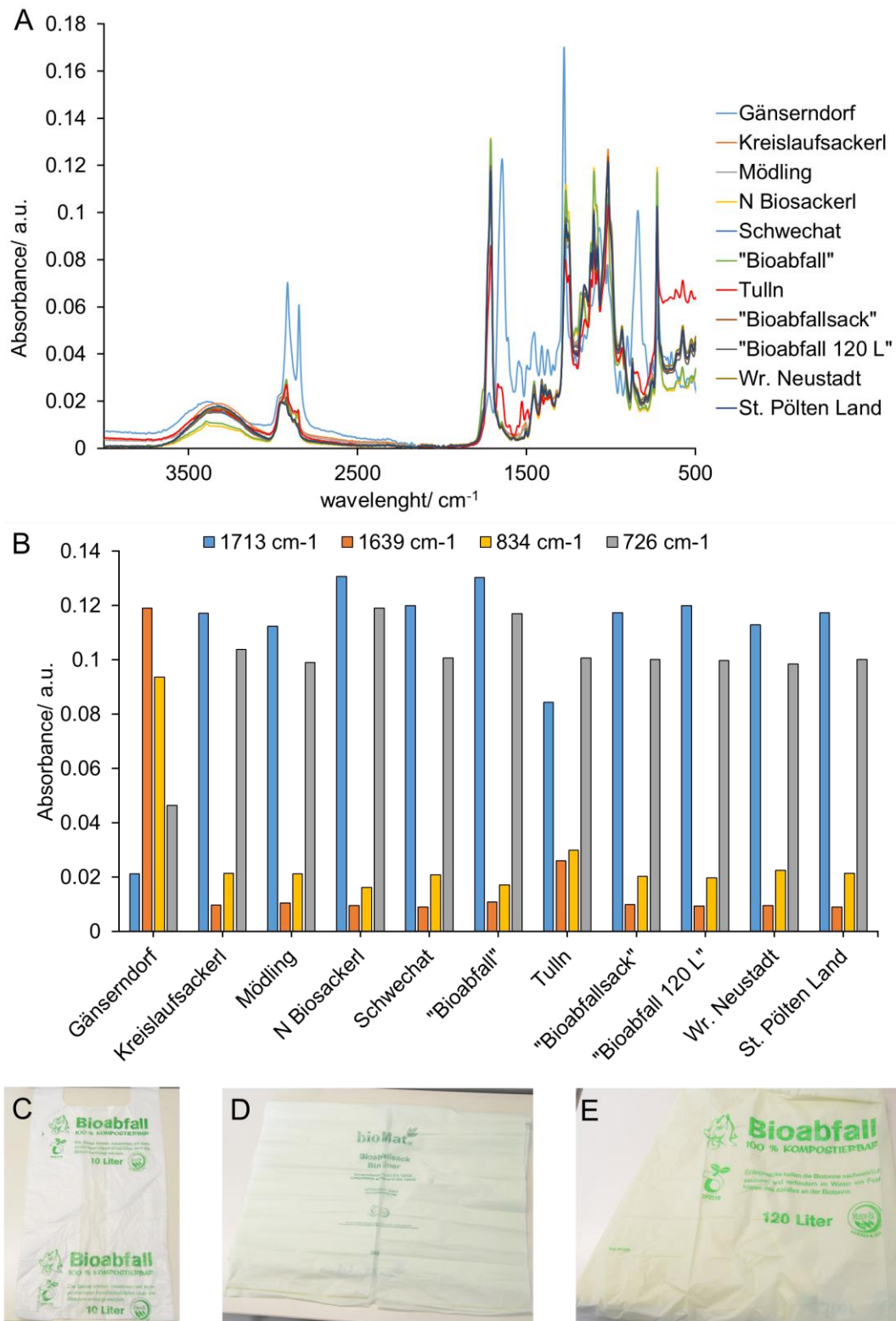


Abbildung 1: Voruntersuchung der von den Niederösterreichischen Abfallverbänden eingesetzten biologisch abbaubare Vorsammelhilfen. A) zeigt die FTIR-Spektren der einzelnen Vorsammelhilfen und B) zeigt die Absorption bei charakteristischen Wellenzahlen um Unterschiede zwischen den Produkten stärker herauszuarbeiten. Vorsammelhilfen die nicht eindeutig einem Abfallverband zugeordnet werden konnten sind als Photographie abgebildet: „Bioabfall“ (C), „Biomüllsack“ (D) und „Bioabfall 120l“ (E).

eines Bandenvergleichs mit Literaturspektren festgestellt. In Abbildung 1 A ist erkennbar, dass sich die Vorsammelhilfen aus Gänserndorf (blaues Spektrum) deutlich und jene aus Tulln in einem geringeren Ausmaß von den restlichen Vorsammelhilfen unterscheiden. Um die Unterschiede noch etwas deutlicher zu visualisieren wurden vier charakteristische IR Banden in Form eines Balkendiagramms dargestellt (Abbildung 1 B). Die vier dargestellten Banden sind die Carbonyl-Bande (1713 cm^{-1}), die aromatische Vinyl-Bande (1639 cm^{-1}), die substituierte C-H Bande (834 cm^{-1}) und Bande C-H (726 cm^{-1}).

Auf Grund der Bandencharakteristiken wurde festgestellt, dass 9 Abfallverbände praktisch identisch zusammengesetzte Vorsammelhilfen (Typ 1) verwenden. Der Abfallverband Gänserndorf setzt eine Vorsammelhilfe mit einer sich stark unterscheidenden Materialzusammensetzung (Typ 2). Die Vorsammelhilfe vom Abfallverband Tulln unterscheidet sich nur in geringem Maß.

Auf Basis dieser Daten wurde entschieden eine Vorsammelhilfe aus der mehrheitlich vorkommenden Materialklasse für die Praxisversuche auszuwählen. Final fiel die Entscheidung auf das „Kreislaufsacker“, da eine ausreichende Stückzahl des Materials durch den Kompost und Biogas Verband Österreich (KBVÖ) zur Verfügung gestellt werden konnte. Nach dem Bericht einer Untersuchung des IFA Tulln (BOKU) betrug der biobasierte Kohlenstoffanteil in der Vorsammelhilfe „Gänserndorf“ (Typ 2) 45 % und in einer Vorsammelhilfe des Typs 1 35 %. Die ähnliche Materialzusammensetzung laut FTIR lässt darauf schließen, dass alle Vorsammelhilfen des Typ 1 einen ähnlichen biobasierten Kohlenstoffanteil aufweisen.

3 Versuchsablauf

Die Kompostierungsversuche in den beiden Kompostanlagen wurden Ende Juli/Anfang August gestartet. Sie erfolgten in Form von offenen, natürlich belüfteten Zeilenmieten mit periodischem Umsetzen. Die Mieten wurden mit den in den jeweiligen Anlagen üblichen Abfallarten und Mischungsverhältnissen hergestellt. Dazu wurden die eingesetzten Mengen der unterschiedlichen Abfälle schichtenweise zu Dreiecksmieten aufgeschüttet. Als „Zwischenlage“ wurden je Versuchsmiete in einem Abschnitt von ca. 15-20 m jeweils 7.350 Stück der zu testenden Vorsammelhilfen (zerschnitten in 2 Teile) eingebracht (Abbildung 2); das entspricht einem Anteil von ca. 0,2-0,3 % (Masse) bezogen auf die Inputmischung. Umgerechnet auf die für die Mischung eingesetzten Bioabfallmengen entspricht die Anzahl an zugemischten Vorsammelhilfen einer Bioabfallmenge von ca. 1 kg gesammelter Bioabfälle pro Vorsammelhilfe.

Nach Aufschichten aller Komponenten wurden die Mieten mittels Umsetzgerätes homogenisiert und anschließend durch Mitarbeiter des ABF-BOKU beprobt (je Miete wurden 3 Mischproben hergestellt und zur Analyse ins ABF-Labor gebracht. Die weitere „Bearbeitung“ der Mieten erfolgte durch die Anlagenbetreiber in der im Routinebetrieb üblichen Art und Weise (Umsetzintervalle, Wasserzugabe, etc.). Die Rottetemperaturen (Messgeräte sind in den Anlagen vorhanden) wurden während

der Intensivrotte arbeitstäglich gemessen. Mit zunehmender Rottedauer wurden die Messintervalle entsprechend angepasst.



Abbildung 2: Vorbereitung der Versuchsmiete in der Kompostanlage II/Oberösterreich (Anlage 2). Das erste Bild links zeigt das gleichmäßige Aufbringen der halbierten Vorsammelhilfen, es folgt das Aufbringen weiteren Materials (Grünschnitt, Erde) und das Umsetzen.

In regelmäßigen Zeitabständen (insgesamt 6 Mal während der 12 Wochen dauernden Rotteversuche) wurde der Rottefortschritt durch Mitarbeiter des ABF-BOKU beurteilt (Kontrolle von Rottetemperaturen, Mietenporenluftzusammensetzung und organoleptische Beurteilung). Im Falle der Kompostierung in Anlage 2 erfolgen zusätzliche Messungen der Porenluftzusammensetzung durch Mitarbeiter der Kompostanlage.

Unmittelbar nach dem ersten Umsetzen (Zeitpunkt 0), sowie nach einer Rottedauer von 2, 4, 9 und 12 Wochen wurden je Versuchsmiete 3 Einzelproben von ca. 5 kg Feuchtmasse entnommen und untersucht (Abbildung 3). Vor jeder Probenentnahme wurden Mietenluftmessungen durchgeführt. Mittels Lanze wurden dazu in 3 Profilen je Miete Luftproben auf O_2 , CO_2 , CH_4 analysiert. Gleichzeitig wurden die Rottetemperaturen gemessen. Die Entnahme der Rottegutproben erfolgte jeweils aus dem Lanzenspitzenbereich. Nach 12 Wochen Versuchsdauer wurde zusätzlich eine Kompostfraktion <10 mm hergestellt und beprobt.



Abbildung 3: Vor der Probennahme wurde die Rottetemperatur und Porenluftzusammensetzung mit Hilfe von Messlanzen analysiert (links). Erst danach wurde die Miete geöffnet und Proben entnommen

Die entnommenen Proben wurden im ABF-Labor auf die Parameter WG, pH-Wert, Leitfähigkeit, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, N_{ges} , TOC, GV, Atmungsaktivität und FTIR-Analyse analysiert. Alle Proben wurden zusätzlich auf Mikrokunststoffe untersucht. Die Bestimmung des Mikrokunststoffanteils ($<6,3$ mm bzw. <2 mm) erfolgte nach dem Aussortieren bzw. Dichtentrennung (auch die Fraktion $>6,3$ mm wurden stichprobenartig analysiert) und mittels FTIR Spektroskopie, Licht-Mikroskopie und FTIR-Mikroskopie nach Art und Anzahl der gefundenen Kunststoffe („gezielt zugemischte“ und „im Bioabfall enthaltene“) ausgewertet. FTIR-Mikroskopie entspricht dem Stand der Technik in der Mikroplastikanalyse und wurde am VIBT Imaging Center der BOKU angemietet. Für die Analysen der abschließenden Proben wurden Methoden und Protokolle entwickelt, um Mikroplastik effizient aus Komposten zu isolieren und zu detektieren. Die Forschungstätigkeiten zum Mikrokunststoffmonitoring bzw. die Methodenadaptierungen wurden anhand der Proben der Zeitpunkt 1 bis 3 entwickelt und, optimiert.

Anhand der Meß- und Analysenwerte wurden Milieubedingungen und Rottefortschritt (Reaktivität) sowie Endproduktqualität vergleichend beurteilt. Aus Sortier- und FTIR-Analysen wurde der Abbau der Vorsammelhilfen verifiziert.

3.1 Ausgangsmaterialien

In **Anlage 1** werden Bioabfälle + Grünabfälle mit Baum- und Strauchschnitt sowie Siebrest im Verhältnis 1:1 (Volumen) verwendet. Dazu kommen ca. 11 % Kompost und 7 % Erde. Die einzelnen Komponenten werden schichtenweise zu 2 m hohen, 3,5 m breiten und 80 m langen Dreiecksmieten aufgeschüttet und anschließend mittels Umsetzgerätes homogenisiert. Über Faustzahlen für die Schüttdichte der einzelnen Inputmaterialien wurden die entsprechenden Massenanteile abgeschätzt. Die daraus abgeschätzte Schüttdichte der Rottegutmischung betrug $0,55 \text{ t/m}^3$.

Für den gegenständlichen Rotteversuch wurden in einem 15 m langen Teilbereich 7.350 Stück biologisch abbaubare Vorsammelhilfen (das entspricht einem Gewicht von ca. 66 kg) zugemischt. Der Anteil an Vorsammelhilfen betrug ca. 0,27 Gew.% am Gesamtinput bzw. 0,75 Gew.% bezogen auf den Biotonnenanteil. Für die Sammelpraxis in den Haushalten entspräche dies einer Sammelmenge von 1,2 kg Bioabfall pro Vorsammelhilfe. Details zur Zusammensetzung der Ausgangsmischung sind in Tabelle 1 dargestellt. Diese Miete wird als Miete 1 bezeichnet.

In **Anlage 2** werden Bioabfälle + Grünabfälle mit Baum- und Strauchschnitt sowie Siebrest im Verhältnis 1:2 (Volumen) verwendet. Dazu kommen ca. 7 % Erde. Die einzelnen Komponenten werden schichtenweise zu 1,5 m hohen, 3,0 m breiten und 150 m langen Dreiecksmieten aufgeschüttet und anschließend mittels Umsetzgerätes homogenisiert. Zusätzlich zu den Volumenanteilen wurden in Anlage 2 mittels Radladerschaufelwaage auch die Gewichtsanteile erfasst. Die errechnete Schüttdichte betrug ca. 0,69 t/m³.

Für den gegenständlichen Rotteversuch wurden in einem ca. 20 m langen Teilbereich 7.350 Stück biologisch abbaubare Vorsammelhilfen zugemischt. Der Anteil an Vorsammelhilfen betrug ca. 0,19 Gew.% am Gesamtinput bzw. 0,95 Gew.% bezogen auf den Biotonnenanteil. Für die Sammelpraxis in den Haushalten entspräche dies einer Sammelmenge von 1,0 kg Bioabfall pro Vorsammelhilfe. Details zur Zusammensetzung der Ausgangsmischung sind in Tabelle 1 dargestellt. Diese Miete wird als Miete II bezeichnet.

Das Rottegut in Anlage 2 wies trotz des höheren Strauchschnittanteils eine deutlich höhere Lagerungsdichte und damit ein geringeres Luftporenvolumen als jenes in Anlage 1 auf.

3.2 Verfahrensablauf

In **Anlage 1** werden die Mieten in wöchentlichen bis 2 wöchentlichen Intervallen mittels Seitenumsetzers gewendet. Bei Bedarf wird das Rottegut befeuchtet (genaue Aufzeichnungen zu den Wassermengen liegen nicht vor). Die Mieten werden über Belüftungsrinnen permanent schwach drückend belüftet. Zur Steuerung des Rotteprozesses werden in 3 Mietenpunkten alle 15 Minuten die Rottetemperaturen automatisch aufgezeichnet.

In **Anlage 2** wird während der Intensivrotte wegen des geringeren Porenvolumens täglich umgesetzt (es wird nicht zwangsbelüftet). Die zugegebenen Wassermengen sind deutlich höher als in Anlage 1 (während des 12 Wochen dauernden Rotteversuches wurden auf 150 m Mietenlänge insgesamt 24 m³ Wasser zugeführt). Zur Prozesssteuerung werden im Routinebetrieb täglich die Rottetemperaturen in 3 Punkten je Miete gemessen und aufgezeichnet. Zusätzlich konnte während des Versuchszeitraumes parallel auch die Porenluftzusammensetzung gemessen werden (ein entsprechendes Messgerät wurde vom Amt der OÖ Landesregierung zur Verfügung gestellt).

Die Zeitpunkte des Umsetzens, der Wasserzugaben und der Probenahmen sind für beide Anlagen in Tabelle 1 zusammengefasst.

	Miete I		Miete II	
Start	31.7.19		2.8.19	
Mietenabmessungen (h/b/l in m)	2 / 3 / 80 Versuchsmiete 15 m		1,5 / 3 / 100 Versuchsmiete 20 m	
Bioabfall Vol% / Masse (t)	32,9 / 8,8		17,6 / 7,0	
Grünabfall Vol% / t	8,2 / 1,7		14,6 / 3,3	
Strauchschnitt Vol% / t	34,2 / 5,6		29,2 / 6,7	
Siebrest Vol% / t	6,8 / 1,1		31,6 / 7,2	
Kompost Vol% / t	11,0 / 2,3		0,0	
Erde Vol% / t	6,8 / 4,9		7,0 / 7,0	
kg Bioabfall pro Vorsammelhilfe	1,19		0,95	
Anteil Vorsammelhilfen an Gesamtmasse (%)	0,27		0,21	
Anteil Vorsammelhilfen an Bioabfallmasse (%)	0,75		0,95	
Rottedauer	Umsetzen	Wasser- zugabe	Umsetzen	Wasser- zugabe
Start	31.7.19 Probenahme		2.8.19 Probenahme	
Woche 2	3.8. 7.8.		5. bis 8.8. 10.8.	5. 6. und 8.8.
Woche 3	12.8. 16.8. Probe	12.8.?	12. bis 14.8. 16.8.	13.8.
Woche 4	19.8. 24.8.	24.8.?	19. bis 23.8. 19.8. Probe	21.8.
Woche 5	28.8.		26. bis 28.8.	28.8.
Woche 6	2.9. 2.9. Probe 5.9.	2.9.?	2. bis 3.9. 2.9. Probe 6. 9.	6.9.
Woche 7			9. bis 13.9	
Woche 9	zur Nachrotte		29.9.	
Woche 11			8.10. 7.10. Probe	
Woche 12	Absiebung		14.10. 17.10.	
Endproben	25.10.		28.10	

Tabelle 1: Wesentliche Daten betreffend Rottegutzusammensetzung und Mietenbetreuung

4 Ergebnisse

4.1 Beurteilung des Rotteprozesses

4.1.1 In Situ Messungen

Abbildung 4 zeigt die Rottetemperaturen der Versuchsmiete von **Anlage 1** (Miete I). Die Linien zeigen die Ergebnisse der automatischen Temperaturaufzeichnungen in 3 unterschiedlichen Tiefen. Punkt 1 ist im oberflächennahen Mietenbereich, Punkt 2 im Mietenkern und Punkt 3 im Mietenfußbereich. Zusätzlich sind die durch Mitarbeiter des ABF-BOKU durchgeführten Messergebnisse als Einzelsymbole dargestellt. Diese Messungen wurden an 3 unterschiedlichen Stellen der Miete jeweils im Mietenkern (im oberen Drittel) durchgeführt, sind also am ehesten mit Messpunkt 2 der automatischen Messungen vergleichbar.

Die Rottetemperaturen zeigen einen für die offene Mietenkompostierung typischen Verlauf. Die Temperaturen sind rasch in den für die Hygienisierung erforderlichen termophilen Bereich angestiegen und ausreichend lange dort verblieben ($>55\text{ °C}$ über mindestens 10 Tage). Die Umsetzzeitpunkte sind deutlich durch den jeweiligen Temperaturabfall in allen Messpunkten zu erkennen. Nach dem Umsetzen kam es in der Regel rasch zu einem neuerlichen Temperaturanstieg. Die tendenziell geringeren Temperaturen zwischen Tag 22 und 25 sind vermutlich auf einen zu geringen Wassergehalt zurückzuführen. Die automatischen Temperaturaufzeichnungen enden nach 5 Wochen Versuchsdauer; das Rottegut wurde zur Nachrotte gebracht.

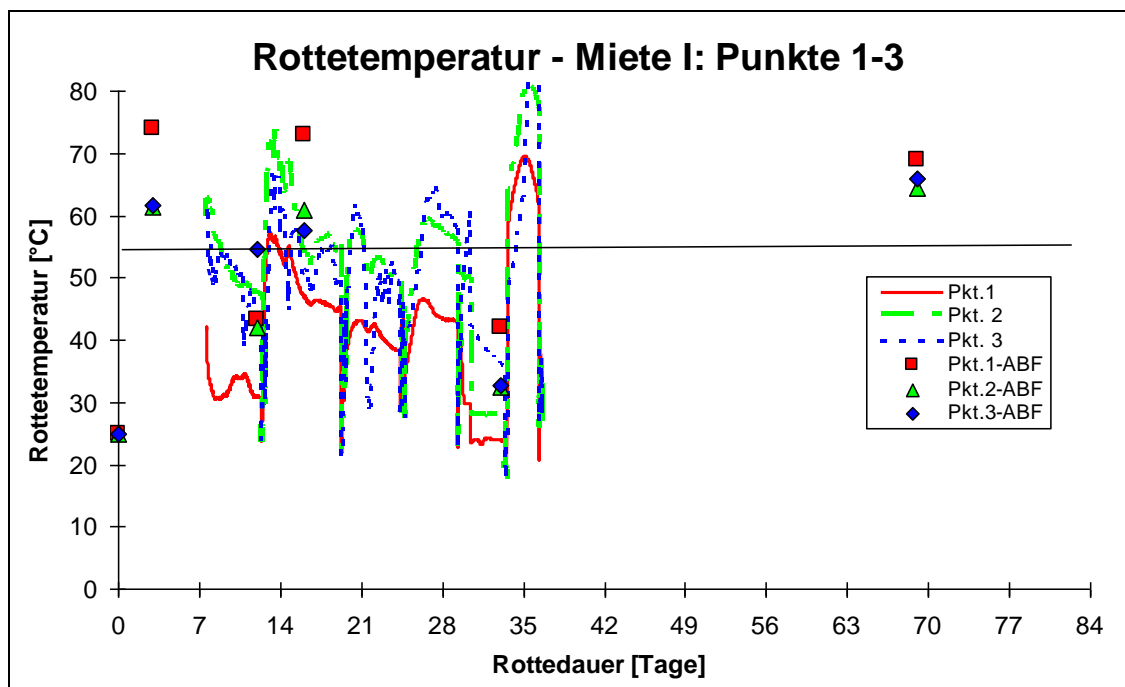


Abbildung 4: Verlauf der Rottetemperaturen von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte)

Abbildung 5 bis Abbildung 8 zeigen die Ergebnisse der von Mitarbeitern des ABF-BOKU durchgeführten Porenluftmessungen. Die Daten zeigen eine ausreichende Sauerstoffversorgung (Abbildung 5) über die gesamte Rottedauer. Lediglich in der 3. Rottewoche sank die Sauerstoffkonzentration unter 10 Vol.% (bzw. stieg die

Konzentration an Kohlenstoffdioxid über 8 Vol.%). Nur zu diesem Zeitpunkt wurde eine Summe $O_2 + CO_2 > 20,8$ Vol.% (Hinweis auf anaerobe Milieubedingungen) festgestellt (Abbildung 7). Methan wurde während der gesamten Rottedauer lediglich im Spurenbereich detektiert (Abbildung 8).

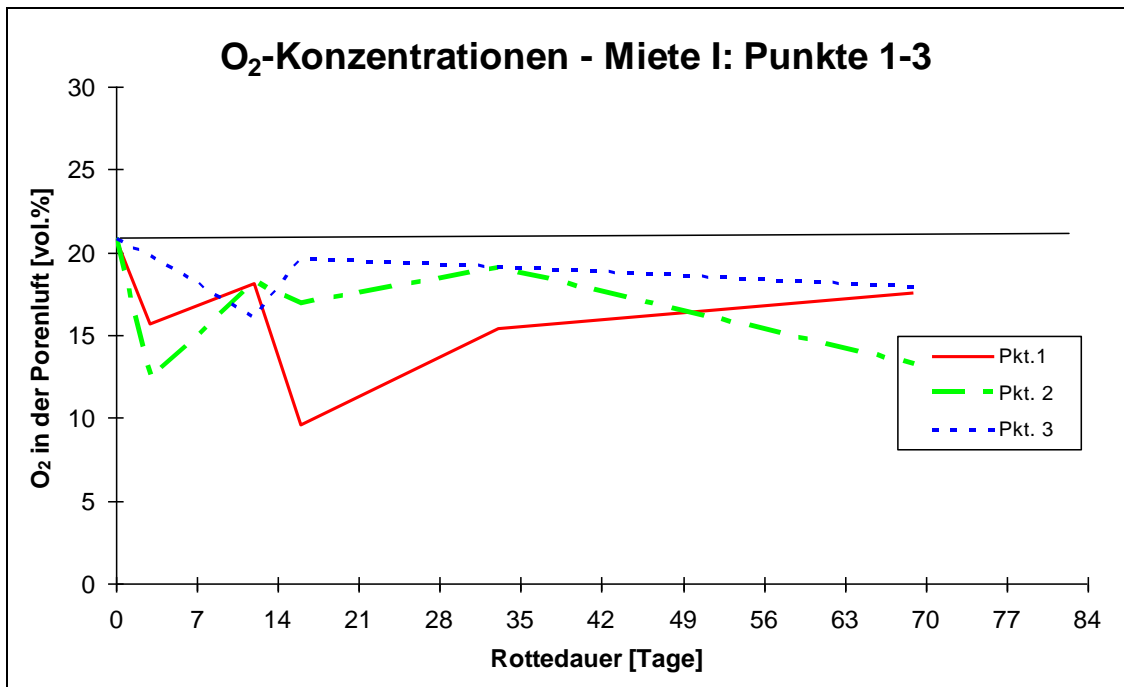


Abbildung 5: Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte)

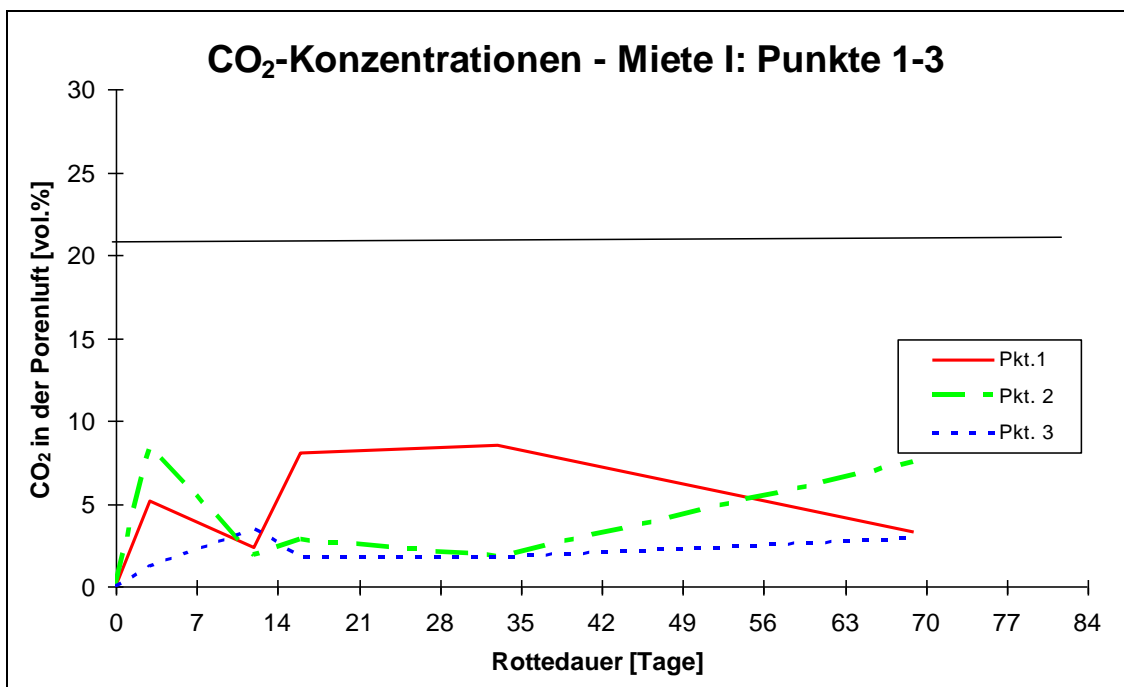


Abbildung 6: Verlauf der Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte)

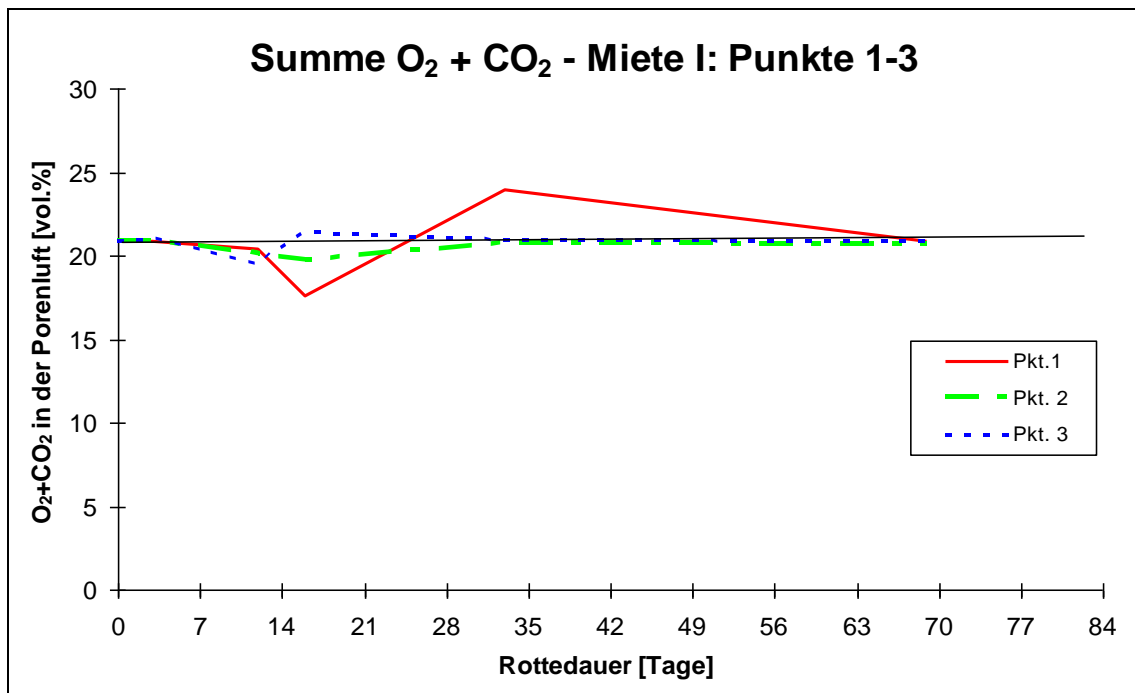


Abbildung 7: Summe Sauerstoff + Kohlendioxid in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte)

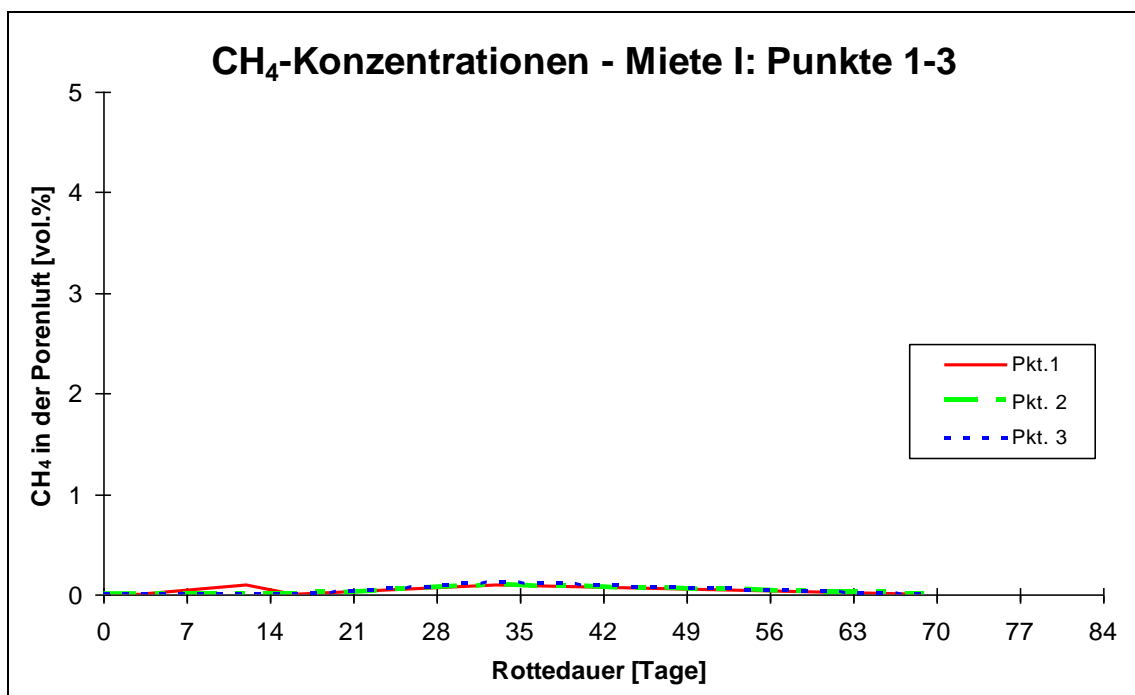


Abbildung 8: Verlauf der Methankonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 1 (3 Messpunkte)

Auch in **Anlage 2** wurden die Anforderungen hinsichtlich Hygienisierung erreicht (über einen zusammenhängenden Zeitraum von 13 Tagen wurden Rottetemperaturen von 55 °C überschritten). Der Temperaturverlauf (Abbildung 9) weist auf einen rascheren Rottefortschritt als bei Miete I hin. Nach 4 Wochen stiegen die Rotte-

temperaturen nach dem Umsetzen nicht mehr über 50 °C an; nach 5 Wochen war die Nachrottephase erreicht (Temperaturen <40 °C).

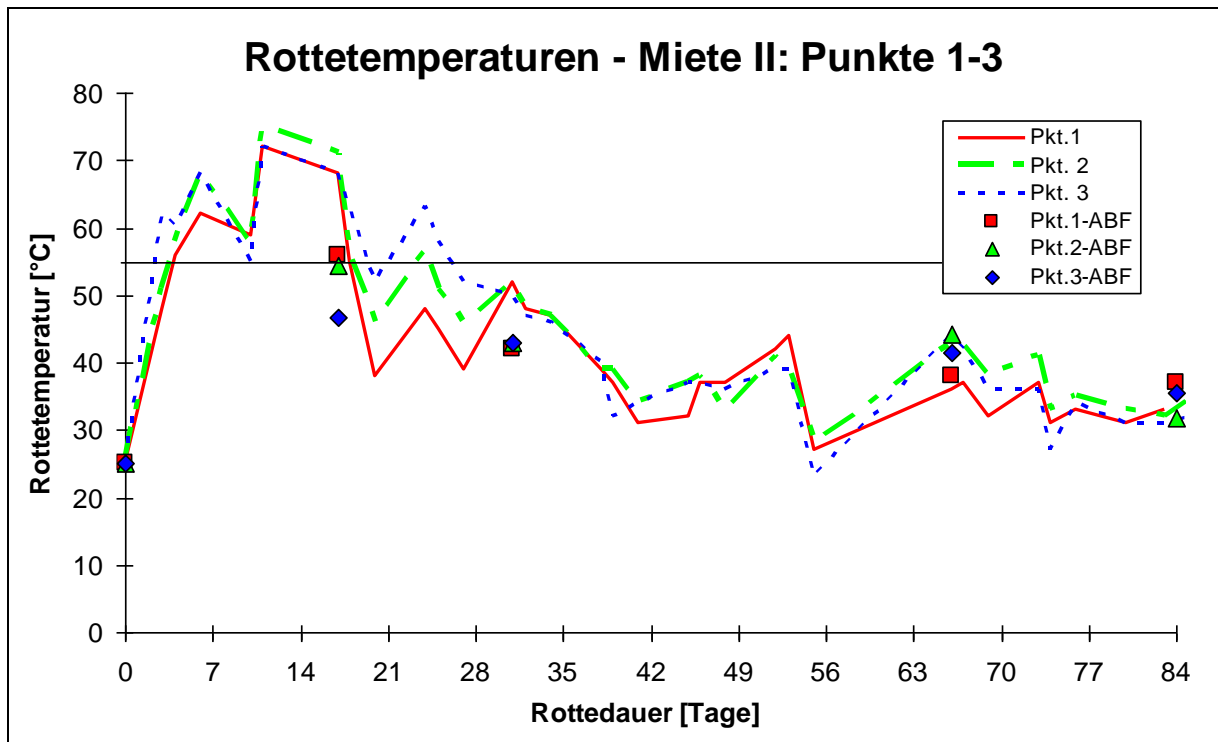


Abbildung 9: Verlauf der Rottetemperaturen von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte)

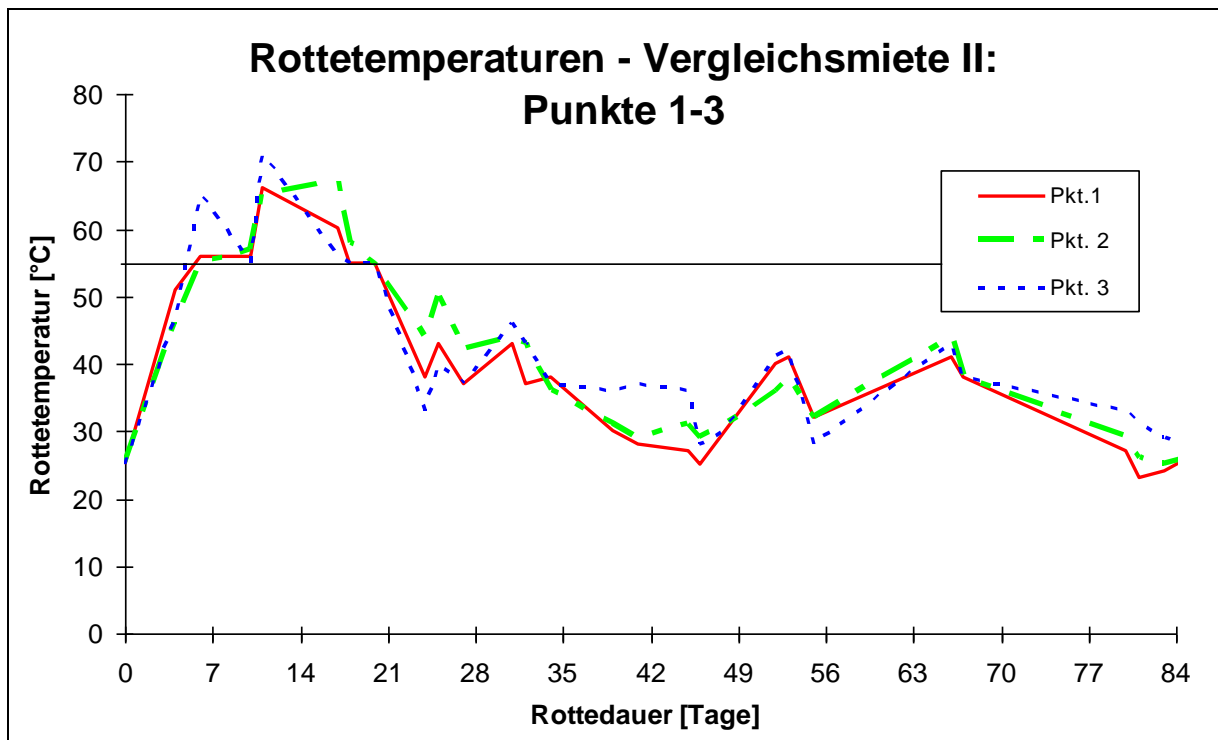


Abbildung 10: Verlauf der Rottetemperaturen von Vergleichsmiete 2 (3 Messpunkte)

Abbildung 10 zeigt die Rottetemperaturen in einer Vergleichsmiete, die mit derselben Ausgangsmaterialzusammensetzung und Mietenbetreuung (Umsetzintervalle, Wasserzugabe usw.) jedoch ohne Zugabe von abbaubaren Vorsammelhilfen

betrieben wurde. Die Vergleichsmiete zeigt einen sehr ähnlichen Temperaturverlauf auf geringfügig niedrigerem Temperaturniveau. Die Zumischung von abbaubaren Vorsammelhilfen bewirkte offensichtlich durch Erhöhung leicht verfügbarer organischer Komponenten etwas höhere Rottetemperaturen. Erst nach ca. 45 Rottetagen kommt es zu einer Angleichung der Rottetemperaturen in den beiden Mietenabschnitten.

Die Messwerte der Porenluftkonzentrationen in Miete II zeigten einen wesentlich schlechteren Verlauf als bei Miete I. Trotz täglichen Umsetzens lagen die Sauerstoffkonzentrationen während der Intensivrotte meist unter 5 Vol.% (Abbildung 13)! Entsprechend hoch waren die korrespondierenden Kohlendioxidkonzentrationen (Abbildung 11). Die Summe aus Sauerstoff + Kohlendioxid (Abbildung 14) lag fast immer über 20,8 Vol.%; die maximalen Methankonzentrationen erreichten über 6 Vol.% (Abbildung 15).

Die Vergleichsmiete zeigte eine deutlich bessere Sauerstoffversorgung des Rottegutes: Leider wurden vom Anlagenbetreiber routinemäßig neben der Rottetemperatur nur Kohlendioxid in der Porenluft gemessen – es gibt daher keine Vergleichswerte für Sauerstoff- und Methankonzentrationen. Die in Abbildung 12 dargestellten Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft lagen deutlich unter den Werten der Versuchsmiete (Abbildung 11). Der Großteil der Messwerte lag unter 15 Vol.%. Dies unterstützt die bereits beim Vergleich der Rottetemperaturen aufgestellte Hypothese, dass es durch die Zumischung der abbaubaren Vorsammelhilfen während der Intensivrotte zu einer deutlichen Intensivierung der Abbauvorgänge kam. Nicht erklärbar ist damit allerdings die im nächsten Absatz beschriebene schlechte Sauerstoffversorgung während der Nachrotte – die abbaubaren Vorsammelhilfen waren ja ab Rottewoche 4 in den Feststoffproben >0,63 mm nicht mehr nachweisbar (siehe Aussagen zu Abbildung 33).

Erst während der Nachrotte (nach Rottewoche 5) sanken die Methankonzentrationen in der Versuchsmiete unter 1 Vol.% (Abbildung 15). Trotzdem lagen die Summenwerte Sauerstoff + Kohlendioxid auch während der gesamten Nachrotte deutlich über 20,8 Vol.% (Abbildung 14)! Dies zeigt, dass in der Versuchsmiete selbst der in der Nachrotte geringer werdende Sauerstoffbedarf nicht befriedigt werden konnte (in der Vergleichsmiete wurden ab Rottewoche 5 keine Porenluftmessungen mehr durchgeführt). Gründe für die mangelhafte Sauerstoffversorgung können einerseits das geringe Luftporenvolumen im Rottegut (hohe Erdzumischung, zu starke Zerkleinerung des Strukturmaterials bei der Aufbereitung) und andererseits das tägliche Umsetzen sein. Bereits bei früheren Untersuchungen hat sich gezeigt, dass zu häufiges Umsetzen die für die Belüftung erforderliche Konvektion behindert. Wegen des fehlenden Temperaturgradienten im Rottegut wird der sogenannte „Kaminzugeffekt“ behindert.

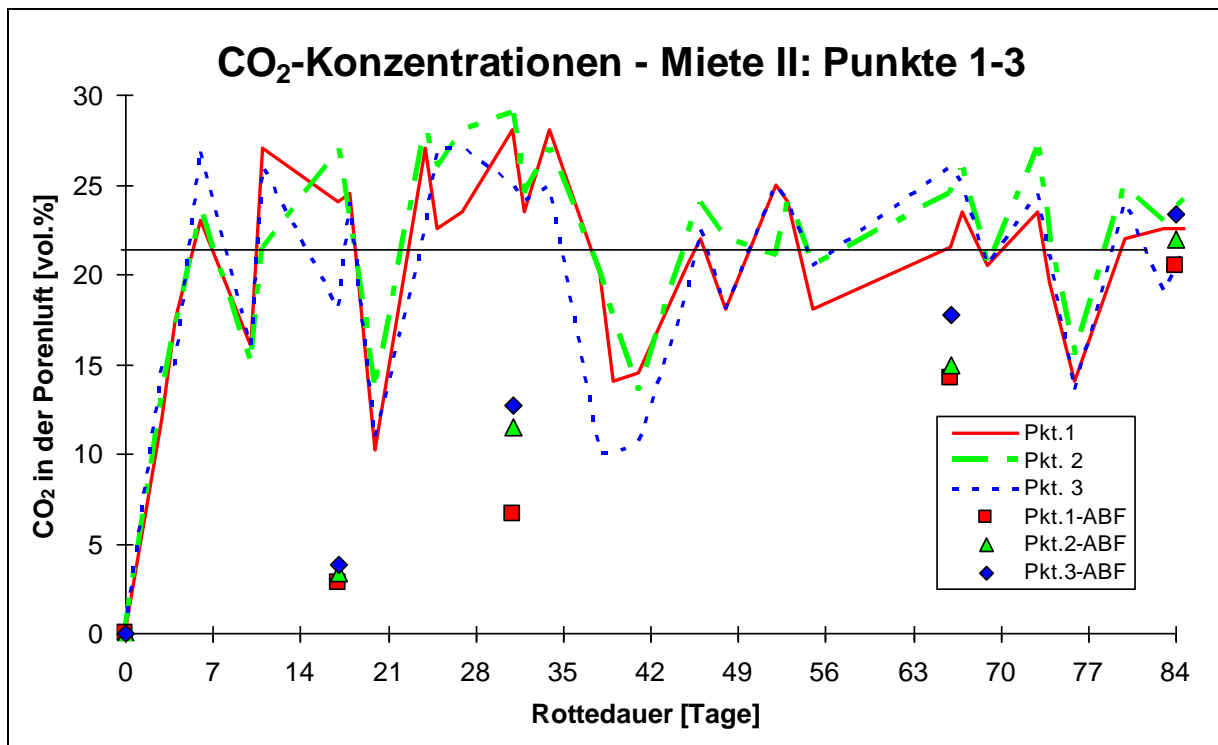


Abbildung 11: Verlauf der Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte)

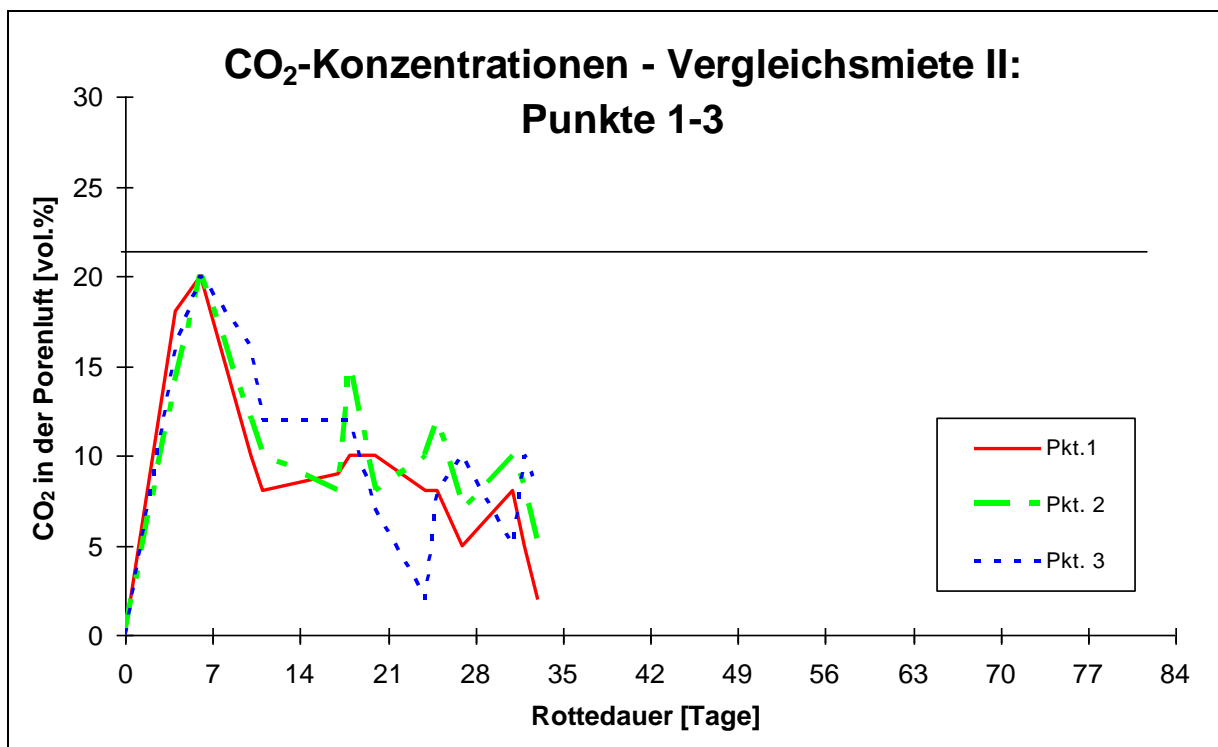


Abbildung 12: Verlauf der Kohlendioxidkonzentrationen in der Porenluft von Vergleichsmiete 2 (3 Messpunkte)

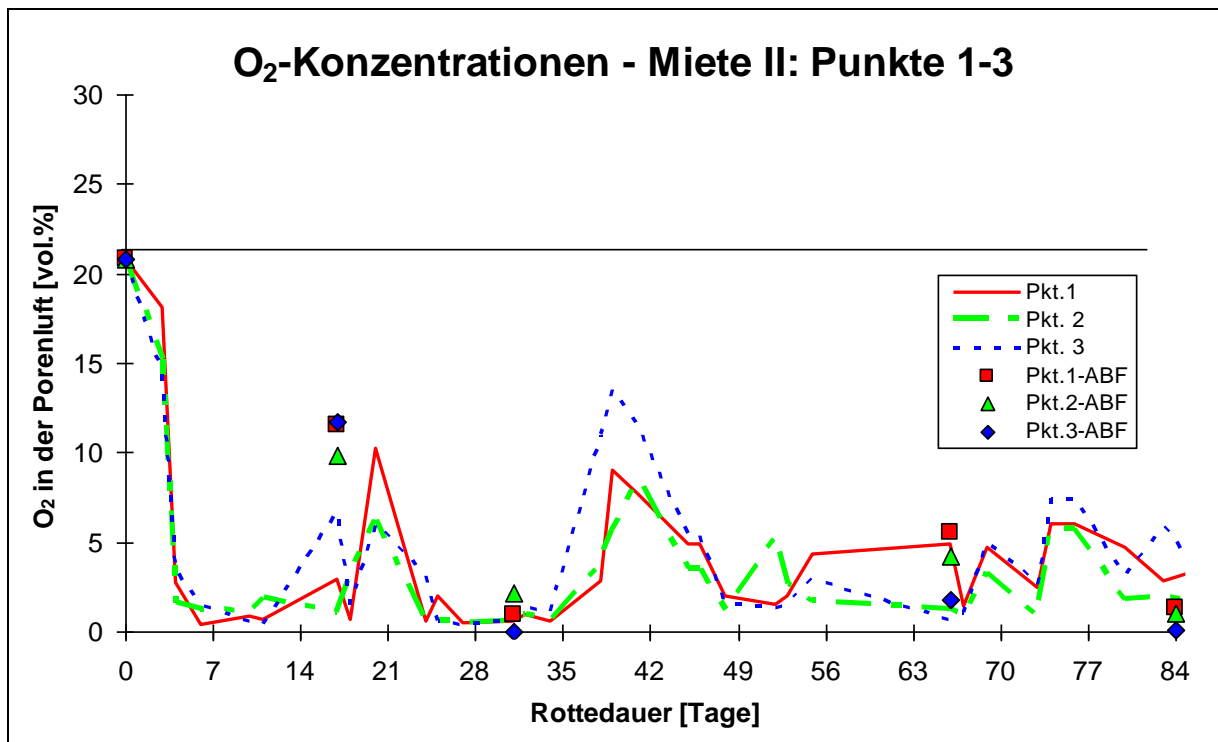


Abbildung 13: Verlauf der Sauerstoffkonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte)

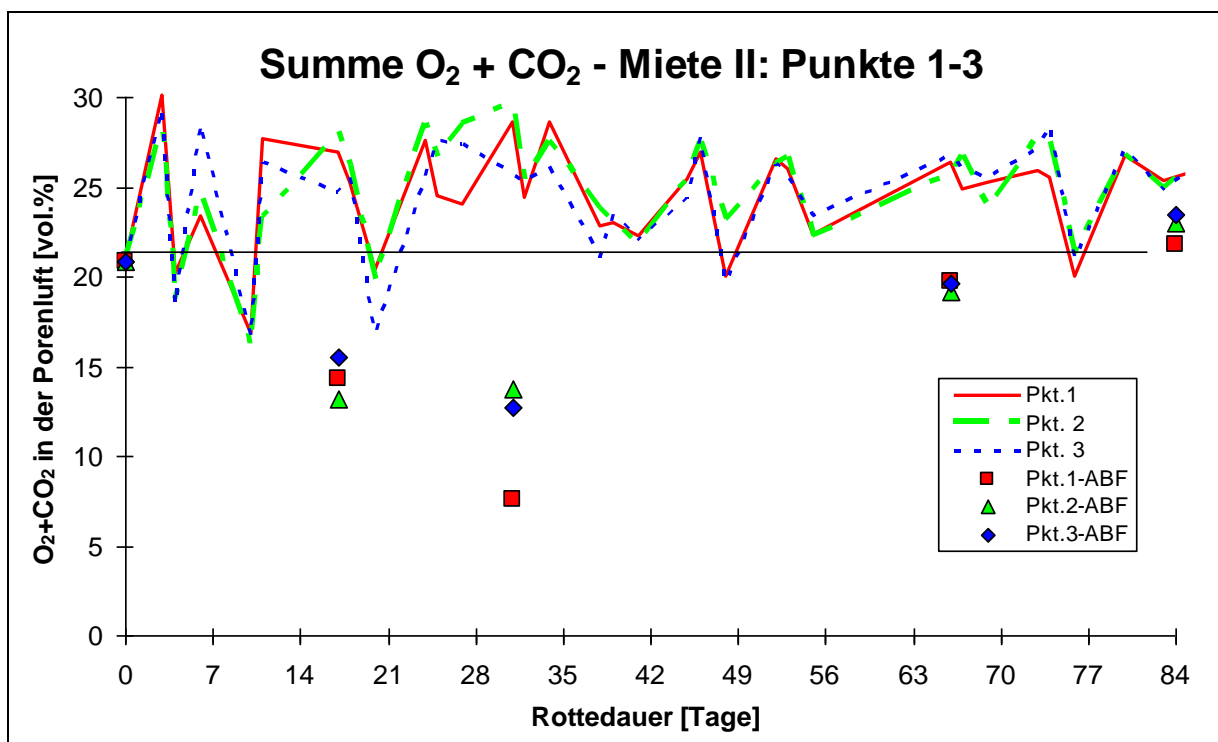


Abbildung 14: Summe Sauerstoff + Kohlendioxid in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte)

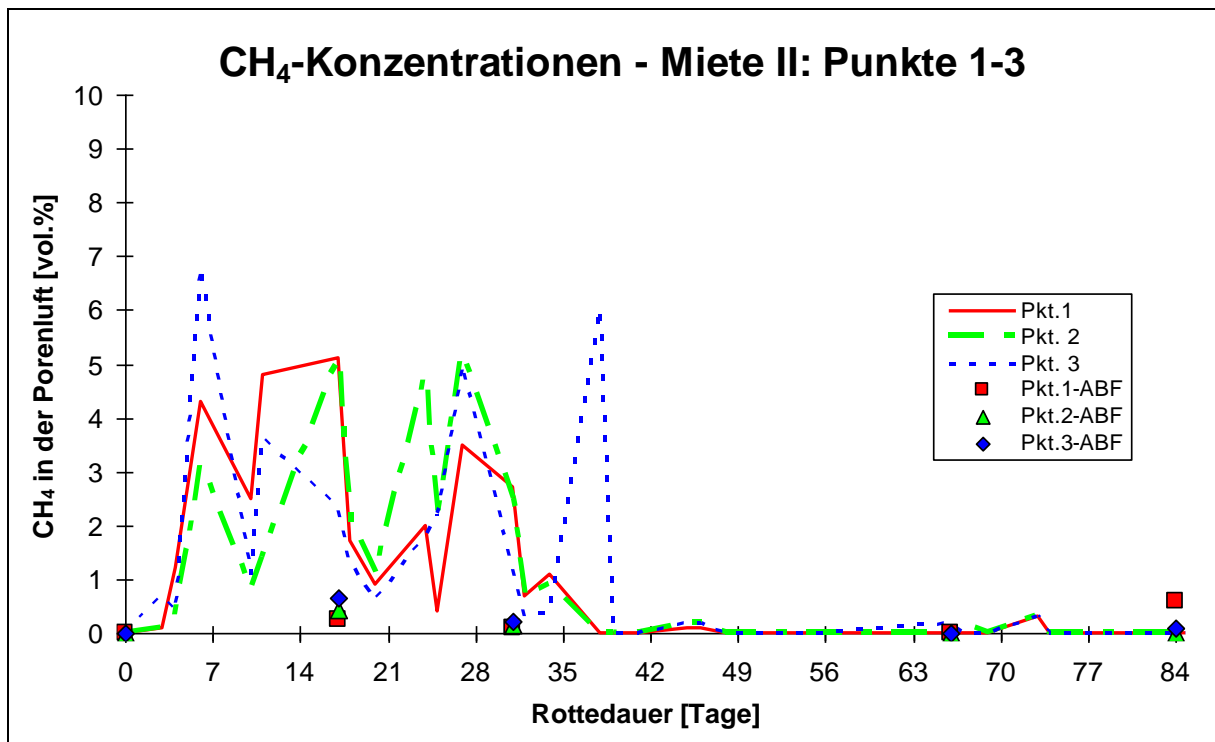


Abbildung 15: Verlauf der Methankonzentrationen in der Porenluft von Versuchsmiete 2 (3 Messpunkte)

4.1.2 Laboranalysen

In den folgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der Laboranalysen dargestellt. Wie bereits erwähnt wurden von den Ausgangsmaterialien, dem Rottegut nach 2, 4, 9 und 12 Wochen und den durch Absiebung hergestellten Komposten <10 mm Festproben an jeweils 3 Mietenstellen (sie korrespondierten mit den Temperaturmessstellen) entnommen. Die Skalierung auf der x-Achse entspricht der jeweiligen Rottedauer. Die Proben von Miete I (Anlage 1) sind als rote Balken, jene der Anlage 2 (Miete II) als blaue Balken dargestellt. Als Folge des frühen Verbringens des Rottegutes zur Nachrotte (dabei wurden die Materialien mehrerer Mieten zusammengelegt) fehlen bei Anlage 1 Analysenwerte ab der 8. Rottewoche. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete! Nach 12 Wochen Rottedauer wurde in Anlage 1 nur eine Mischprobe des abgeseibten Kompostes – der **nicht nur** aus der Versuchsmiete hergestellt wurde – untersucht.

Bezüglich des Wassergehaltes zeigt Miete II einen günstigeren Verlauf als Miete I (Abbildung 16). Letztere wies mit ca. 35 % FM in Rottewoche 2 und 4 einen für den optimalen biologischen Abbau möglicherweise bereits zu geringen Wert auf.

Der Verlauf der pH-Werte (Abbildung 17) zeigt bei Miete I im Ausgangsmaterial deutlich geringere Werte als bei Miete II. Möglicherweise wurde der angelieferte Bioabfall bereits einige Tage zwischengelagert. Eine andere Erklärung wäre ein längeres Sammelintervall der Biotonne (wird das Material im Sammelgefäß bis zur Abfuhr länger als 1 Woche gelagert, kann es ebenfalls zur Versäuerung kommen. Verbunden

mit der Versäuerung ist eine vermehrte Bildung von Geruchsstoffen (Niedere Carbonsäuren, Abbildung 18).

Die geringfügige Versäuerung hat den Rotteprozess jedoch nicht nachteilig beeinflusst. Bereits nach 2 Wochen Rottedauer ist kein wesentlicher Unterschied zwischen den beiden Mieten mehr zu sehen (pH-Werte und Geruchszahlen). Ab der 4. Rottwoche konnten bei beiden Mieten niedere Carbonsäuren nicht mehr nachgewiesen werden.

Auffällig sind die über einen längeren Zeitraum zumindest bereichsweise nachweisbaren höheren Ammoniumkonzentrationen in Miete I (Abbildung 19). Das ist möglicherweise durch das engere C/N-Verhältnis (Stickstoffüberschuss) in der Ausgangsmischung bedingt. Dies kann insofern problematisch sein, als bei pH-Werten im basischen Bereich Ammonium als geruchsintensiver Ammoniak emittiert werden kann. Die hohen Ammoniumwerte in Woche 9 (die Proben stammen von einer anderen Miete) weisen darauf hin, dass dies in Anlage 1 kein Einzelfall ist.

Die Nitratwerte (Abbildung 20) steigen in Anlage 1 in der 4. Rottwoche stark an. Auch im Kompost ist der Nitratwert deutlich höher als in Anlage 2. Auch dies deutet auf Stickstoffüberschuss, aber auch auf ausreichende Sauerstoffversorgung hin.

Der Abbau der organischen Substanz (Glühverlust in Abbildung 21 bzw. organischer Kohlenstoffgehalt in Abbildung 22) zeigt in Anlage 2 einen für offene Mietenkompostierung üblichen Verlauf. Der Glühverlust wird von über 40 % TM auf ca. 22 % TM reduziert. In Anlage 1 hingegen stagniert der Abbau; die Glühverlustwerte schwanken um ca. 30 % TM.

Die Gesamtstickstoffwerte (Abbildung 23) steigen in Anlage 1 während der gesamten Rottedauer leicht an. Dies ist ein Zeichen dafür, dass während der Rotte kaum Stickstoffverluste auftraten; der Stickstoff wurde in der Biomasse bzw. in der organischen Substanz gespeichert. In Anlage 2 nehmen die Stickstoffwerte geringfügig ab.

Wie üblich verengt sich in beiden Anlagen mit zunehmender Rottedauer das C/N-Verhältnis (Abbildung 24) (Kohlenstoffverbindungen werden zu CO₂ oxidiert, Stickstoff bleibt, wenn keine Verluste über Sickerwasser oder Ammoniakausgasung auftreten, erhalten).

Der Verlauf der Atmungsaktivitätsmesswerte (Abbildung 25) bestätigt den günstigen Rotteverlauf in beiden Anlagen. Anlage 1 startet bereits auf niedrigerem Niveau (in Folge des hohen Strukturmaterialanteiles liegt die AT₄ lediglich bei 18 mg O₂/g TM). Anlage 2 weist deutlich reaktiveres Material auf. Mit ca. 35 mg O₂/g TM ist die Reaktivität jedoch auch geringer als üblich. Grund für die geringe Reaktivität sind einerseits der hohe Strukturmaterialanteil und andererseits die Erdzumischung.

Zur Beurteilung der Entwicklung der Kompostqualität wurden ab Rottwoche 4 Huminsäuren analysiert (Abbildung 26). Wegen der geringen Reaktivität der Inputmaterialien war der Huminstoffaufbau in beiden Anlagen eher gering. Während in Anlage 1 im Endprodukt immerhin 21 % oTM erreicht wurden, stagnierte der Huminstoffaufbau in Anlage 2 (ca. 13 % oTM).

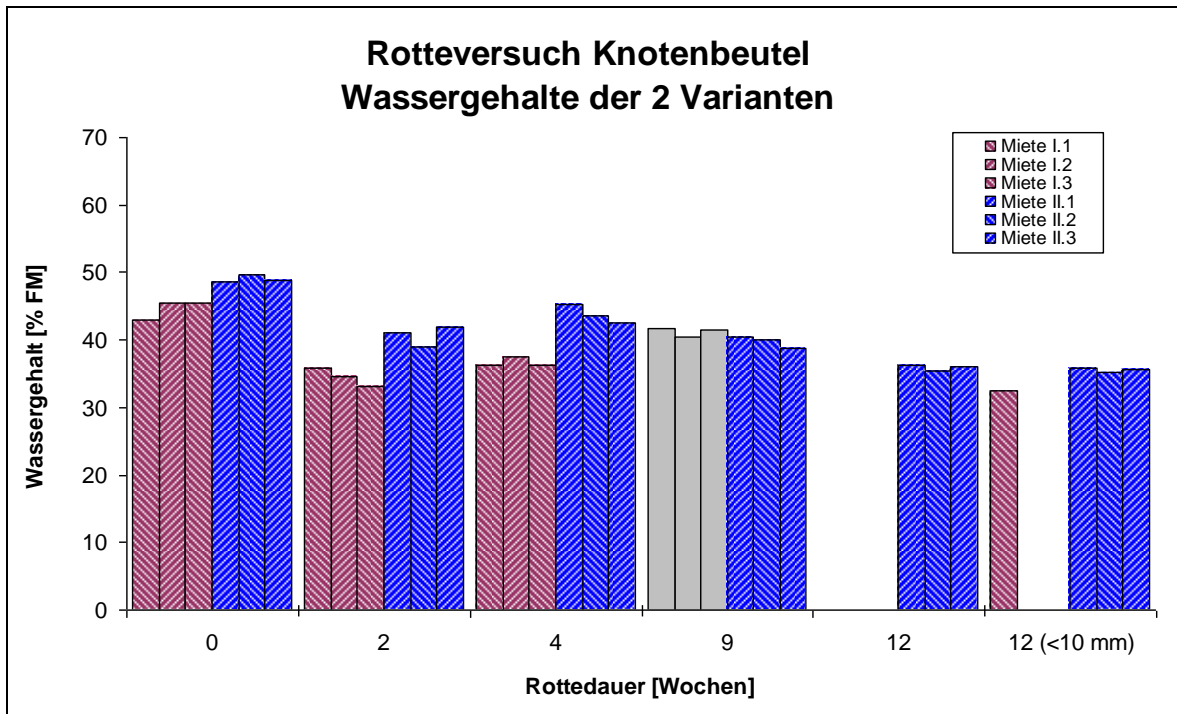


Abbildung 16: Verlauf der Wassergehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottwoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

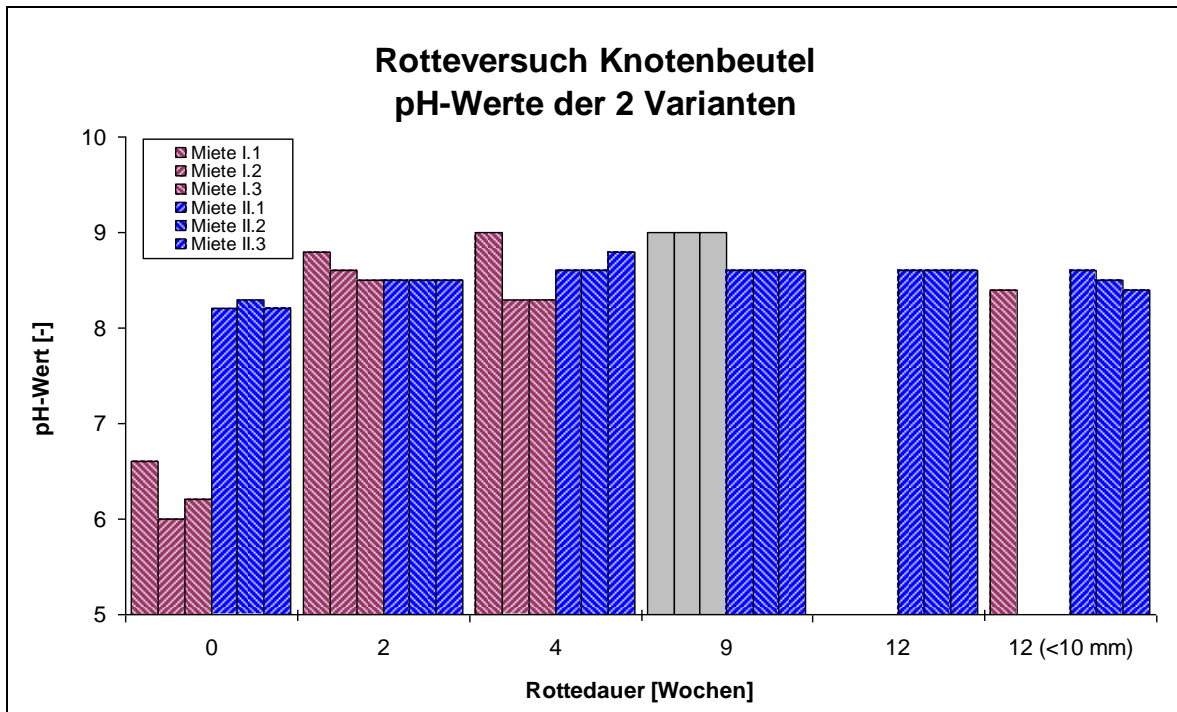


Abbildung 17: Verlauf der pH-Werte jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottwoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

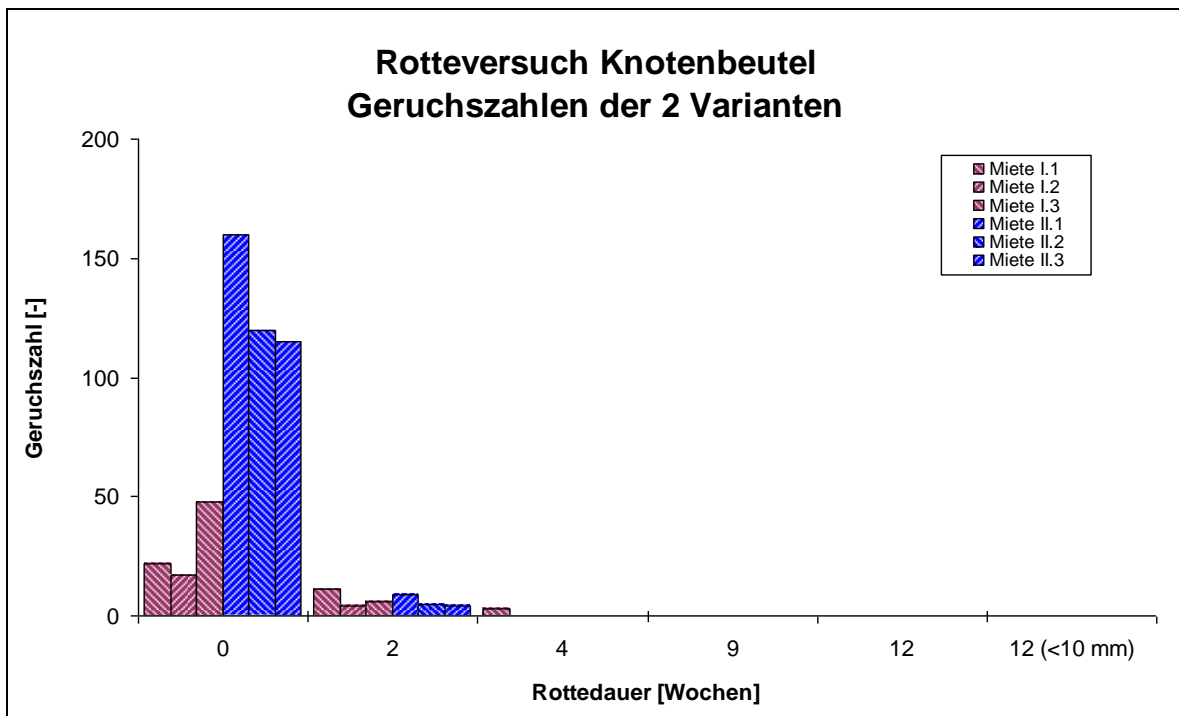


Abbildung 18: Verlauf der Geruchszahlen (berechnet aus den Konzentrationen an Niederen Carbonsäuren) in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

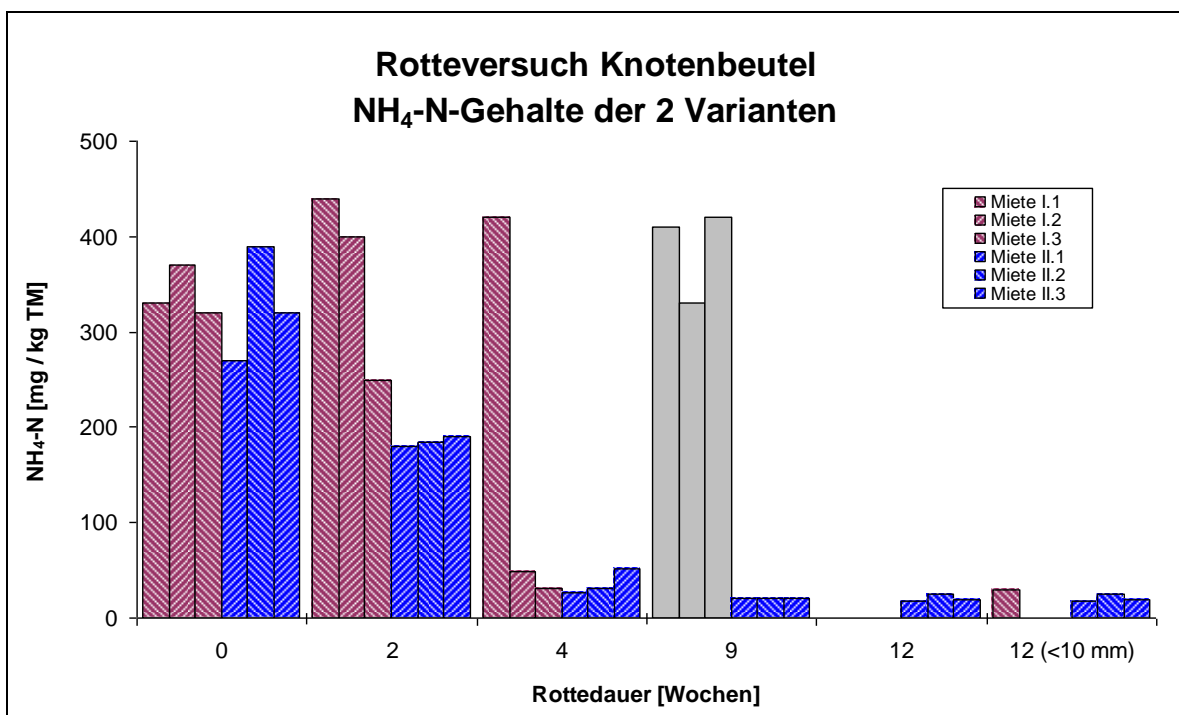


Abbildung 19: Verlauf Ammoniumgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

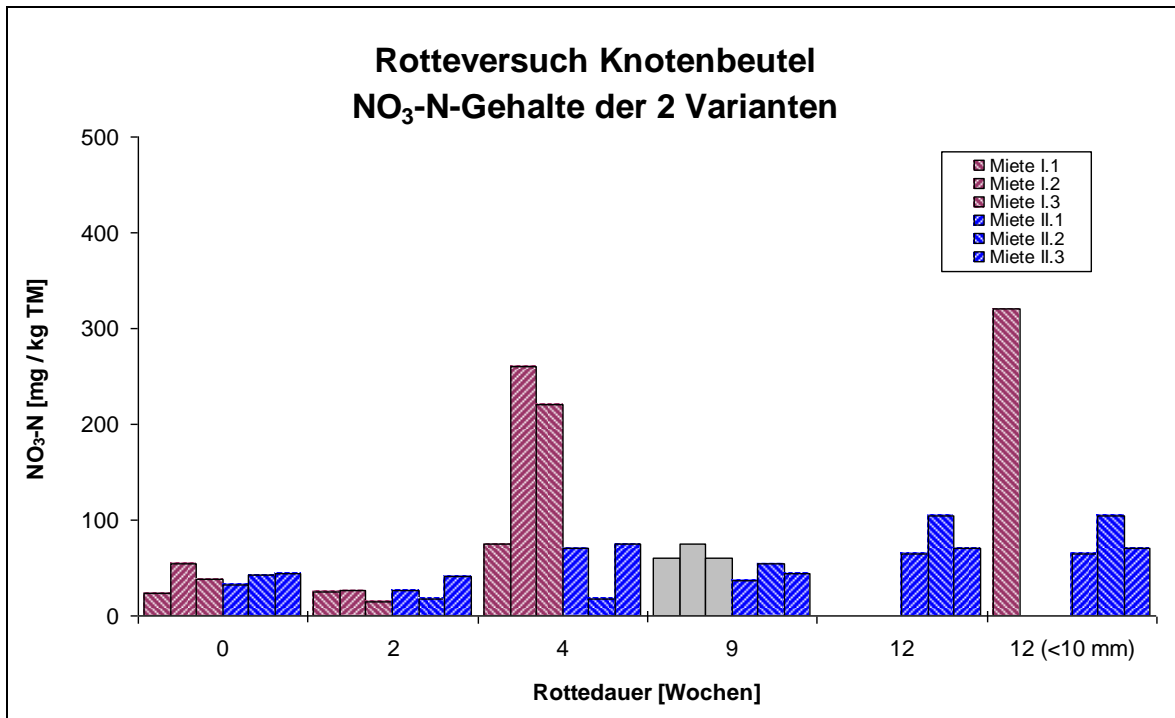


Abbildung 20: Verlauf der Nitratgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottwoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

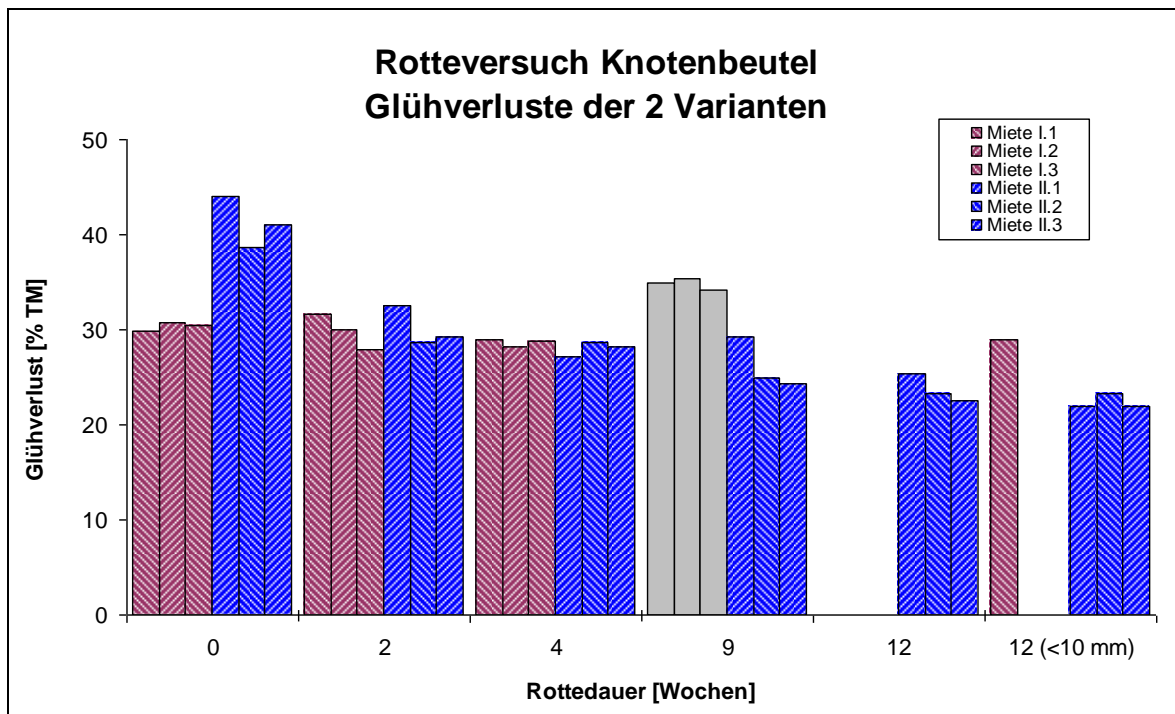


Abbildung 21: Verlauf der Glühverluste in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottwoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

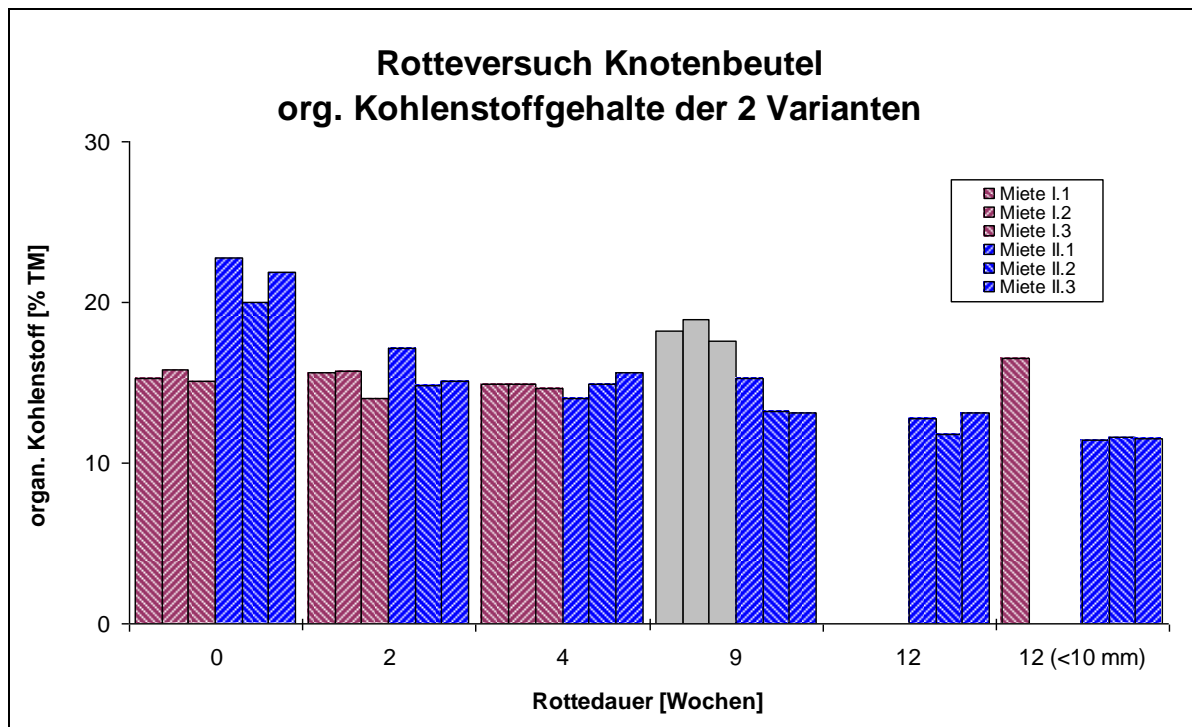


Abbildung 22: Verlauf der Kohlenstoffgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

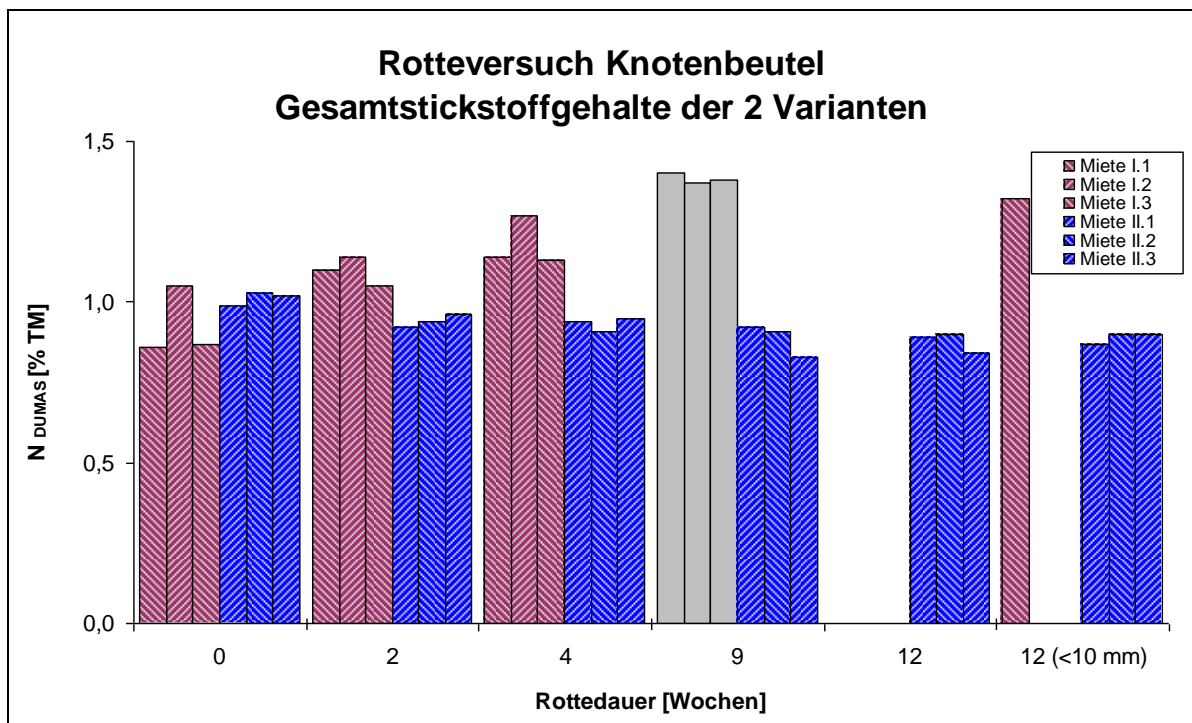


Abbildung 23: Verlauf der Gesamtstickstoffgehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

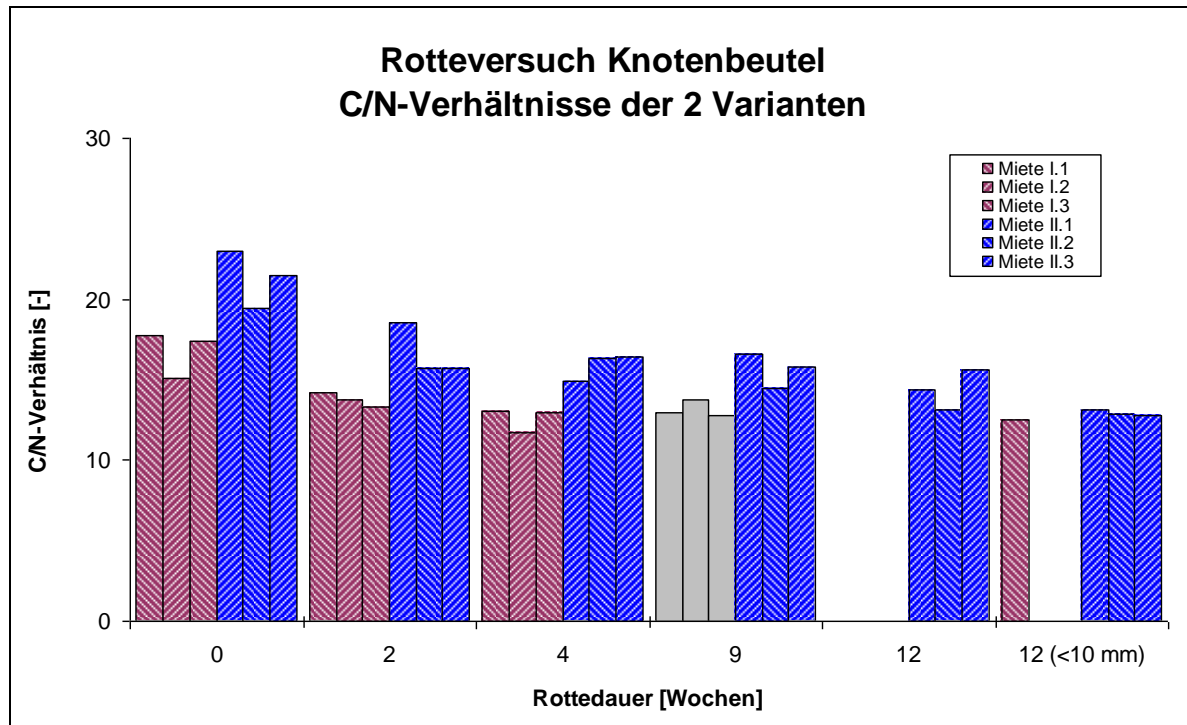


Abbildung 24: Verlauf der C/N-Verhältnisse in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

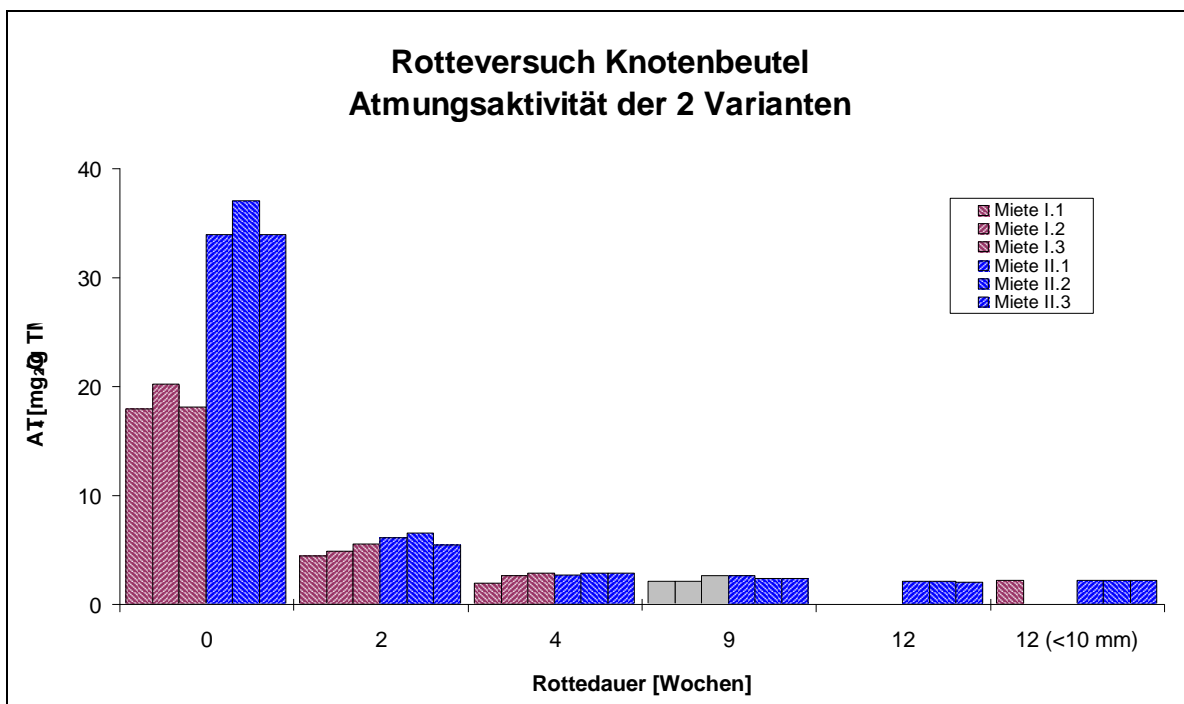


Abbildung 25: Verlauf der Atmungsaktivität (AT₄) in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

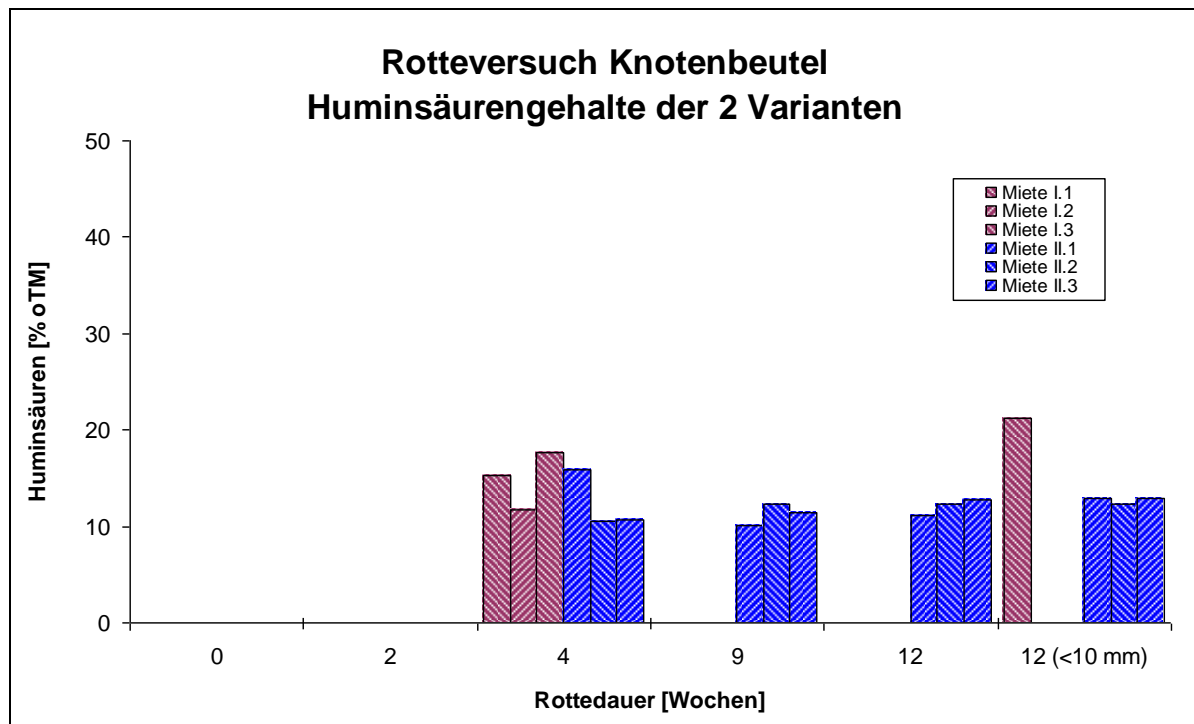


Abbildung 26: Verlauf der Huminsäuregehalte in jeweils 3 Probenahmepunkten der Mieten I und II. Die in Rottewoche 9 dargestellten grauen Balken wurden aus der ältesten, noch auf der Hauptrotte befindlichen Miete entnommen und stammen daher nicht aus dem Rotteverlauf der Versuchsmiete

4.2 Beurteilung der Abbaubarkeit der Vorsammelhilfen und Aufkommen sonstiger Kunststoffe

4.2.1 Makrokunststoffe

Für die Bestimmung der Kunststoffgehalte wurden die Proben einer Reihe von Siebschritten unterzogen. Die erste Siebung erfolgte bei 10 mm. Aus dem Siebüberlauf wurde durch händisches Sortieren die erste Fraktion an Makrokunststoffen bestimmt. „Kreislaufsackerl“ wurden dabei gesondert aussortiert, abgewogen und gezählt (siehe nächster Absatz).

Abbildung 27 zeigt die jeweiligen Mengen an Makrokunststoffen als Mittelwerte aus jeweils drei Stichproben.

In **Anlage 1** (dunkelrot) wurden in den Ausgangsproben 11 g Kunststoffe pro kg Trockenmasse (TM) gefunden, während nach 2 und 4 Wochen Rottedauer nur noch ca. 6 g/kg TM zu finden sind.

In **Anlage 2** (hellrot) hingegen finden sich in den Ausgangsproben 25 g Kunststoffe pro kg TM. Dieser hohe Wert unterliegt einer starken Variation in den drei Parallelproben, was anhand der Fehlerbalken ersichtlich ist. Die Probenahmen nach 2 und 4 Wochen zeigen mit 6,5 bzw. 8 g/kg TM ähnliche Werte wie in der Anlage 1. Im weiteren Verlauf der Rotte wird nur noch eine sehr geringe Kunststoffbelastungen von 1,4 g/kg TM (nach 9 Wochen) und 1 g/kg TM (nach 12 Wochen) gefunden. Die

untersuchten Kompostproben wurden durch Absiebung der Proben nach 12 Wochen Rottedauer gewonnen. Die Vergleichsmiete der Anlage 2 (jene Miete die aus dem gleichen Ausgangsmaterial wie die Versuchsmiete jedoch ohne „Kreislaufsackerl“ bestand), zeigt nach 12 Wochen Rottedauer mit 0,4 g/kg TM einen noch geringeren Wert an Kunststoffen > 10 mm.

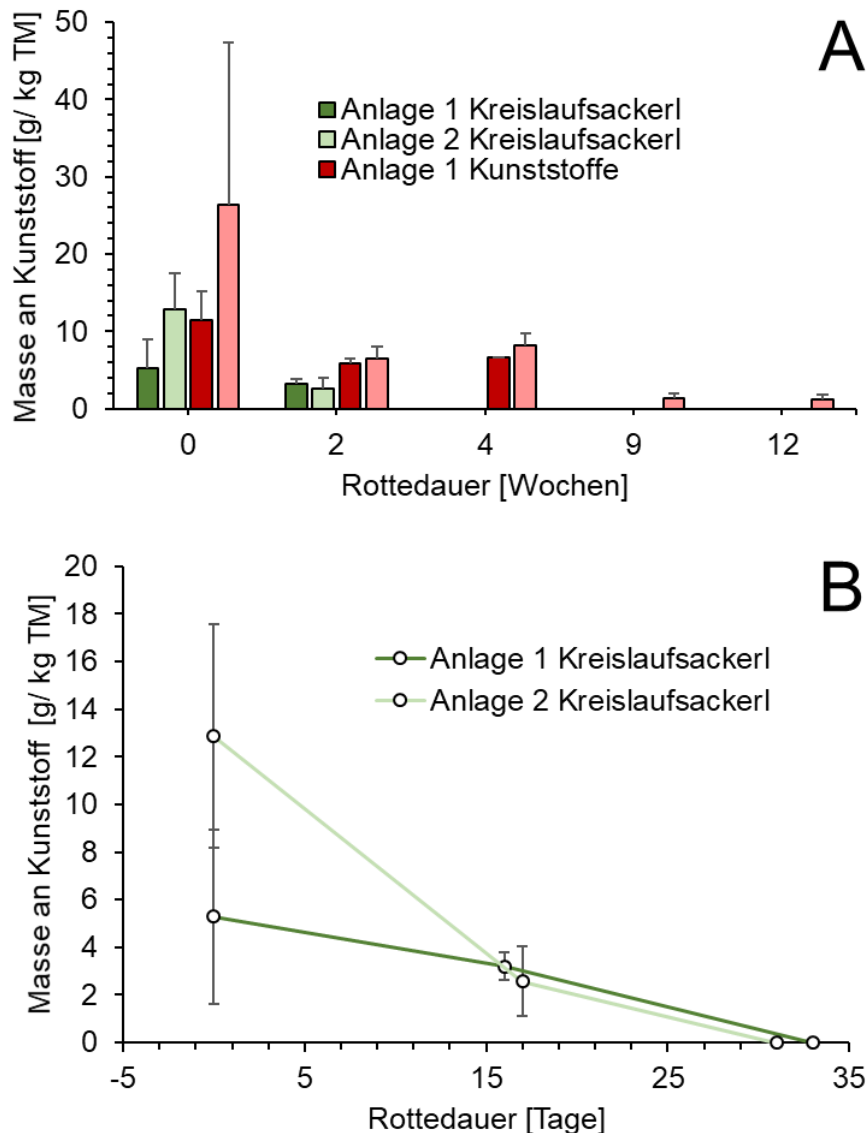


Abbildung 27: Veränderung der Massen bioabbaubarer und nicht bioabbaubarer Makrokunststoffe (> 10 mm) während der Rottedauer (in g/kg TM). A) zeigt die Mengen an nicht abbaubaren Makrokunststoffen in der Anlage 1 (dunkelrot), Anlage 2 (hellrot) und an bioabbaubaren Makrokunststoffen (Anlage 1 dunkelgrün und Anlage 2 in hellgrün). Ab 9 Wochen Rottedauer konnten in der Anlage 1 keine Proben gezogen werden, da die Miete vorzeitig aufgelöst wurde. In B) wird der zeitliche Verlauf der Menge an bioabbaubaren Kunststoff in den Versuchsmieten gezeigt. Es wurden nur die ersten drei Probenahmen dargestellt, da ab Rottewoche 4 keine bioabbaubaren Kunststoffe mit einer Größe > 10 mm gefunden werden konnten. Die Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung aus drei jeweils Proben.

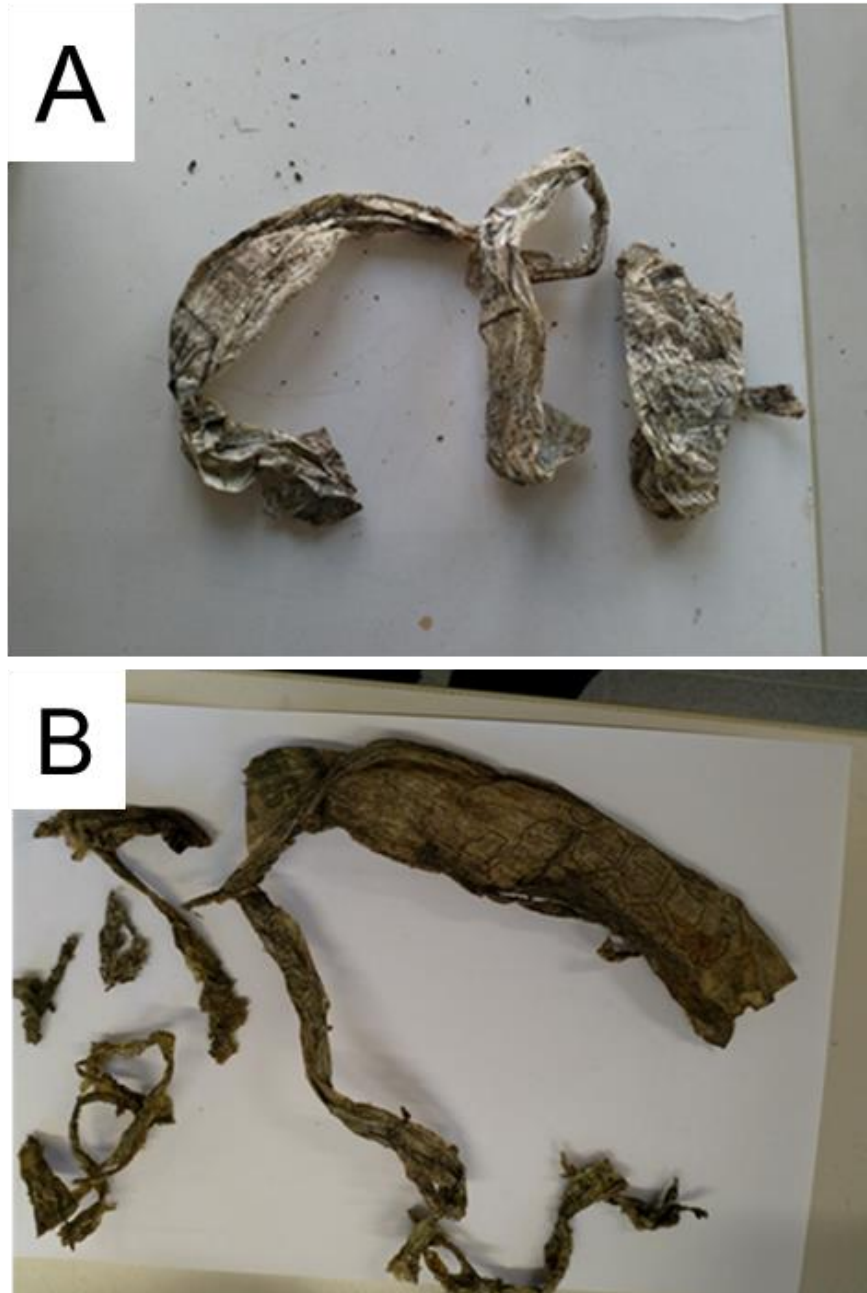


Abbildung 28: Das Bild oben zeigt exemplarisch halbe Vorsammelhilfen, die unmittelbar nach dem ersten Umsetzvorgang entnommen wurden. Bei den gezeigten Objekten handelt es sich um Hälften der ursprünglichen zu Vorsammelhilfen. Das Bild unten zeigt Vorsammelhilfen nach 2 Wochen Rottedauer.

Die Fraktion >10 mm der „Kreislafsackerl“ wurde anhand der Charakteristika Form, Farbe und Druck identifiziert und gesondert von den übrigen Kunststoffen gewogen bzw. gezählt.

Abbildung 27 A zeigt die Masse an „Kreislafsackerl“ in der Fraktion >10 mm, die in den Anlagen 1 (dunkelgrün) und 2 (hellgrün) gefunden wurden. In Anlage 1 finden sich im Ausgangsmaterial ca. 5 g/kg TM, während in der Anlage 2 ca. 13 g zu finden sind. Dieser Unterschied ist wahrscheinlich durch die bessere Durchmischung der Miete 2. Wegen der höheren Wasser und Bodenmaterialzumischung wird im

Routinebetrieb der Anlage 2 die Ausgangsmiete mehrmals umgesetzt – bei Anlage 1 wird diese nur einmal umgesetzt. Im Verlauf der Rotte wird durch regelmäßiges Umsetzen das Rottegut auch in der Anlage 1 immer homogener, wie ab der 2. Probenahme (Rotteweche 2) ersichtlich ist. Bei den Proben beider Anlagen wurden ca. 3 g (Anlage 1) und 2,5 g (Anlage 2) „Kreislaufsackerl“ gefunden. Ausgehend von der Anlage mit der homogeneren Verteilung (Anlage 2) verringerte sich die Masse an Vorsammelhilfen in den ersten beiden Rottewochen um 80 % und im Falle der Anlage 1 um 40 %. Bereits ab Rotteweche 4 konnten in beiden Anlagen keine makroskopischen „Kreislaufsackerl“ mehr gefunden werden. Da keine Zwischenproben genommen wurden kann der Zeitpunkt der vollständigen Desintegration auf Fragmente <10 mm im Bereich von 16 bis 33 Tagen in der Anlage 1, sowie 17 bis 31 Tagen in der Anlage 2 abgeschätzt werden. Bei weiteren Probennahmen in der Anlage 2 konnten keine makroskopischen Fragmente der „Kreislaufsackerl“ gefunden werden. Abbildung 28 zeigt photographische Aufnahmen von „Kreislaufsackerl“ in der Ausgangsmischung und nach 14 Tagen Rottedauer. Optisch erscheinen die „Kreislaufsackerl“ nach 14 Tagen bereits sehr stark mit einem Biofilm belegt (dunkel) und fragmentiert, während alle Vorsammelhilfen in der Ausgangsmischung noch vollständig waren.

In Anlage 1 war es nicht möglich Proben nach der 4. Rotteweche zu ziehen da sich die Miete zu diesem Zeitpunkt schon mit anderen Mieten vermischt in der Nachrotte befand. Stattdessen wurden 6 Einzelproben aus dem gesamten aus mehreren Mieten stammenden abgeseibten Material (ca. 2000 t) gezogen und analysiert. Da das Material schon gesiebt war, konnte der Störstoffanteil >10 mm nicht bestimmt werden. Die Proben (bezeichnet als I-M12.1 bis I-M12.6) wurden einer weiteren Fraktionierung mittels Siebturmes unterzogen.

4.2.2 Kunststoffe < 10 mm und Mikroplastik

Vom entnommenen Rottegut <10 mm wurden Stichproben von jeweils 120 bis 150 g Feuchtmasse (FM) durch sequenzielle Nasssiebung mittels Siebturmes in die Fraktionen 10 - 6,3 mm, 6,3 - 2 mm, 2 - 0,63 mm und 0,63 - 0,2 mm getrennt. Kunststoffpartikel aus den Fraktionen 10 - 6,3 mm und 6,3 - 2 mm wurden per Auge und durch händisches Aussortieren in die Fraktionen 2 - 0,63 mm und 0,63 - 0,2 mm unter einem Stereomikroskop mittels Pinzette separiert. Die Identifikation erfolgte für die Fraktionen 10 - 6,3 mm, 6,3 - 2 mm und 2 - 0,63 mm durch ATR-FTIR Spektroskopie, während Partikel mit einer Größe 0,63 - 0,2 mm im FTIR-Mikroskop klassifiziert wurden. Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse der einzelnen Proben der Anlage 1 bzw. 2 als Partikelanzahl (A, bzw. B) und Partikelmasse (Abbildung 30), die allerdings auf Grund der kleinen Massen an Partikeln <0,63 mm unter der Nachweisgrenze der Analyseswaagen liegt und daher nicht bestimmbar war.

Mikroplastikpartikel sind in allen Proben zu finden, wobei die Variation von Stichprobe zu Stichprobe hoch sein kann. Partikel >6,3 mm kommen am seltensten vor und zählen nicht zu Mikroplastik. Bei Betrachtung der gemittelten Werte für die gefundenen Kunststoffobjekte 10 - 0,2 mm (Abbildung 31) erkennt man, dass die ersten drei Stichprobenserien (Ausgangsmischung sowie Materialien nach 2 und 4

Wochen Rottedauer) der **Anlage 1** sehr ähnliche Gesamtpartikelzahlen, zwischen 54 und 30 pro kg TM, aufweisen. Nur die Kompostprobe weist einen deutlich höheren Wert von 99 Partikeln pro kg TM auf.

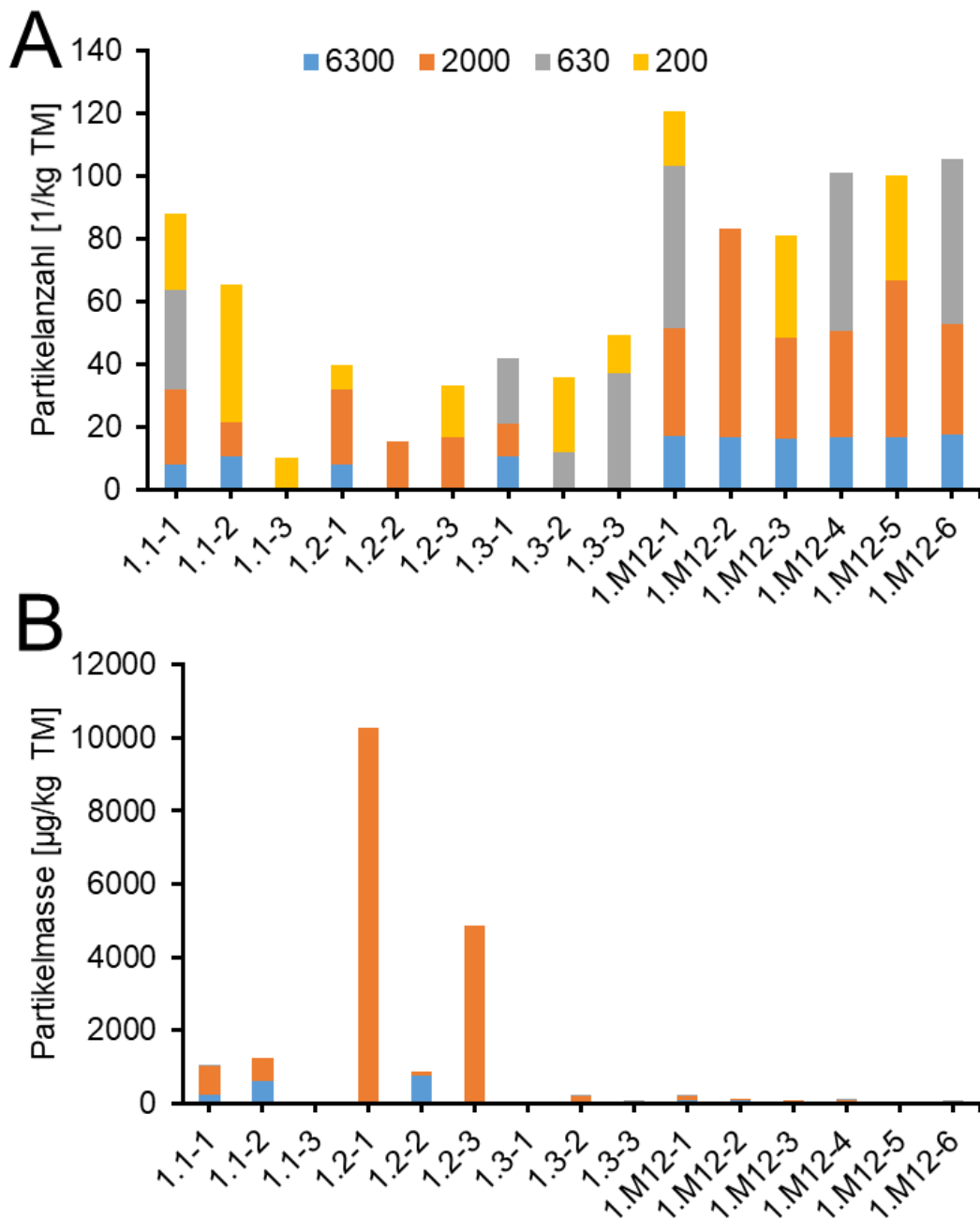


Abbildung 29: Anzahl und Masse an Kunststoffpartikel <10 mm getrennt durch sequenzielles Sieben in die Fraktionen 10 - 6,3 mm (blau); 6,3 - 2 mm (orange), 2 - 0,63 mm (grau) und 0,63 - 0,2 mm (gelb) in Relation zur Trockenmasse (TM) der Einzelproben. Die Proben sind wie folgt kodiert: Die führende Zahl bezeichnet die Anlage. Die mittlere Zahl bezeichnet die Woche der Probenahme und die letzte Zahl die Einzelstichprobe. A) zeigt die Partikelzahl und B) die Partikelmassen der in der Anlage I.

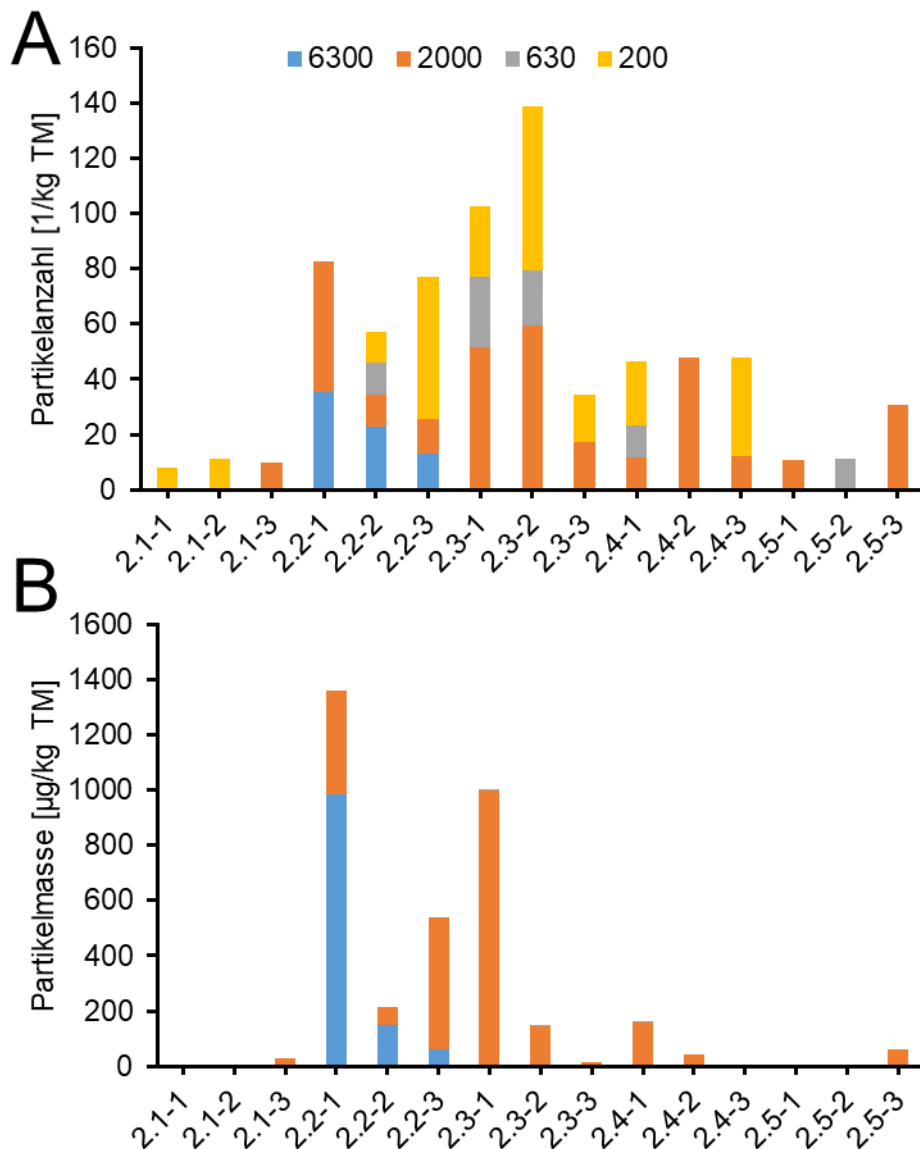


Abbildung 30: Anzahl und Masse an Kunststoffpartikel <10 mm getrennt durch sequenzielles Sieben in die Fraktionen 10 - 6,3 mm (blau); 6,3 - 2 mm (orange), 2 - 0,63 mm (grau) und 0,63 - 0,2 mm (gelb) in Relation zur Trockenmasse (TM) der Einzelproben. Die Proben sind wie folgt kodiert: Die führende Zahl bezeichnet die Anlage. Die mittlere Zahl bezeichnet die Woche der Probenahme und die letzte Zahl die Einzelstichprobe. A) zeigt die Partikelzahl und B) die Partikelmassen der in der Anlage II.

In **Anlage 2** finden sich sehr wenige Kunststoffpartikel (10) <10 mm in der Ausgangsmischung. Die Partikelanzahlen stiegen mit zunehmender Rottedauer deutlich an (72 nach 2 Wochen bzw. 92 nach 4 Wochen). Diese hohen Werte nehmen dann mit zunehmender Rottedauer wieder ab (47 bzw. 18 nach 9 bzw. 12 Wochen).

Vom entnommenen Rottegut <10 mm wurden Stichproben von jeweils 120 bis 150 g Feuchtmasse (FM) durch sequenzielle Nasssiegung mittels Siebturmes in die Fraktionen 10 - 6,3 mm, 6,3 - 2 mm, 2 - 0,63 mm und 0,63 - 0,2 mm getrennt. Kunststoffpartikel aus den Fraktionen 10 - 6,3 mm und 6,3 - 2 mm wurden per Auge und

durch händisches Aussortieren in die Fraktionen 2 - 0,63 mm und 0,63 - 0,2 mm unter einem Stereomikroskop mittels Pinzette separiert. Die Identifikation erfolgte für die Fraktionen 10 - 6,3 mm, 6,3 - 2 mm und 2 - 0,63 mm durch ATR-FTIR Spektroskopie, während Partikel mit einer Größe 0,63 - 0,2 mm im FTIR-Mikroskop klassifiziert wurden. Abbildung 29 zeigt die Ergebnisse der einzelnen Proben der Anlage 1 bzw. 2 als Partikelanzahl (A, bzw. B) und Partikelmasse (Abbildung 30), die allerdings auf Grund der kleinen Massen an Partikeln <0,63 mm unter der Nachweisgrenze der Analysewaagen liegt und daher nicht bestimmbar war.

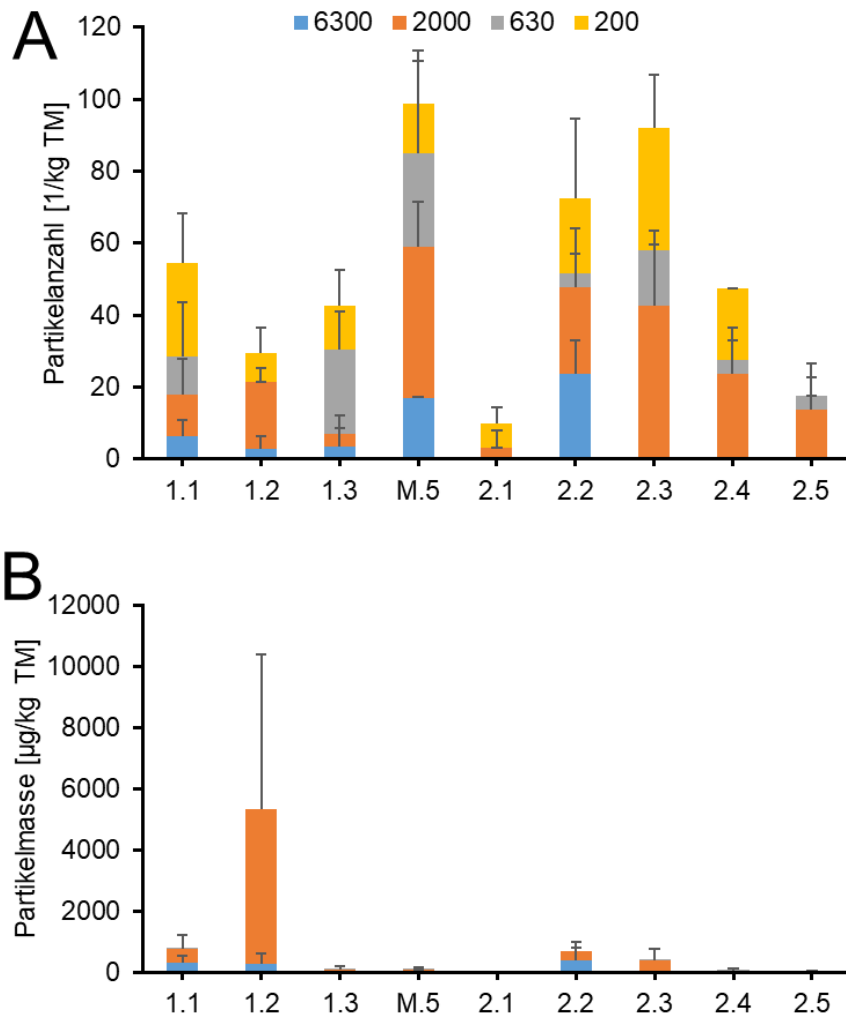


Abbildung 31: Mittelwerte der Anzahl (A) und Masse (B) an gefundenen Kunststoffen in den Fraktionen 10 - 6,3 mm (blau); 6,3 - 2 mm (orange), 2 - 0,63 mm (grau) und 0,63 - 0,2 mm (gelb) in Relation zur Trockenmasse (TM) . Die Proben sind wie folgt kodiert: Die führende Zahl bezeichnet die Anlage. Die Zahl nach dem Punkt bezeichnet die Woche der Probenahme. Die Fehlerbalken entsprechen den Standardabweichungen aus drei Stichproben.

Mikroplastikpartikel sind in allen Proben zu finden, wobei die Variation von Stichprobe zu Stichprobe hoch sein kann. Partikel >6,3 mm kommen am seltensten vor und zählen nicht zu Mikroplastik. Bei Betrachtung der gemittelten Werte für die gefundenen Kunststoffobjekte 10 - 0,2 mm (Abbildung 31) erkennt man, dass die

ersten drei Stichprobenserien (Ausgangsmischung sowie Materialien nach 2 und 4 Wochen Rottedauer) der **Anlage 1** sehr ähnliche Gesamtpartikelzahlen, zwischen 54 und 30 pro kg TM, aufweisen. Nur die Kompostprobe weist einen deutlich höheren Wert von 99 Partikeln pro kg TM auf.

In **Anlage 2** finden sich sehr wenige Kunststoffpartikel (10) <10 mm in der Ausgangsmischung. Die Partikelanzahlen stiegen mit zunehmender Rottedauer deutlich an (72 nach 2 Wochen bzw. 92 nach 4 Wochen). Diese hohen Werte nehmen dann mit zunehmender Rottedauer wieder ab (47 bzw. 18 nach 9 bzw. 12 Wochen).

Da die Unterschiede zwischen dem geringsten und dem höchsten Wert (10 bis 99 Partikeln pro kg TM) weniger als Faktor 10 beträgt, ist davon auszugehen, dass die Mikrokunststoffanzahl im Wesentlichen in den Fraktionen zwischen 10 mm und 0,2 mm innerhalb der Versuche gleichgeblieben ist. Die Partikelmasse korreliert nicht mit der Partikelanzahl da mitunter kompakte Partikel wesentlich höhere Massen aufweisen können als Folien. Aus diesem Grund wurden fallweise trotz einer sehr geringen Partikelzahl von 30 pro kg TM auch sehr hohe Werte von 5.340 µg/kg TM (Abbildung 31 B, Anlage 1, Probe 1.2) gefunden. Die geringste detektierte Kunststoffmasse lag bei 10 µg/kg TM bei 10 gefunden Partikeln pro kg TM (Anlage 2, Probe 2.0).

Die Anzahl sämtlicher identifizierter Kunststoffe ist in (Tabelle 2) angeführt und zeigt, dass Anlage 1 im Mittel weniger Makrokunststoffe aufweist als Anlage 2. Im Bereich der Mikrokunststoffe bewegen sich aber beide Anlagen in einem sehr ähnlichen Bereich von 49 bis 43 Partikel pro kg TM.

Rottedauer [Wochen]		Miete I				Miete II				
		0	2	4	12	0	2	4	9	12
Fraktion	> 10 mm	8,3	39,0	43,0	-	10,7	16,0	28,0	33,0	139,0
	10 - 6,3 mm	6,3	2,7	3,5	16,9	0,0	23,8	0,0	0,0	0,0
	6,3 - 2 mm	11,6	18,7	3,5	42,1	3,3	23,9	42,7	23,8	13,8
	2 - 0,63 mm	10,7	0,0	23,4	25,8	0,0	3,8	15,2	3,9	3,7
	0,63 - 0,2 mm	25,9	8,2	12,2	13,8	6,5	21,0	34,2	19,7	0,0
Makroplastik (>10 - 6,3 mm)		14,6	41,7	46,5	16,9	10,7	39,8	28,0	33,0	139,0
Mittelwert Makroplastik (± Standardabweichung)		29,9 (± 14,3)				50,1 (± 45,5)				
Mikroplastik (6,3 - 0,2 mm)		48,2	26,9	39,1	81,8	9,7	48,7	92,0	47,3	17,5
Mittelwert Mikroplastik (± Standardabweichung)		49,0 (± 20,4)				43,1 (± 29,0)				

Tabelle 2: Anzahl an Kunststoffpartikeln pro kg Trockenmasse in den 30 untersuchten Proben. Auf Grund des zur Verfügung stehenden Siebturmes wurde die Grenze zwischen Makro- und Mikrokunststoffen bei 6,3 mm gezogen (üblicherweise liegt diese Grenze bei 0,5 mm)

Kunststoffarten

Insgesamt wurden in den Komposten (untersucht wurden 9 Proben) 16 verschiedene Kunststoffarten mittels FTIR Spektroskopie identifiziert (Abbildung 32). Da „Kreislaufsackerl“ in den Fraktionen >10 mm schon zuvor aussortiert wurden, sind sie in dieser Analyse nicht erfasst. Am stärksten vertreten waren die Polyolefine PP (22 %), PE (21 %, davon PE-LD mit 13 % und PE-HD mit 8 %), sowie PP + EPDM (Ethylen-Propylen-Dien) mit 17 %. Daneben befanden sich auch Polyamid (11 %), PET (5 %) und S-RIM (Structural- Reaction Injection Molding, Polyurethane, 5 %). Unter den sonstigen Polymeren wurden PVC (4 %), PA66+PVC+PP (3 %), PA 66+PP+PET (2 %), PC+PBT (2 %), PU (1 %), ABS (0,5 %), PS (0,5 %) und PBT (0,2 %) gefunden.

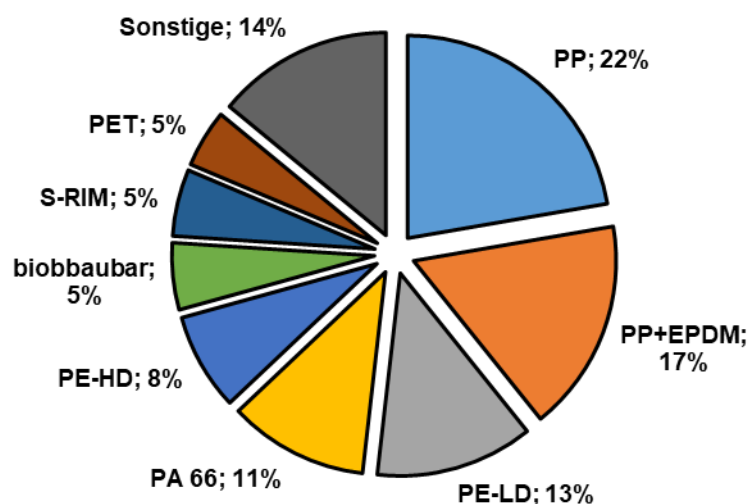


Abbildung 32: Relative Anzahl unterschiedlicher Kunststoffarten in allen Stichproben. Kunststoffe mit einem Anteil > 5 % wurden explizit dargestellt, während Kunststoffe mit einem Anteil < 5 % in der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst wurden. Bioabbaubare Kunststoffe, mit Ausnahme der manuell aussortierten „Kreislaufsackerl“ > 10 mm, wurden in der Kategorie „biobbaubar“ zusammengefasst.

Bioabbaubare Kunststoffe von denen aber nicht alle dem Typen „Kreislaufsackerl“ entsprachen, trugen in Summe zu 5 % TM aller gefundenen Kunststoffe bei. Eine detaillierte Unterscheidung zwischen Biokunststoffen vom Typ „Kreislaufsackerl“ „KLS“ und solchen, die nicht diesem Typ „nicht KLS“ entsprechen ist in Abbildung 33 dargestellt. In beiden Anlagen wurden nur in der Ausgangsmischung bioabbaubare Kunststoffe „nicht KLS“ >10 mm gefunden, da eingebrachte „Kreislaufsackerl“ bereits manuell entfernt wurden. Auffällig ist die deutlich höhere Anzahl in der der Anlage 2. Bei den späteren Probenahmen finden sich bioabbaubare Kunststoffe „nicht KLS“ nur noch in den Fraktionen 0,63 - 0,2 mm und nur noch in der Anlage 2 (nach 12 Wochen Rottedauer waren „nicht KLS“ auch in dieser Anlage nicht mehr aufzufinden).

Mikroplastikpartikel vom Typ Kreislaufsackerl „KLS“ wurden nur in der Fraktion 0,63 - 0,2 mm und lediglich in der Probe nach 9 Wochen Rottedauer der Anlage 2 und in einer der Mischproben des fertigen Kompostes der Anlage 1 gefunden. Es ist

hierbei allerdings nicht klar ob die gefunden Partikel des Typs „Kreislaufsackerl“ tatsächlich von den bei Versuchsstart eingebrachten „Kreislaufsackerl“ stammen. In Summe stellen die gefundenen Partikel vom Typen „Kreislaufsackerl“ verglichen mit der ursprünglich eingebrachten Anzahl nur eine verschwindend geringe Menge dar. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass bioabbaubare „Kreislaufsackerl“ während der Kompostierung sehr rasch zu einer Größe von 0,2 mm abgebaut werden.

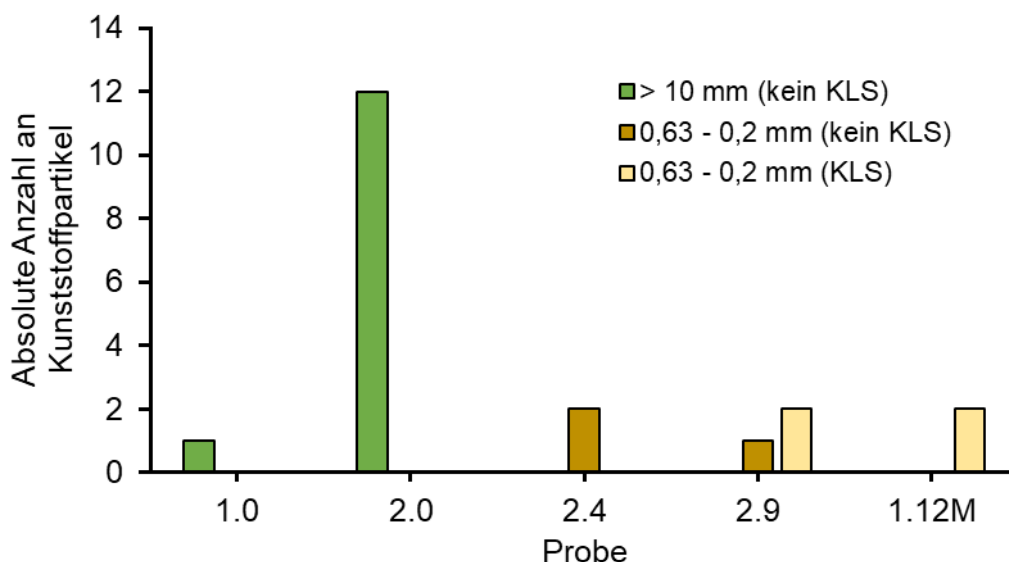


Abbildung 33: Anzahl der identifizierten, bioabbaubaren Kunststoffpartikel in allen Proben. Ganze „Kreislaufsackerl“ wurden hier nicht eingerechnet, da diese schon zuvor aussortiert wurden. Dargestellt wurden nur jene Proben in denen tatsächlich Biokunststoffe gefunden wurden. Die Partikel wurden in jene vom Typ Kreislaufsackerl „KLS“ und jene, die nicht diesem Typen entsprechen „nicht KLS“ unterschieden. Bioabbaubare Kunststoffe wurden in der Fraktion >10 mm (dunkelgrün: „nicht KLS“) und 0,63 - 0,2 mm (ockergelb; „nicht KLS“ und hellgelb; „KLS“) gefunden. Die Proben sind wie folgt kodiert: Die führende Zahl bezeichnet die Anlage. Die Zahl nach dem Punkt bezeichnet die Woche der Probenahme.

5 Zusammenfassung

Im Zuge der gegenständlichen Untersuchung wurden die Auswirkungen von Bioabfallsammelhilfen aus „biologisch abbaubaren Werkstoffen“ (BAW) auf den Kompostanlagenbetrieb abgeschätzt.

Biologisch abbaubare Vorsammelhilfen wurden in diesem Praxisversuch in „realitätsnahen“ Mengen eingesetzt. Zu diesem Zweck wurden zunächst Vorsammelhilfen, die von niederösterreichischen Abfallverbänden ausgegeben werden, auf ihre Polymerzusammensetzung untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass alle untersuchten Vorsammelhilfen aus thermoplastischer Stärke und PBAT bestanden und dass 9 der 11 untersuchten Vorsammelhilfen eine sehr ähnliche Formulierung aufwiesen und daher von einem ähnlichen Abbauverhalten auszugehen war. Eine dieser bioabbaubaren

Vorsammelhilfen, mit der Bezeichnung „Kreislaufsackerl“ „KLS“, wurde vom Kompost und Biogas Verband Österreich (KBVÖ) zur Verfügung gestellt und im Praxisversuch in zwei Anlagen eingesetzt. Den beiden Versuchsmieten (15 bis 20 m Abschnitten einer „Praxismiete“) wurden „Kreislaufsackerl“ in einer Menge zugesetzt, die einer Befüllung von 1 - 1,2 kg Bioabfall pro Vorsammelhilfe entsprach. Von den Ausgangsmischungen sowie nach 2, 4, 9 und 12 Wochen wurden jeweils 3 Proben entnommen und im ABF-BOKU-Labor untersucht.

Sowohl die während der Rotteversuche erhobenen Monitoringdaten, als auch die Analysendaten (Rotteparameter) zeigen, dass der Rotteprozess unter praxisnahen Bedingungen ablief. Die Rottetemperaturen entsprachen in beiden Anlagen den für die Hygienisierung des Materials erforderlichen Bedingungen nach Stand der Technik. Die Sauerstoffversorgung war in beiden Anlagen unterschiedlich. Als Folge der Zwangsbelüftung und eines höheren Strukturmaterialanteils war in Anlage 1 eine deutlich bessere Sauerstoffversorgung als in Anlage 2 gegeben.

Die Endproduktqualität beider Anlagen liegt im gleichen Bereich. Die Stickstoffparameter $N_{\text{ges.}}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ sind vergleichbar, lediglich $\text{NO}_3\text{-N}$ liegt in Anlage 1 (bedingt durch die bessere Sauerstoffversorgung) deutlich höher. Der Gehalt an organischer Substanz im Kompost (beurteilt über die Werte von Glühverlust bzw. organischem Kohlenstoff) ist ähnlich – wenn auch in Anlage 1 der Glühverlust während der Rotte nur geringfügig abnahm. Bei der biologischen Stabilität der Endmaterialien (Atmungsaktivität) gab es keinen Unterschied. Hinsichtlich Huminsäureaufbau zeigte Anlage 1 jedoch deutlich bessere Werte (HS ca. 21 % oTM gegenüber 13 % oTM in Anlage 2)

Für die Untersuchung der Kunststoffanteile wurden die Proben zunächst durch Siebung in die Fraktionen 10 - 6,3 mm, 6,3 - 2 mm, 2 - 0,63 mm und 0,63 - 0,2 mm getrennt und per FTIR Spektroskopie bzw. Mikroskopie analysiert. Makro- und Mikroplastikstoffe wurden in allen Proben gefunden wobei sich eine Abnahme von konventionellen Kunststoffen >10 mm im zeitlichen Verlauf der Rotte ergab. Das wird durch einen Fragmentierungsprozess während der Rotte (Umsetzen, Temperatur) verursacht, der zu einer Umwandlung von Makrokunststoffen zu Mikroplastikstoffen führt. Im Bereich 10 - 0,2 mm variiert die Anzahl an Kunststoffpartikeln zwischen 10 und 100 Partikeln pro kg Trockenmasse (TM). Die Partikelmassen korrelieren nicht mit der Anzahl an Partikeln, da Folien wesentlich weniger wiegen können als kompakte Partikel.

Biologisch abbaubare Kunststoffe vom Typ „Kreislaufsackerl“ nahmen innerhalb der ersten beiden Rottewochen in der Fraktion >10 mm um 80 % (Anlage 1) bzw. 40 % (Anlage 2) ab und verschwanden zwischen der 2. und der 4. Rottewoche vollständig. Geringe Partikelanzahlen vom Typ „Kreislaufsackerl“ konnten in der Fraktion 0,63 - 0,2 mm der Anlage 1 nach 9 Wochen und in Anlage 2 nach 12 Wochen nachgewiesen werden. Diese geringen Mengen deuten darauf hin, dass Vorsammelhilfen vom Typ „Kreislaufsackerl“ innerhalb der Versuchsdauer desintegriert und/oder auf eine Größe 0,63 - 0,2 mm reduziert wurden.

Beantwortung der Forschungsfragen

1. Wieweit werden die derzeit zur Sammlung von Bioabfällen eingesetzten Vorsammelhilfen aus abbaubaren Kunststoffen unter Praxisbedingungen in nach Stand der Technik betriebenen offenen Kompostanlagen abgebaut?

Da in den Stichproben >2 mm keine Partikel vom Typ „Kreislaufsackerl“ gefunden wurden, weist der Praxisversuch die Einhaltung der EN13432 nach. Darüber hinaus konnten bereits nach 4 Wochen Rottedauer Vorsammelhilfen vom Typ „Kreislaufsackerl“ in Fraktionen $>0,63$ mm nicht mehr nachgewiesen werden. In nur zwei Stichproben der Fraktion zwischen $0,63 - 0,2$ mm wurden jeweils zwei Partikel des Typs „Kreislaufsackerl“ gefunden. Eine dieser Stichproben war eine von sechs parallel gezogenen Kompostproben aus Anlage 1. Aussagen über den Bereich $<0,2$ mm können derzeit nicht getroffen werden.

2. Wie hoch ist der Makro- und der Mikroplastikanteil an abbaubaren und nicht abbaubaren Kunststoffen und wie sieht deren Größenverteilung aus?

Auf Grund des zur Verfügung stehenden Sieturmes wurde die Grenze zwischen Makro- und Mikrokunststoffen bei $6,3$ mm gezogen (üblicherweise liegt diese Grenze bei $0,5$ mm). Makrokunststoffe werden daher geringfügig unterschätzt, während die Mikrokunststoffe geringfügig überschätzt sind.

Im Bereich der Makrokunststoffe, in der Fraktion $>10 - 6,3$ mm, wurden durchschnittlich 30 Kunststoffobjekte in Anlage 1 und 50 in Anlage 2 pro kg Trockenmasse gefunden. Im Mikroplastikbereich von $6,3 - 0,2$ mm wurden durchschnittlich 49 (Anlage 1) und 43 (Anlage 2) Partikel pro kg Trockenmasse gefunden. Ein Trend zwischen Rottedauer und Größenverteilung konnte nicht festgestellt werden. Materialfragmente der „Kreislaufsackerl“ >10 mm wurden bis zur 2. Rotteweche gefunden. Partikel bioabbaubarer Kunststoffe <10 mm, auch solche vom Typ „Kreislaufsackerl“, konnten bis zur 12. Rotteweche nachgewiesen werden, allerdings nur in einer sehr geringen Menge von 5 % TM an der gesamten Kunststofffraktion.

Wien, 28.12.2019
(Institutsleiterin)

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