

Beurteilung der Reaktivität von Abfällen

- Anwendbarkeit der für mechanisch-biologisch behandelten Restabfall entwickelten Methoden bei anderen Abfällen.

Erwin Binner

Institut für Abfallwirtschaft, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien

Assessment of Reactivity of Wastes - Practicability of Methods Developed for MBP-Output with other Wastes

Abstract

In the run-up for amending the landfill ordinance, parameters were developed to assess the stability/reactivity of mechanical-biologically pre-treated residual waste. Methods for Respiration Activity (AT_4) and Gas Generation Sum in the Incubation-Test (GS_{21}) were established by the Austrian Standards Institute. As laboratory practice shows, these methods also are used for the assessment of other wastes (sewage sludge, commercial waste, material from abandoned sites, bio-waste compost). Whether respectively to what extent these for MBP-output developed methods are suitable for other wastes too, is discussed in this paper.

Abstract

Im Vorfeld zur Novellierung der Deponieverordnung wurden Methoden zur Beurteilung der Stabilität/Reaktivität von mechanisch-biologisch behandeltem Restabfall entwickelt. Ö-NORMEN für Atmungsaktivität (AT_4) und Gasspendensumme im Inkubationsversuch (GS_{21}) wurden verabschiedet. Wie die Laborpraxis zeigt, sollen diese Methoden auch für die Beurteilung anderer Abfälle (Klärschlamm, Gewerbeabfall, Altlastenmaterial, Bioabfallkompost) herangezogen werden. Ob bzw. wieweit diese für MBA-Output entwickelten Methoden auch für andere Abfälle geeignet sind, wird in diesem Beitrag diskutiert.

Keywords

Reactivity, MBP, Sewage Sludge, Abandoned Sites, Compost, Respiration Activity, Gas Formation Potential

Reaktivität, MBA, Klärschlamm, Altlast, Kompost, Atmungsaktivität, Gasbildungspotential

1 Einleitung

In der Novelle zur Österreichischen Deponieverordnung 2004 (DEPVO, BGBl. NR. 164/96, Novelle 2004) wurden in Ergänzung des Brennwertes, Grenzwerte für die biologische Reaktivität von MBA-Material festgelegt. Die Beurteilung hat über einen aeroben Test (Atmungsaktivität) und einen anaeroben Test (Gasbildung) zu erfolgen. Um

die Ablagerungsbedingungen zu erfüllen, darf die AT_4 (Atmungsaktivität nach 4 Tagen Versuchsdauer) 7 mgO₂/g TM und die GS_{21} oder GB_{21} (Gasbildung nach 21 Tagen Versuchsdauer im Inkubationsversuch oder Gärtest) 20 NI/kg TM nicht überschreiten. Im November 2004 wurden Ö-NORMEN für die Reaktivitätsparameter verabschiedet.

Vermeehrt werden diese für mechanisch biologisch behandelten Restabfall entwickelten Methoden auch für die Beurteilung der biologischen Reaktivität von anderen Abfälle eingesetzt. Beispiele sind Klärschlamm, organische Fraktionen aus der Gewerbeabfallsortierung, Altlastenmaterialien u.a.m.. Unübliche Milieubedingungen bei der Behandlung (z.B.: Anaerobbehandlung, Trocknung, Kalkstabilisierung), eine andere Materialzusammensetzung (z.B.: hoher Sulfatgehalt) bzw. deutlich höhere Reaktivität (keine oder nur kurze biologische Behandlung) können jedoch zu Fehlinterpretationen bei Anwendung der Ö-NORM-Methoden führen.

2 Reaktivitätsparameter

2.1 Inkubationsversuch (GS_{21})

Als anaerobe Tests sind in Österreich Inkubationsversuch (GS_{21}) oder Gärtest (GB_{21}) erlaubt. Das beide Testmethoden gleichwertig sind, wurde unter anderem bei dem im Rahmen der Erarbeitung der entsprechenden Ö-NORMEN (Ö-NORM S 2027-2 und Ö-NORM S 2027-3) durchgeführten Ringversuch nachgewiesen (IGW, 2004). Wegen seiner Vorteile wird an unserem Institut der Inkubationsversuch bevorzugt. Abbildung 1 zeigt die dem Gärtest DEV S8 (1985) nachempfundene Versuchsanordnung. 2 bis 3 kg auf Wasserkapazität angefeuchtetes Probenmaterial werden in das Reaktionsgefäß eingewogen. Dieses wird durch einen Deckel sowie ein ca. 1,2 l fassendes Eudiometerrohr gasdicht verschlossen und in ein Wasserbad (40 °C) eingesetzt. Alle Bauteile sind aus Glas, wodurch Gasverluste vermieden werden können. Die gebildete Gasmenge kann in beliebigen Intervallen abgelesen (bei jeder Ablesung sind Raumtemperatur und aktueller Luftdruck zu erfassen), mittels PC-Auswerteprogramm auf Normalverhältnisse (0 °C, 1013 mbar) umgerechnet und summiert werden. Die Versuchsergebnisse werden als Gasspendensummenlinie (NI/kg TM) und Gasspendenganglinie (NI/kg TM.h) dargestellt. Obwohl die Gasbildung auch nach 240 Tagen noch nicht abgeschlossen ist, liegt bereits nach 21 Tagen Versuchsdauer ein repräsentativer Beurteilungswert vor. Eventuell auftretende zeitliche Verzögerungen (Adaptierungsphasen) sind durch entsprechende Verlängerung der Versuchsdauer rechnerisch zu kompensieren.

Vorteile des Inkubationsversuches sind die große Probenmenge (dadurch ist ein Doppelansatz ausreichend), die Temperatur von 40 °C (es muß auch in warmen Klimazonen nicht gekühlt werden) und die Tatsache, daß nicht geimpft werden muß. Durch die

Anordnung des Ausgleichsgefäßes im oberen Eudiometerbereich herrscht in der Versuchseinheit stets ein Überdruck, wodurch Undichtheiten leichter erkannt werden. Die mit zunehmendem hydrostatischen Druck steigenden Gasverluste machen sich durch kontinuierliches Abfallen der Gasspenden (NI/kg TM.h) bemerkbar. Nach einer Verringerung des hydrostatischen Druckes – dies tritt ein wenn das Eudiometer wieder mit Sperrflüssigkeit aufgefüllt wird – steigt die Gasspende sprunghaft an, um danach neuerlich kontinuierlich abzusinken.

Als Nachteil ist die Gefahr des Versäuerns bei sehr reaktivem Probenmaterial (Frischmaterial) zu nennen.

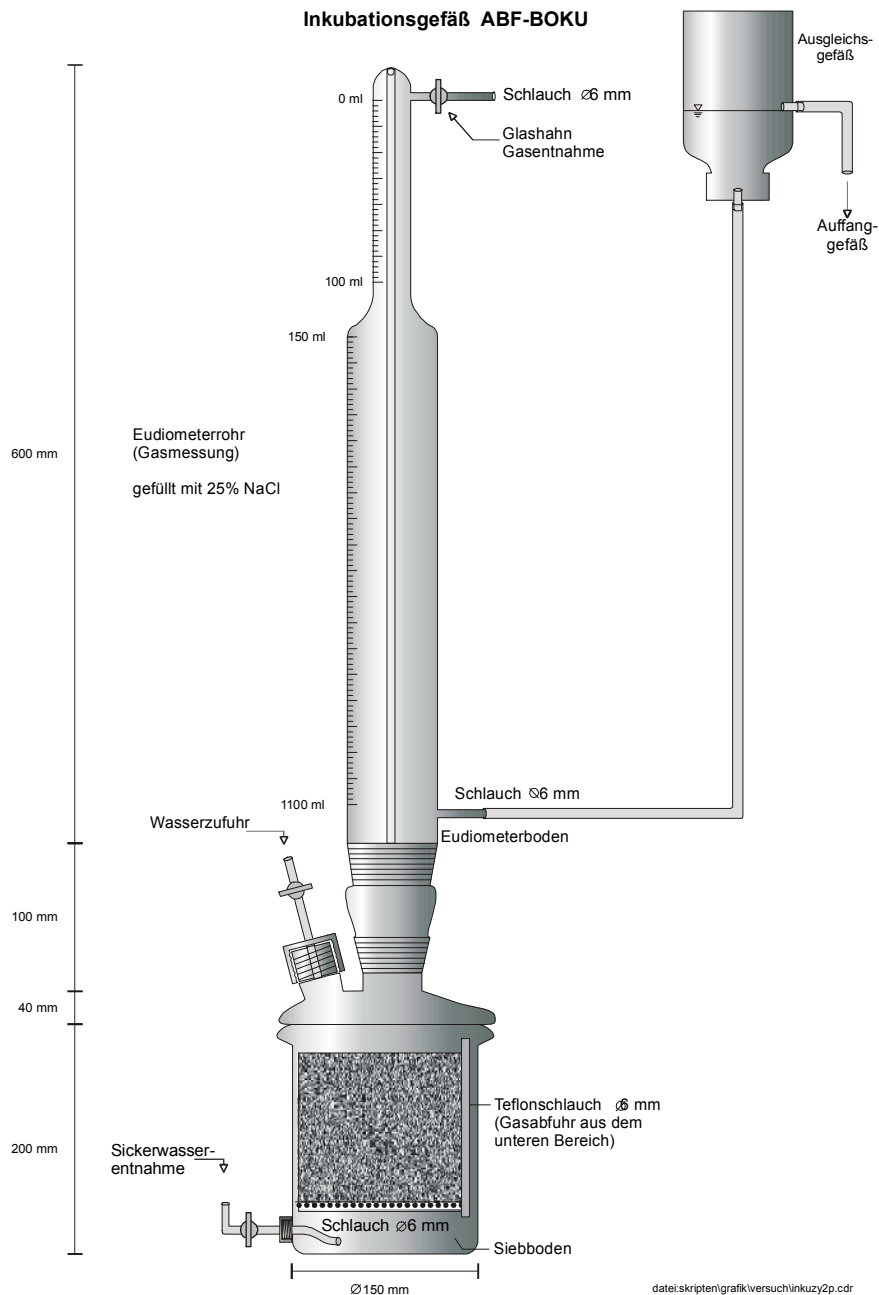


Abbildung 1 Versuchsanordnung (Inkubationsversuch) zur Bestimmung der Gasspendensumme

2.2 Atmungsaktivität (AT₄)

Die Atmungsaktivität (Ö-NORM S 2027-1) wird am ABF-BOKU mittels Sapromat (Versuchsordnung siehe Abbildung 2) bestimmt. Das beim Abbau organischer Substanz gebildete CO₂ wird von Natronlauge absorbiert, wodurch im System Unterdruck entsteht. Die für den Ausgleich des Unterdruckes benötigte Sauerstoffmenge wird kontinuierlich aufgezeichnet.

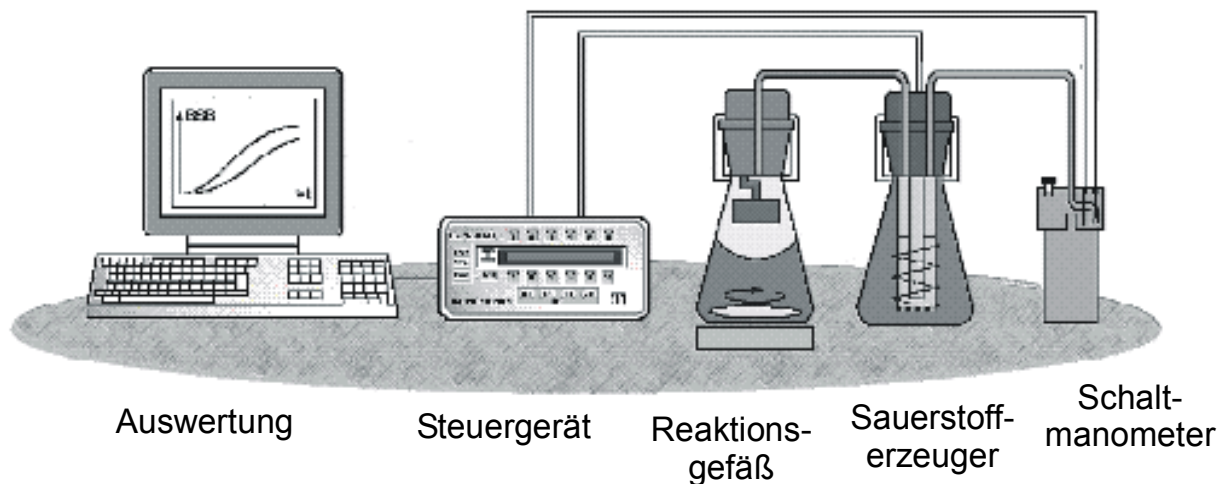


Abbildung 2 Versuchsanordnung (Sapromat) zur Bestimmung der Atmungsaktivität

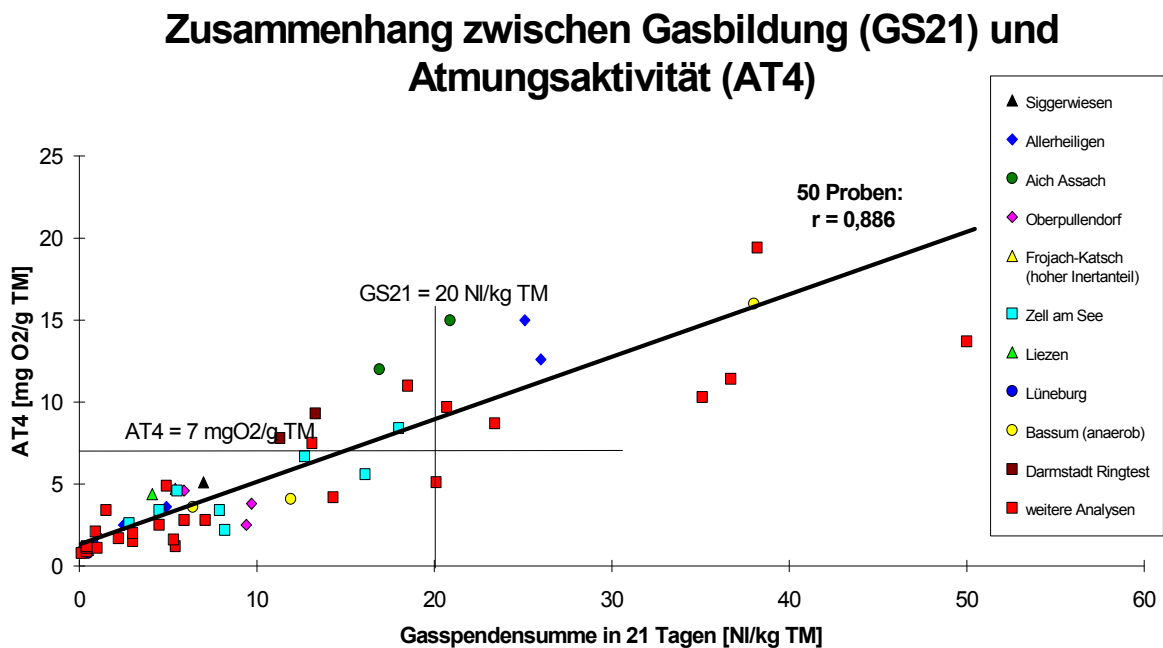


Abbildung 3 Korrelation zwischen Atmungsaktivität (AT₄) und Gasspendensumme (GS₂₁) von MBA-Material mit geringer bis mittlerer Reaktivität

Im Regelfall zeigt sich ein linearer Verlauf des Sauerstoffverbrauches über 7 bis 10 Tage. In einem Forschungsprojekt (BINNER ET AL., 1999) und vielen weiteren Untersuchungen wurden am ABF-BOKU bisher über 100 MBA-Materialien hinsichtlich ihrer Reaktivität analysiert.

Die statistische Auswertung zeigt eine ausgezeichnete Korrelation zwischen GS_{21} und AT_4 (Abbildung 3). Für 50 Proben mit geringer bis mittlerer ($GS_{21} < 50$ NI/kg TM) Reaktivität ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,849$.

3 Untersuchungen anderer Abfälle

3.1 Output aus einer Restmüllsplittinganlage

In der Restmüllsplittinganlage Wien wird Restmüll durch Sieben in Fraktionen getrennt. Nach Abtrennen der Eisen- und Nichteisenmetalle werden unterschiedliche Brennstofffraktionen hergestellt. Die Fraktion < 50 mm wird regelmäßig hinsichtlich Einhaltung der Grenzwerte für MBA-Material untersucht. Die fehlende biologische Behandlung führt im Inkubationsversuch zu einer raschen Versäuerung des sehr reaktiven Materials. Extrem lange lag-Phasen sind die Folge.

Unsere Versuchsanordnung ermöglicht über im Boden- und Deckelbereich angebrachte Glashähne eine Sickerwasserkreislaufführung mittels Schlauchquetschpumpe. Dabei wird Sickerwasser entnommen, nach pH-Wertbestimmung mit NaOH-Plätzchen versetzt und über die Materialoberfläche rückgebracht. Dadurch kann der pH-Wert angehoben werden, ohne abbaubare organische Substanz aus dem System auszutragen. Dieser Vorgang wird mehrmals täglich wiederholt, bis der pH-Wert bleibend auf über 6,7 angehoben ist (Abbildung 4). Da Natronlauge nur vorsichtig zudosiert werden darf (auch ein zu hoher pH-Wert stoppt die biologische Aktivität) kann dies mehrere Wochen dauern.

Ein rascheres Abschätzen der Reaktivität von Frischmaterial ist im Aerobtest möglich. Allerdings sind auch bei der Bestimmung der Atmungsaktivität im Sapromat Fehlbefunde möglich. Der Sapromattest findet in einem geschlossenes System statt, bei dem zwar der verbrauchte Sauerstoff ergänzt wird, Stoffwechselprodukte jedoch nicht ausgetragen werden können. Die durchgezogene Linie in Abbildung 5 zeigt den Einfluß von Hemmeffekten, hervorgerufen durch diese Stoffwechselprodukte. Nach einer Versuchsdauer von ca. 1,5 Tagen kommt der Sauerstoffverbrauch zum Erliegen. Um hemmende Stoffwechselprodukte auszutragen wurde die Atmungsaktivitätsmethode am ABF-BOKU adaptiert. Zumindest einmal täglich wird das Reaktionsgefäß geöffnet, das Testmaterial für ca. 30 Minuten in einer Aluminiumtasse offen stehengelassen und anschließend (falls notwendig wird befeuchtet) wieder eingebaut. Wichtig ist, das erste „Auslüften“ bereits vor Einsetzen von Hemmeffekten durchzuführen. Zu beachten ist

dabei, daß auch das in der Raumluft enthaltenen CO₂ von den Natriumhydroxidplätzchen absorbiert wird. Die Variante Ballen 2 in Abbildung 6 zeigt, daß die Absorptionskapazität der Natriumhydroxidplätzchen dadurch erschöpft werden kann.

Restmüllfraktion aus der Splittinganlage Wien Gasspendensumme mit und ohne pH-Anhebung

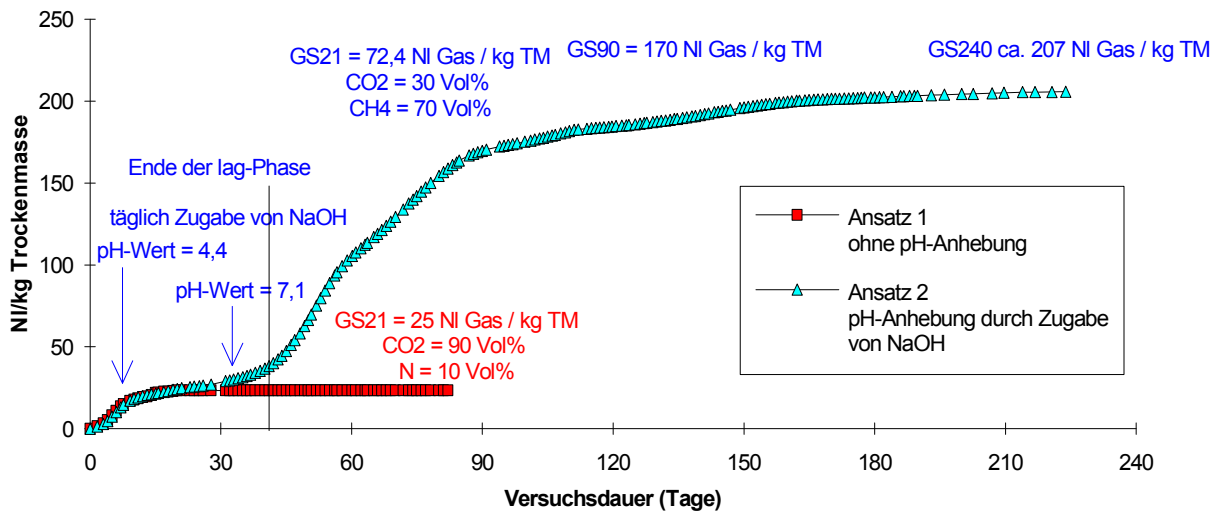


Abbildung 4 Gasspendensumme der Restmüllfraktion < 50 mm aus der Splittinganlage Wien - Beseitigung der Versäuerung durch Zugabe von Natronlauge

Restmüllfraktion <50 mm aus der Splittinganlage Wien Atmungsaktivität mit und ohne "Auslüften"

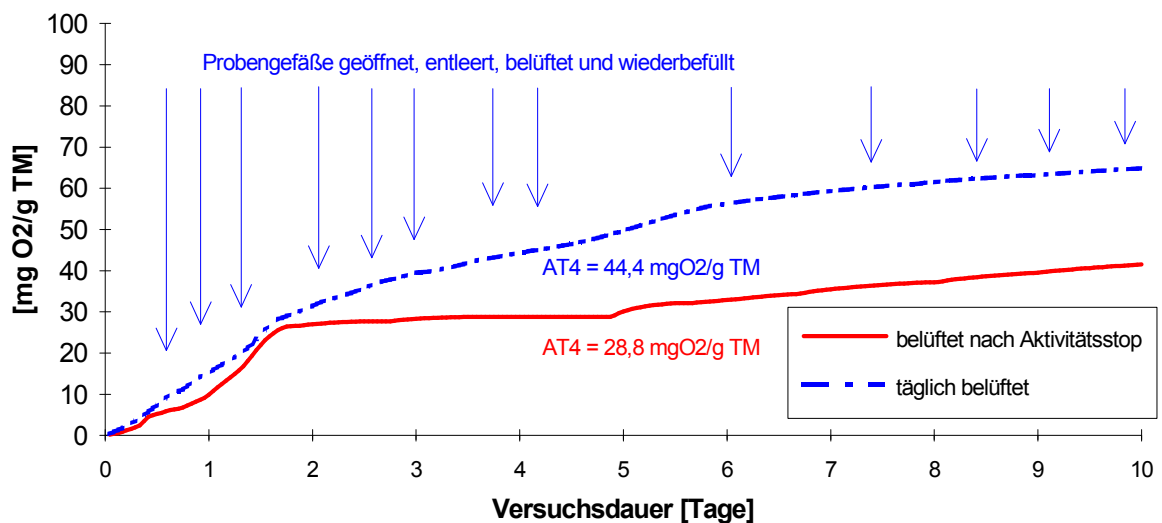


Abbildung 5 Atmungsaktivität der Restmüllfraktion < 50 mm aus der Splittinganlage Wien

Restmüllfraktion <50 mm aus der Splittinganlage Wien Atmungsaktivität im Sapromat

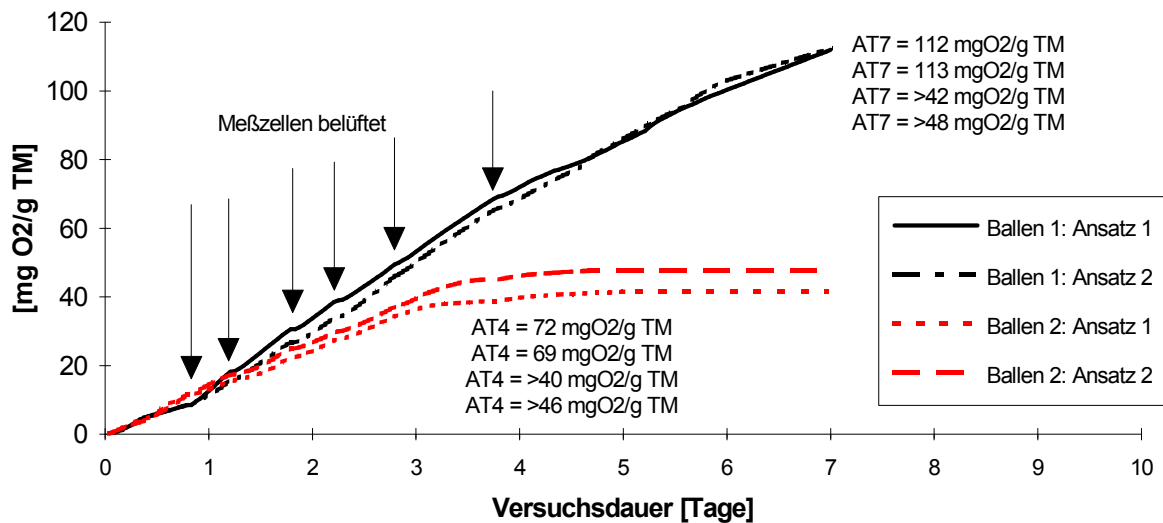


Abbildung 6 Atmungsaktivität der Restmüllfraktion < 50 mm aus der Splittinganlage Wien - Erschöpfung der Absorptionskapazität der Natriumhydroxidplättchen

Fazit: Sehr reaktive Abfälle (unbehandelte oder nur kurz behandelte Abfälle) können zur Versäuerung bzw. sehr langen lag-Phasen im Anaerobtest führen. Bei entsprechender Versuchsanordnung (Sickerwasserentnahme- und -aufgabemöglichkeit) können durch vorsichtiges Zudosieren von Natronlauge günstige Milieubedingungen eingestellt werden.

Im Aerobtest können Minderbefunde durch Hemmung der Mikroorganismen durch die eigenen Stoffwechselprodukte auftreten. Tägliches Belüften des Probenmaterials schafft Abhilfe.

3.2 Biologisch behandelte Feinfraktion (< 20 mm) aus einer Gewerbeabfallsortierungsanlage

In einem Mietenrotteversuch wurde untersucht, ob die Fraktion < 20 mm einer Gewerbeabfallsortierungsanlage nach 8 Wochen Rottedauer die Anforderungen der Deponieverordnung erfüllt. Die Atmungsaktivität betrug $AT_4 = 6,6 \text{ mgO}_2/\text{g TM}$, die Gasspendensumme $GS_{21} < 6,3 \text{ NI/kg TM}$. Der Kurvenverlauf zeigt jedoch nach ca. 8 Tagen Versuchsdauer eine ungewöhnlich rasche Abnahme der Gasbildung (siehe Abbildung 7). Eine aus diesem Grund entnommene Sickerwasserprobe zeigte keine Versäuerung ($\text{pH} = 6,9$), wies jedoch einen Sulfidgehalt von 375 mg/l auf. Als Ursache wird im Gewerbeabfall enthaltener Bauschutt vermutet (im Gips enthaltenes Sulfat wird unter anaeroben Milieubedingungen in Sulfid umgewandelt).

Feinfraktion aus einer Gewerbeabfallsortierung Gasspendensumme nach 8 Wochen Behandlung

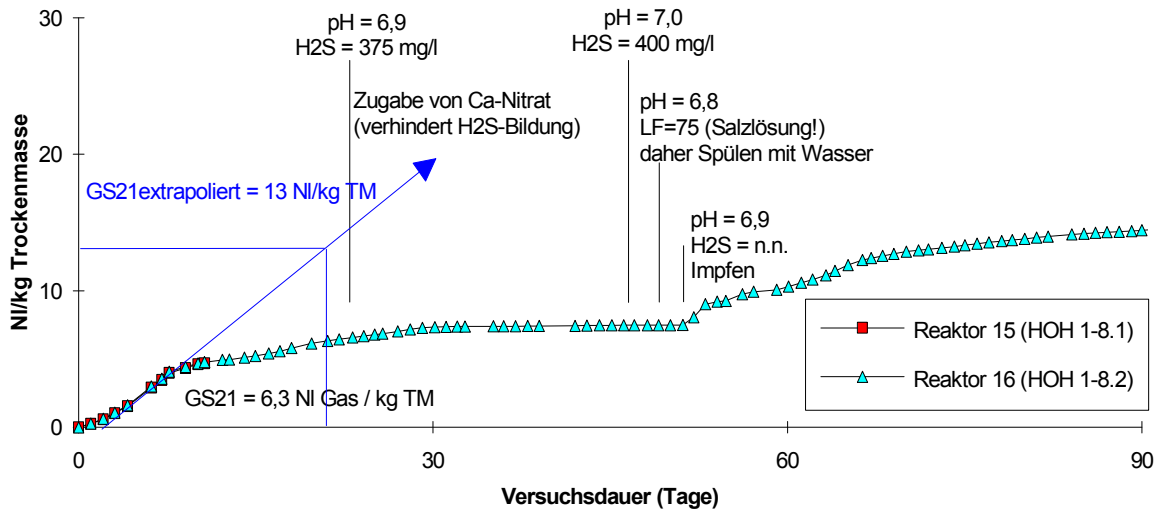


Abbildung 7 Gasspendensumme der Fraktion < 20 mm aus einer Gewerbeabfallsortieranlage nach 8 Wochen Mietenrotte – Hemmung durch Sulfidbildung

Feinfraktion aus einer Gewerbeabfallsortierung Atmungsaktivität nach 8 Wochen Behandlungsdauer

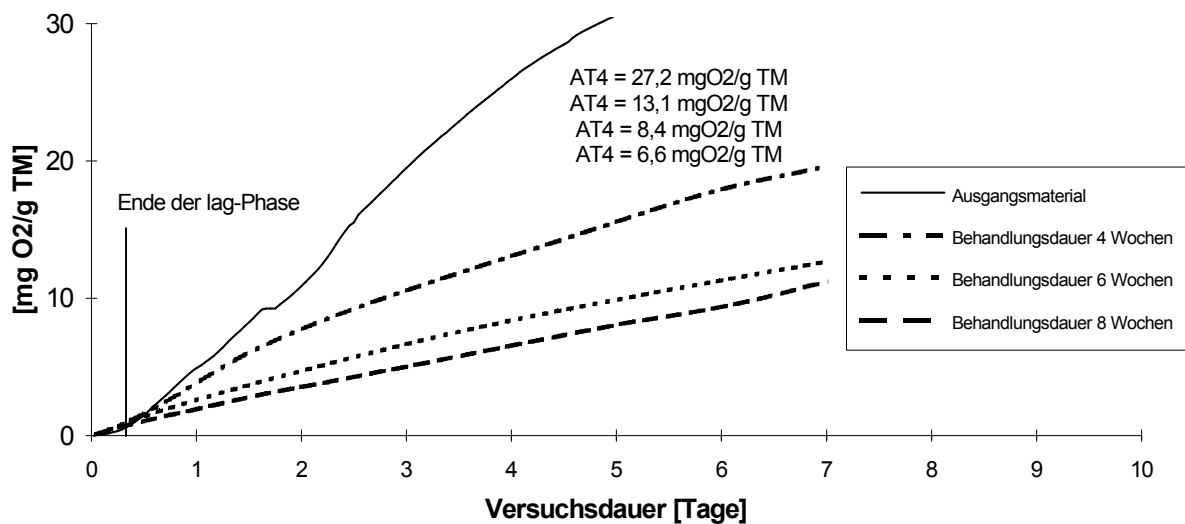


Abbildung 8 Atmungsaktivität der Fraktion < 20 mm aus einer Gewerbeabfallsortieranlage nach unterschiedlicher Rottedauer

Durch Sickerwasserkreislaufführung unter Zugabe von Calciumnitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) konnte Sulfid nach 51 Tagen Versuchsdauer nicht mehr nachgewiesen werden. Ein An-

stieg der Leitfähigkeit (85 mS/cm) machte jedoch ein Spülen mit Frischwasser erforderlich, wodurch natürlich auch lösliche organische Substanzen ausgetragen wurden. Nach dem Animpfen mit Faulschlamm stieg die Gasbildung deutlich an. Mit Versuchstag 72 wurde die Calciumnitratzugabe eingestellt, was zu einer neuerlichen Bildung von Sulfid führte. Eine exakte Bestimmung der GS_{21} war daher nicht möglich. Durch Extrapolation der Phase intensiver Gasbildung in der 1. Versuchswoche wurde eine GS_{21} von ca. 13 NI/kg TM abgeschätzt.

Beim Aerobtest werden durch Sulfat keine Störungen hervorgerufen. Abbildung 8 zeigt die Atmungsaktivitäten der Gewerbeabfallfraktion < 20 mm nach unterschiedlicher Rottedauer. Der Rottefortschritt kann mit Hilfe der AT_4 -Werte gut beurteilt werden.

Fazit: Sulfathaltige Abfälle können Minderbefunde im Anaerobtest aufweisen (Bildung von Sulfid), der Aerobtest wird nicht gestört. Calciumnitrat scheint auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen ungeeignet zur Verhinderung der Sulfidbildung im Inkubationsversuch. Weitere Untersuchungen sind erforderlich.

3.3 Altlastenmaterial (vor und nach einer in-situ Aerobisierung)

Auf der Hausmülldeponie Mannersdorf/NÖ wurde ein mehrjähriges Forschungsprojekt zur in-situ Aerobisierung durchgeführt.

Der untersuchte Deponiebereich wurde vor 8 bis 18 Jahren geschüttet. Zur Dokumentation des Erfolges der Aerobisierung wurden vor Versuchsbeginn und während der Belüftung im Zeitintervall von 4 x 6 Monate jeweils 8 bis 20 Schürfe hergestellt und beprobt. Das gewonnene Probenmaterial (Feuchtsiebung vor Ort auf < 20 mm) wurde unter anderem auf Gasbildung und Atmungsaktivität analysiert.

Im Anaerobtest verhalten sich Altlastenmaterialien aus ehemaligen Hausmülldeponien unproblematisch. Im Regelfall treten kaum lag-Phasen bzw. Versäuerungen auf. Abbildung 9 zeigt die Gasspendensummen einer Probe vor der Aerobisierung und von 2 Proben nach 6 bzw. 18 Monaten Aerobisierungsdauer.

Abbildung 10 zeigt die Atmungsaktivität der selben Materialien. Anaerobe Materialien werden am ABF-BOKU routinemäßig vorbelüftet (BINNER, 2004). Damit werden bereits vor Versuchsbeginn für die aeroben Mikroorganismen günstige Milieubedingungen hergestellt. Der weitere Versuchsablauf erfolgt nach Ö-NORM S 2027-1. Die gut reproduzierbaren Ergebnisse bestätigen jene der Anaerobtests. Auffällig ist die gegenüber MBA-Material auftretende Verschiebung der Korrelation zwischen GS_{21} und AT_4 . Durch die anaeroben Milieubedingungen in der Deponie sind anaerob verfügbare Substanzen weitgehend abgebaut. Daher ist das aus den AT_4 Werten abgeschätzte Gasbildungspotential geringer als aus der für MBA-Material gefundenen Korrelation erwartet.

Aerobisierung Deponie Mannersdorf Gasspendensummen nach unterschiedl. Belüftung

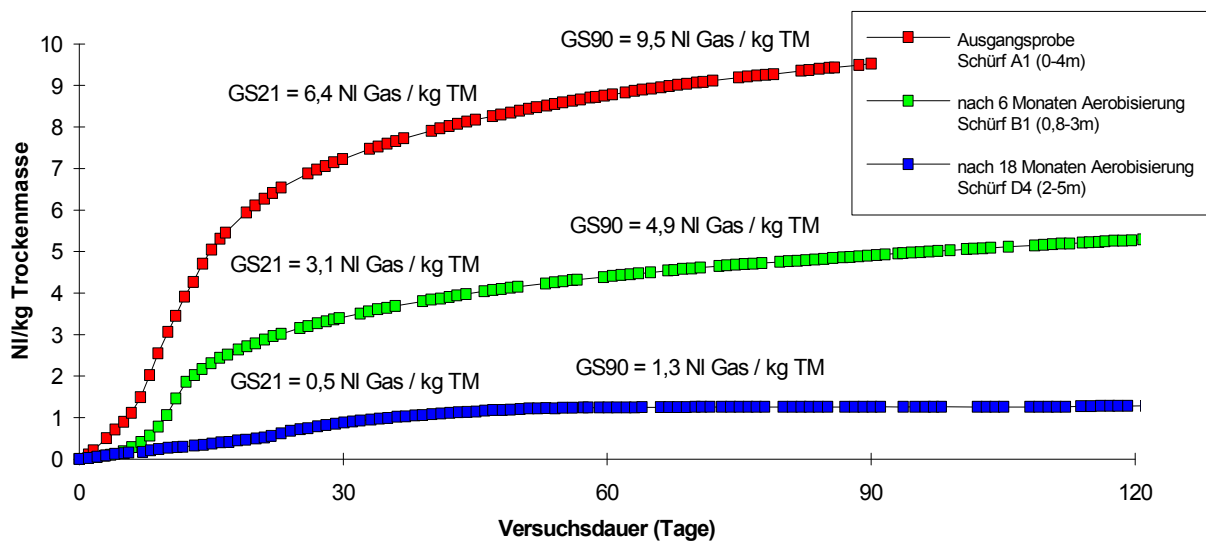


Abbildung 9 Gasspendensummen von Altlastmaterial (Ablagerungsdauer 8 bis 18 Jahre) nach unterschiedlicher Dauer einer in-situ Aerobisierung

Aerobisierung Deponie Mannersdorf Atmungsaktivität nach unterschiedlicher Belüftungsdauer

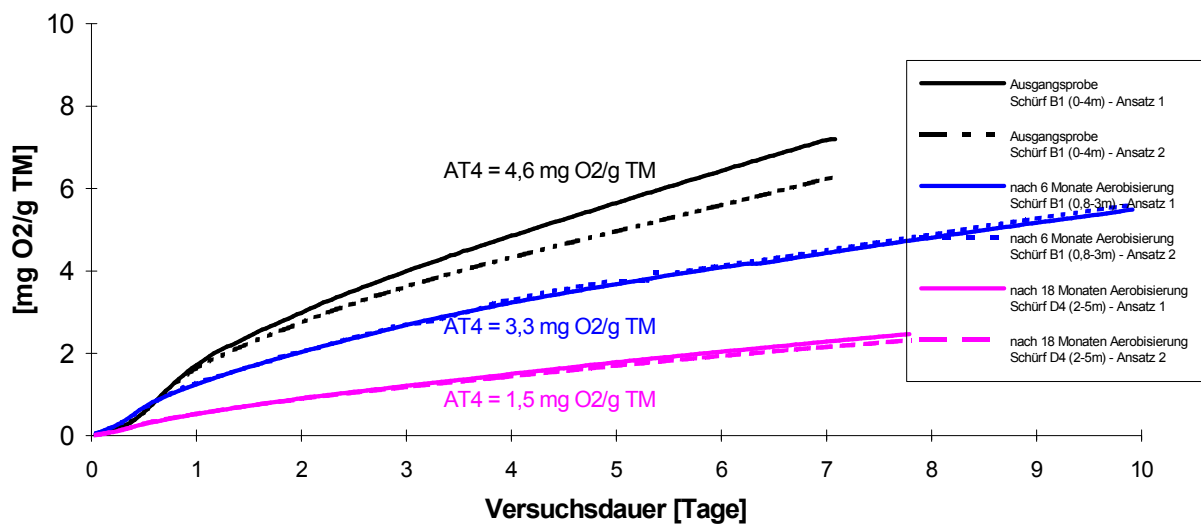


Abbildung 10 Atmungsaktivität von Altlastmaterial (Ablagerungsdauer 8 bis 18 Jahre) nach unterschiedlicher Dauer einer in-situ Aerobisierung

3.4 Klärschlamm

Auf der Deponie Linz-Asten/OÖ wurden jährlich 50.000 t FM Klärschlamm der Kläranlage Linz abgelagert. 2001 bis 2003 durchgeführte Untersuchungen zeigten, daß der Klärschlamm nach der derzeit durchgeführten Behandlung (Faulung, Entwässerung, Kalkstabilisierung) nicht den ab 2004 bezüglich Reaktivität geltenden Kriterien für die Ablagerung auf Massenabfalldeponien entspricht. Aus diesem Grund wurden weitere Behandlungsschritte (aerobe Behandlung) getestet. Im Zuge der Projekte wurden Klärschlämme unterschiedlichster Behandlungsdauer, aber auch bereits 1 bis 4 Jahre abgelagerte kalkstabilisierte Klärschlämme untersucht.

Um die Effizienz unterschiedlicher Behandlungen zu testen, werden Klärschlämme sinnvollerweise im Flüssigmilieu untersucht. Beim Atmungsaktivitätstest muß die Probe dabei allerdings ständig gerührt werden. Auf den Einfluß von toxischen Effekten, von Nitrifikations/Denitrifikationsvorgängen und durch chemische Reaktionen hervorgerufenem Unterdruck wurde bereits im Vortrag 2004 eingegangen (BINNER, 2004). So werden eventuell vorhandene toxische Effekte durch Zugabe von Glukose erkannt (bei Toxizität tritt keine Erhöhung des Sauerstoffverbrauches auf). Der Einfluß von Nitrifikations/Denitrifikationsvorgängen kann durch Zugabe von Nitrifikationshemmern (z.B. ATH = Aliothioharnstoff) beseitigt werden. Durch chemische Reaktionen hervorgerufener Unterdruck wird durch „Vergiften“ des Testansatzes (z.B. mit Natriumacid) erkannt bzw. herausgerechnet.

Probleme traten bei der Analyse der kalkstabilisierten, mehrere Jahre auf der Deponie abgelagerten Klärschlämme auf. Während bei den oben erwähnten Varianten unterschiedlicher Behandlung die Proben vor der Kalkstabilisierung entnommen wurden, war dies bei den Deponieprodukten nicht möglich. Der hohe pH-Wert (das 2 Jahre abgelagerte Material wies einen pH-Wert von > 10 auf) hemmt die Mikroorganismen sowohl beim Atmungsaktivitätstest als auch beim Inkubationsversuch.

In beiden Fällen kann der pH-Wert durch vorsichtiges Zudosieren von Phosphorsäure (H_3PO_4) in einen günstigen Bereich gesenkt werden.

Für den Anaerobtest wurden ca. 500 g Feuchtmasse ins Inkubationsgefäß eingewogen und mit ca. 2.200 ml H_2O aufgefüllt. Bei einem der Parallelansätze wurde täglich H_3PO_4 zugegeben bis am 71. Versuchstag ein pH-Wert von 7,7 erreicht war (Abbildung 11). Nach dem Impfen mit Faulschlamm setzte die Gasbildung ein. Die GS_{21} wurde mit 17 NI/kg TM errechnet (die vom Impfschlamm produzierte Gasmenge wurde abgezogen). Der Parallelansatz ohne Neutralisation zeigte bis zum Versuchsende nach 240 Tagen keine nennenswerte Gasbildung.

Ausgefauter kalkstabilisierter Klärschlamm Gasspendensumme nach 2 Jahren Deponie

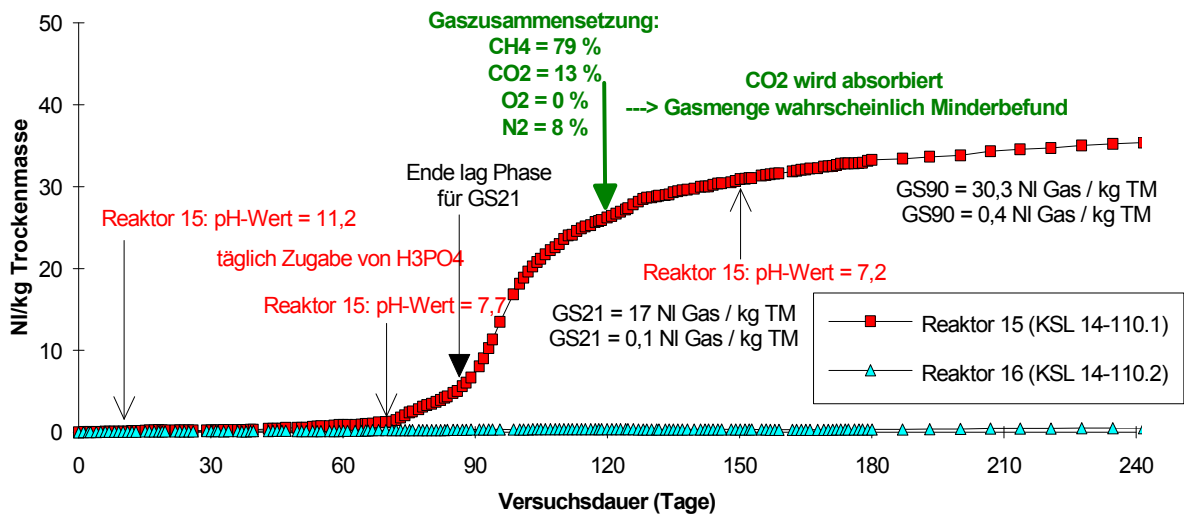


Abbildung 11 Gasspendensumme von kalkstabilisiertem Klärschlamm (Ablagerungsdauer 2 Jahre) – Analyse im Flüssigmilieu nach Neutralisation mit H₃PO₄ und Impfung mit Faulschlamm

Ausgefauter kalkstabilisierter Klärschlamm Atmungsaktivität nach 2 Jahren Deponie

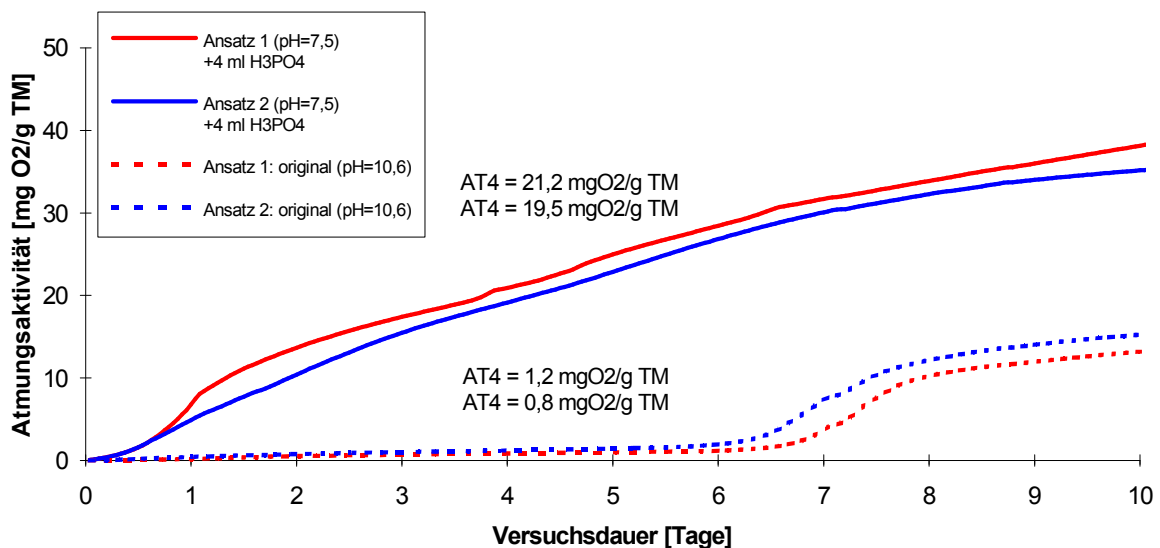


Abbildung 12 Atmungsaktivität von kalkstabilisiertem Klärschlamm (Ablagerungsdauer 2 Jahre) – Analyse im Flüssigmilieu nach Neutralisation mit H₃PO₄ und Impfung mit Kläranlagenablauf

Auf Grund der unüblichen Gaszusammensetzung (79 % CH₄, 13 % CO₂, der Rest war Stickstoff) wird vermutet, daß CO₂ zum Teil absorbiert wurde, daß demnach die errechnete GS₂₁ möglicherweise einen Minderbefund darstellt. Darauf weist auch der Vergleich der GS₂₁ mit der AT₄ hin. Beim biologisch vorbehandelten jedoch nicht kalkstabilisierten Klärschlamm war der Betrag der Gasbildung etwas höher als jener der Atmungsaktivität.

Für den Atmungsaktivitätstest wurden 150 g FM Festprobe mit 450 ml H₂O aufgeschlemmt und mit 4 ml H₃PO₄ versetzt. Der pH-Wert wurde dadurch auf 7,5 gesenkt. Von dieser Suspension wurden ca. 150 g in die Reaktionsgefäße eingewogen, mit 20 ml Kläranlagenablauf (dieser hatte einen vernachlässigbaren Sauerstoffverbrauch) geimpft und unter ständigem Rühren analysiert. Parallel wurde ein Doppelansatz mit Originalprobe angesetzt. Während die Originalprobe (Abbildung 12) eine Atmungsaktivität AT₄ = 1,0 mgO₂/g TM aufwies, verbrauchte der neutralisierte Ansatz in 4 Tagen 20,3 mgO₂/g TM.

Fazit: Kalkstabilisierter kommunaler Klärschlamm kann nach Neutralisation mittels H₃PO₄ hinsichtlich seiner Reaktivität beurteilt werden. Die Versuche sind im Flüssigmilieu durchzuführen. Nach erfolgter Neutralisation ist ein Animpfen (mit Faulschlamm bzw. Kläranlagenablauf) erforderlich. Eine weitere Untersuchung zeigte, daß diese Vorgangsweise auch bei industriellem Fällschlamm zielführend ist.

3.5 Bioabfallkompost

Im Bereich der Bioabfallkompostierung interessieren der Rottefortschritt während des Kompostierungsprozesses bzw. der Reifegrad der hergestellten Komposte. Das Gasbildungspotential von Bioabfällen ist nur bei vorgeschalteter Anaerobbehandlung von Bedeutung. Abbildung 13 zeigt die Gasspendensumme von frisch angeliefertem Bioabfall. Analog zu frischem Restmüll besteht die Gefahr des Versäuerns. Erfolgreiche Gegenmaßnahmen - Sickerwasserkreislaufführung mit NaOH-Zugabe zur Anhebung des pH-Wertes, Impfen - wurden bereits in Abschnitt 3.1 beschrieben.

Abbildung 14 zeigt, daß der Rottefortschritt mit Hilfe der Atmungsaktivität gut beurteilt werden kann. Bei sehr reaktivem Bioabfall muß allerdings zwischenbelüftet werden, um hemmende Stoffwechselprodukte aus dem Meßsystem austragen zu können. Bei gerottetem Material wie auch bei Endprodukten (Abbildung 15) liefert die Ö-NORM-Methode gut reproduzierbare Analyseergebnisse. Wie auch bei MBA-Material können anaerobe Milieubedingungen bzw. Austrocknen des Rottegutes während des Kompostierungsprozesses zu Minderbefunden führen. In diesen Fällen ist ein Vorbelüften des Probenmaterials erforderlich.

Bioabfallkompostierung Gasspendensumme von Bioabfall

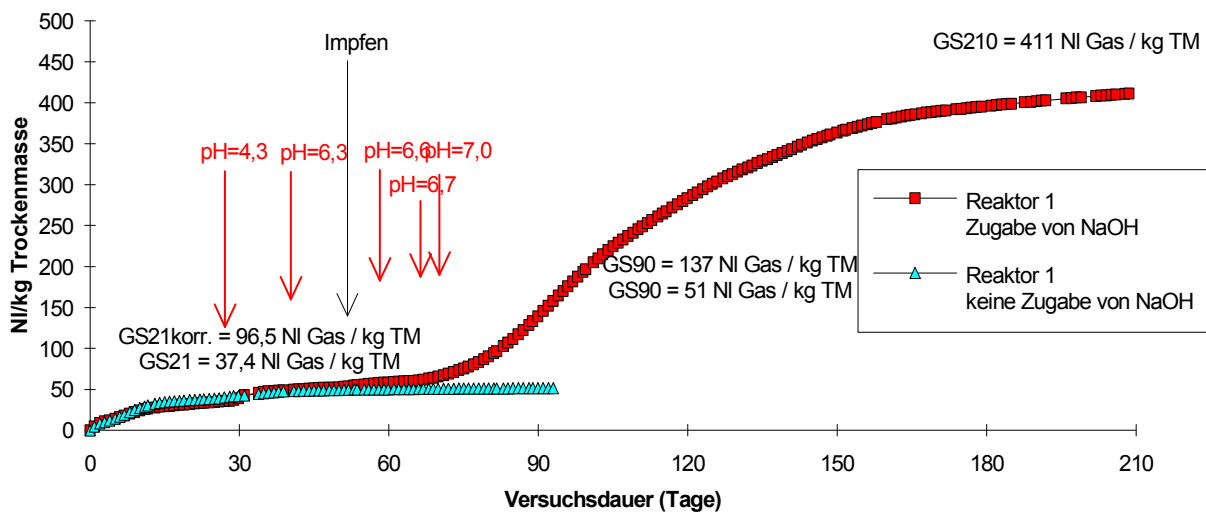


Abbildung 13 Gasspendensumme von Bioabfall – nach Neutralisation mit NaOH und Impfung mit Faulschlamm

Bioabfallkompostierung Atmungsaktivität nach unterschiedlicher Behandlung

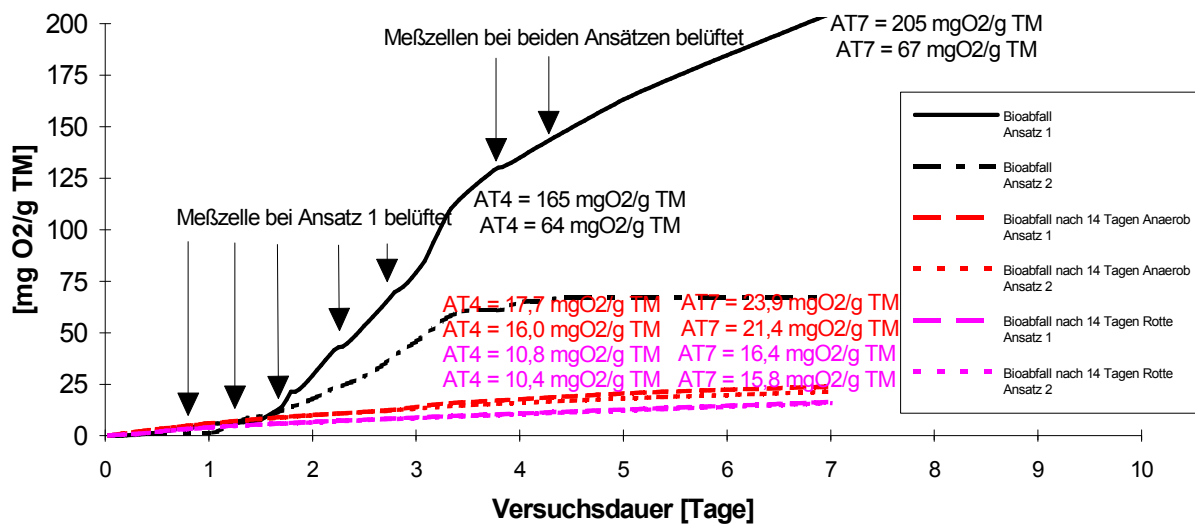


Abbildung 14 Atmungsaktivität von Bioabfall nach unterschiedlicher Behandlung

Bioabfallkompostierung Atmungsaktivität eines Reifkompostes

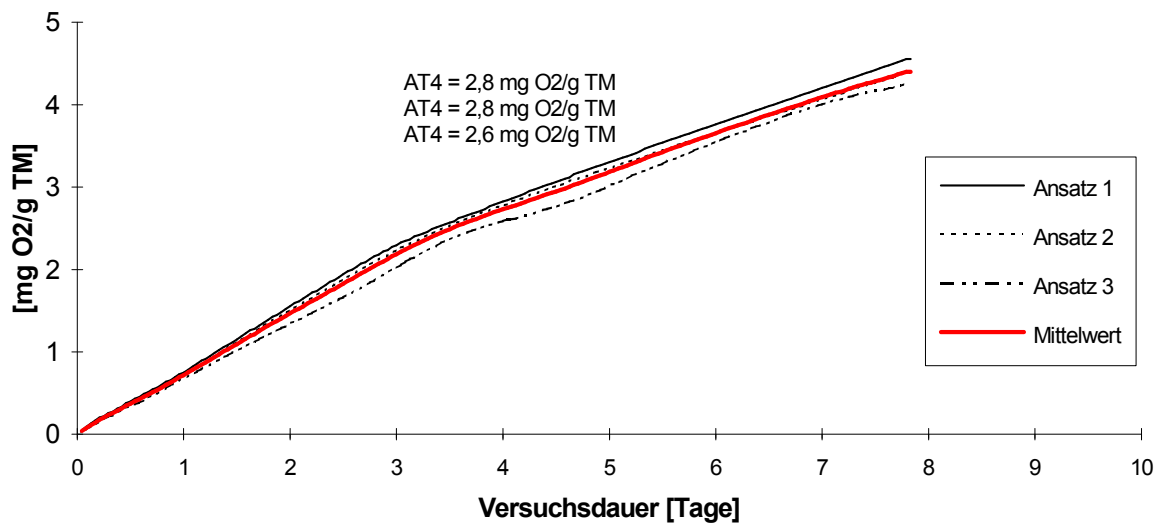


Abbildung 15 Atmungsaktivität von Bioabfallkompost

4 Zusammenfassung

Atmungsaktivität und Gasspendensumme - für die Beurteilung der Reaktivität von MBA-Material entwickelten Methoden - werden vermehrt auch für die Beurteilung anderer Abfälle eingesetzt. Zahlreiche Untersuchungen am ABF-BOKU zeigen, daß in Abhängigkeit vom zu untersuchenden Abfall Modifikationen der Analysenmethoden erforderlich sind.

Im Inkubationsversuch hemmt die bei sehr reaktiven Materialien (unbehandelter Restmüll, Bioabfall) auftretende Versäuerung die anaeroben Mikroorganismen. Durch Neutralisation mit NaOH können günstige Milieubedingungen eingestellt werden. Bei kalkstabilisiertem Klärschlamm wiederum stört der hohe pH-Wert. Hier hat sich Neutralisation mit Phosphorsäure bewährt. Bei der Untersuchung von Abfallfraktionen unbekannter Herkunft sind möglicherweise vorhandene toxische bzw. hemmende Inhaltstoffe zu beachten. Sulfid (dieses entsteht unter anaeroben Bedingungen aus Sulfat) beispielsweise ist für anaerobe Mikroorganismen toxisch. Im Bauschutt enthaltener Gips stört daher den anaeroben Test. Altlastenmaterial aus ehemaligen Hausmülldeponien bereitet im Anaerobtest keine Schwierigkeiten.

Bei der Atmungsaktivitätsbestimmung mittels Sapromat hat sich ein Vorbelüften des Probenmaterials als vorteilhaft erwiesen. Bei anaeroben bzw. ausgetrockneten Materialien können dadurch rascher günstige Milieubedingungen für den aeroben Abbau hergestellt und lag-Phasen vermieden bzw. vermindert werden. Bei sehr reaktivem Material

tritt häufig Hemmung durch Stoffwechselprodukte auf. Diese müssen durch regelmäßiges Öffnen des Reaktionsgefäßes und kurzes Belüften des Probenmaterials (ca 30 Minuten stehenlassen an Raumluft) ausgetragen werden. Sulfat stört den Aerobtest nicht, allerdings können andere Inhaltstoffe Minderbefunde hervorrufen. Durch Zugabe von leicht verfügbarem Kohlenstoff (z.B. Glukose) können Toxizität bzw. Hemmeffekte erkannt werden.

Schlämme werden sinnvollerweise im Flüssigmilieu - unter ständigem Rühren – getestet. Bei kommunalem Klärschlamm und industriellem Fällschlamm wurden fallweise auch Mehrbefunde festgestellt. Das Meßprinzip des Sapromat interpretiert Unterdruck als Sauerstoffverbrauch. Auch ein durch chemische Reaktionen bzw. Nitrifikation / Denitrifikation verursachter Unterdruck wird daher als Sauerstoffverbrauch ausgewiesen. Durch Zugabe von Gift (Natriumacid) bzw. Alithioharnstoff (ATH) können derartige Effekte erkannt bzw. rechnerisch kompensiert werden.

Bei Altlastenmaterial wirkt sich wie bereits erwähnt Vorbelüften günstig aus. Erwähnenswert ist die Korrelation zwischen AT_4 und GS_{21} . Die Korrelationsgerade ist gegenüber MBA-Material in Richtung AT_4 verschoben. Bedingt durch die anaerobe Lagerung in der Deponie sind anaerob verfügbare Verbindungen bereits weitgehend abgebaut, die nur aerob abbaubaren Substanzen sind jedoch noch vorhanden.

Auch bei Bioabfallkomposten bzw. Material aus Rotteprozessen liefert die AT_4 gut reproduzierbare Ergebnisse. Bei sehr reaktiven Materialien ist wie oben erwähnt ein Austrag der von den Mikroorganismen gebildeten Stoffwechselprodukte wichtig. Minderbefunde sind bei ausgetrocknetem bzw. aus anaeroben Bereichen entnommenem Rottegut möglich.

5 Literatur

- | | | |
|-----------------------------------|------|--|
| BGBI. Nr. 164/96
Novelle 2004 | 1996 | Verordnung des Bundesministeriums für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung) |
| Binner, E.; Zach, A.; Lechner, P. | 1999 | Stabilitätskriterien zur Charakterisierung der Endprodukte aus MBA-Anlagen, Forschungsprojekt am ABF-BOKU im Auftrag des BMLFUW |
| Ö-NORM S2027-2. | 2004 | Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen. Teil 2: Gas-spendensumme im Inkubationstest (GS_{21}), VORNORM |
| Ö-NORM S2027-3. | 2004 | Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen. Teil 3: Gasbildung im Gärttest (GB_{21}), VORNORM |

- | | | |
|---|------|--|
| IGW Ingenieurgesellschaft
Witzenhausen | 2004 | Ringversuch für die Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen. Endbericht an das Bundesminist. für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft |
| DIN 38414-8 | 1985 | Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Schlamm und Sedimente (Gruppe S) – Bestimmung des Faulverhaltens (S8), Beuth Verlag GmbH, Berlin |
| Ö-NORM S2027-1. | 2004 | Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen. Teil 1: Atmungsaktivität (AT ₄), VORNORM |
| Binner, E. | 2004 | Bestimmung von Atmungsaktivität und Gasbildungspotential – Neueste Erkenntnisse betreffend Fehlinterpretationen, Tagungsband zu den Abfallforschungstage 2004, S63-77, Cuvillier Verlag, Göttingen, ISBN 3-86537-121-3 |

Anschrift des Verfassers

Dipl. Ing. Erwin Binner
Universität für Bodenkultur Wien, Department für Wasser – Atmosphäre – Umwelt,
Institut für Abfallwirtschaft
Muthgasse 107
A, 1190, Wien
Telefon: ++431 / 318 99 00 - 315
Email: erwin.binner@boku.ac.at
Website: www.boku.ac.at/abf