
PRACE

**Instytutu Ceramiki
i Materiałów Budowlanych**

Scientific Works
of Institute of Ceramics
and Building Materials

Nr 10

ISSN 1899-3230

Rok V

Warszawa–Opole 2012

ERWIN BINNER*

Bestimmung von Atmungsaktivität und Gasbildungspotential – Neueste Erkenntnisse betreffend Fehlinterpretationen

Schlüsselwörter: MBA, Biologische Reaktivität, Atmungsaktivität, Gasbildung im Inkubationsversuch.

In Deutschland und Österreich ist die Deponierung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen ähnlich geregelt (Parameter, Grenzwerte). Wesentlichster Unterschied ist, daß in Deutschland der Anlagenbetreiber zum Nachweis der biologischen Stabilität Atmungsaktivität oder Gasbildung untersuchen lassen darf, während in Österreich beide Parameter zu bestimmen sind. Daß der nach österreichischer Gesetzeslage vorgeschriebene Mehraufwand durchaus sinnvoll ist, zeigen Untersuchungen bei denen die Atmungsaktivitätsbestimmung Minderbefunde lieferte.

Bei Mängeln im Verlauf der biologischen Behandlung – z.B. Austrocknen des Materials durch zu intensive Belüftung, mangelhafte Sauerstoffversorgung – können lag-Phasen oder Hemmeffekte gravierende Minderbefunde der Atmungsaktivität hervorrufen. Bei sehr reaktiven Materialien können lange lag-Phasen oder „Selbsthemmung“ die Meßergebnisse verfälschen. Durch Zugabe von leicht verfügbarem Kohlenstoff (z.B. Glukose) können derartige Hemmeffekte erkannt werden.

Durch geeignete Probenaufbereitung (Vorbelüften des Untersuchungsmaterials) können negative Effekte in der Regel zwar vermindert, aber nicht 100%-ig ausgeschlossen werden. Da eine sehr gute Korrelation zwischen AT_4 und GS_{21} nachgewiesen werden konnte, erlaubt ein parallel durchgeführter biologischer Test bei anaeroben Milieubedingungen Minderbefunde zu identifizieren.

1. Veranlassung

Die Deponieverordnung [1] sah unter anderem vor, den Input in Deponien hinsichtlich des Gehaltes an organischer Substanz bzw. organischem Kohlenstoff zu beschränken. Für Massenabfalldeponien wurde daher der Gehalt an organischer Substanz, gemessen als TOC (Total Organic Carbon), mit 5% in

* Dipl.- Ing., Universität für Bodenkultur, Wien, Institut für Abfallwirtschaft.

der Trockenmasse (TM) begrenzt. Der TOC-Grenzwert gilt auch bei einem Glühverlust $< 8\%$ TM als eingehalten.

Der österreichische Gesetzgeber hat jedoch bereits 1996 die Möglichkeit geschaffen, Abfälle aus einer mechanisch-biologischen Vorbehandlung in einem gesonderten Bereich einer Massenabfalldeponie abzulagern, wenn der Brennwert (H_o) nicht mehr als 6.000 kJ/kg TM beträgt und die übrigen Grenzwerte (Tabellen 7 und 8, Anlage 1 der Deponieverordnung) eingehalten werden, auch wenn der TOC Grenzwert überschritten wird (Ausnahmeregelung §5 Abs.7 lit. f). Durch die Begrenzung des Brennwertes soll die Ablagerung von thermisch verwertbaren Anteilen verhindert werden.

Neben der Erhöhung des Brennwertes von 6.000 auf 6.600 kJ/kg TM , wurden in der Novelle zur Deponieverordnung 2008 Grenzwerte für Reaktivitätsparameter definiert. Grundlage für die Auswahl geeigneter Parameter und deren Grenzwerte waren einerseits die Ergebnisse einer vom Ministerium beauftragten Studie [3], andererseits die Regelung in Deutschland. In beiden Länder wurden Atmungsaktivität (AT_4) und Gasbildung (GS_{21} bzw. GB_{21}) als sinnvolle Parameter erkannt. Die Gasbildung wurde einheitlich mit 20 NI/kg TM begrenzt. Die Atmungsaktivität wurde in Österreich mit $AT_4 < 7 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$, in Deutschland mit $AT_4 < 5 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$ begrenzt. Beide Werte korrelieren nicht mit dem Grenzwert für die Gasbildung (einer $AT_4 = 7 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$ entspricht ca. eine $GS_{21} = 12 \text{ NI/kg TM}$). Zielvorstellung bei der Festlegung des österreichischen Grenzwertes war eine Verminderung des Gasbildungspotentials durch die MBA um 90 bis 95% . Gravierender Unterschied zwischen den beiden Regelungen ist, daß in Österreich Atmungsaktivität (AT_4) und Gasbildung (GS_{21} oder GB_{21}) parallel untersucht werden müssen, während in Deutschland die Analyse nur eines der beiden Parameter zulässig ist. Wegen der kürzeren Analysendauer und geringerer Analysenkosten wird in Österreich häufig von Anlagenbetreiberseite gefordert, daß auch in Österreich die alleinige Bestimmung der Atmungsaktivität ausreichend sein sollte. Daß dies jedoch in einigen Fällen zu Fehlinterpretationen führen würde, wird in diesem Beitrag gezeigt.

2. Reaktivitätsparameter

2.1. Inkubationsversuch (GS_{21})

Als anaerobe Tests sind in Österreich Inkubationsversuch (GS_{21}) oder Gärtest (GB_{21}) erlaubt. Daß beide Testmethoden gleichwertig sind, wurde unter anderem bei dem im Rahmen der Erarbeitung der entsprechenden Ö-NORMEN [6–7] durchgeführten Ringversuch nachgewiesen [5]. 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

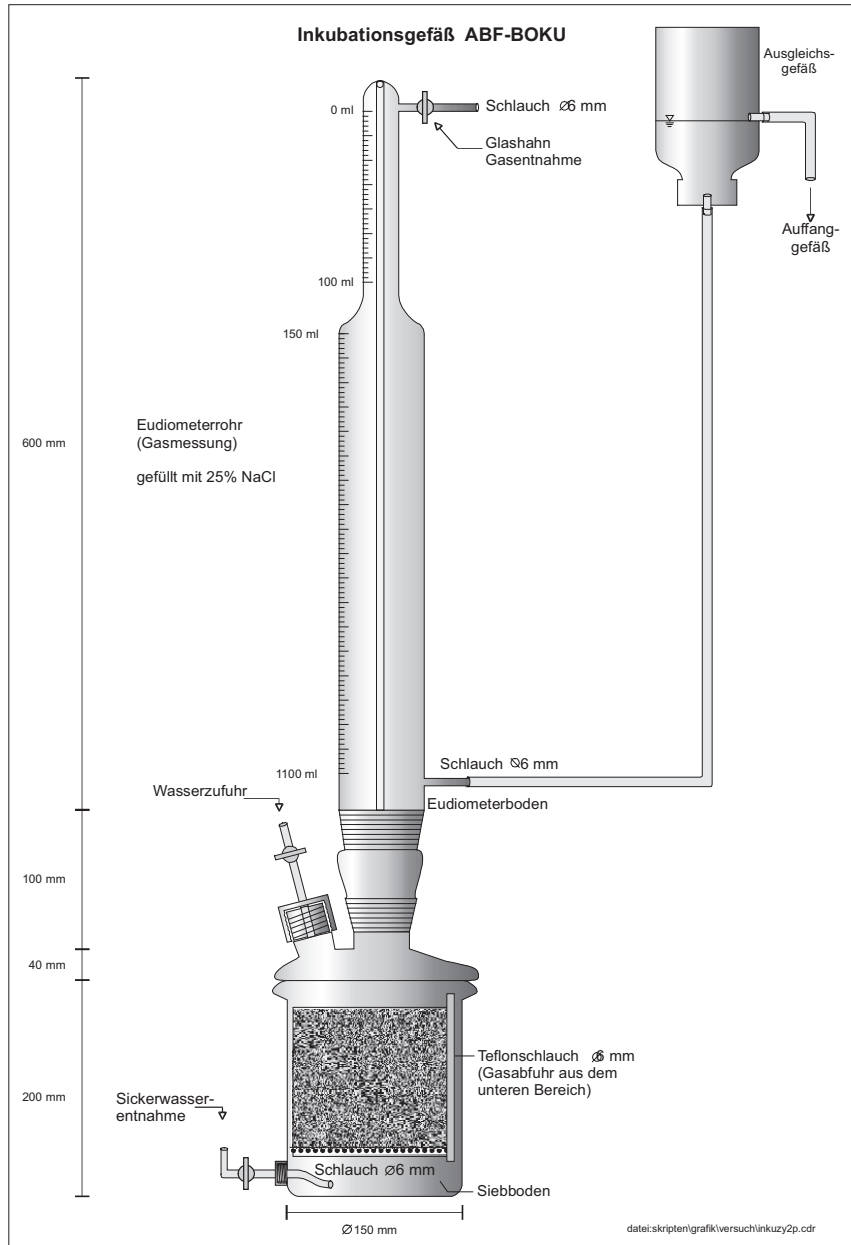


Abbildung 1. Versuchsanordnung (Inkubationsversuch)
zur Bestimmung der Gasspendensumme

befeuchtetes 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, siehe Abbildung 2) 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 (damit werden bei der Untersuchung von Einzelproben gegenüber dem Gärtest bis zu 5 Ansätze eingespart). Durch die Anordnung des Ausgleichsgefäßes im oberen Eudiometerbereich herrscht in der Versuchseinheit stets ein Überdruck, wodurch Undichtheiten leichter erkannt werden können. Mit zunehmendem hydrostatischen Druck steigen nämlich die Gasverluste, was sich durch ein kontinuierliches Abfallen der Gasspenden (NI/kg TM.h) bemerkbar macht. 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 2).

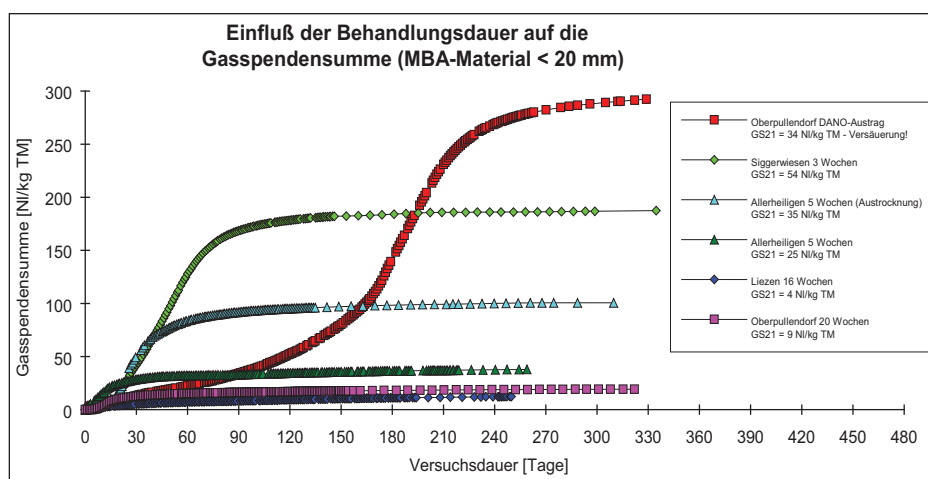


Abbildung 2. Gasspendensumme (NI/kg TM) von MBA-Material nach unterschiedlicher Dauer der biologischen Behandlung

2.2. Atmungsaktivität (AT_4)

Die Atmungsaktivität [8] wird am ABF – BOKU mittels Sapromat (Versuchsanordnung siehe Abbildung 3) bestimmt. Das beim Abbau organischer Substanz gebildete CO_2 wird von Natronlauge absorbiert, wodurch im System Unterdruck entsteht. Die für den Ausgleich des Unterdruckes benötigte Sauerstoffmenge wird kontinuierlich aufgezeichnet.

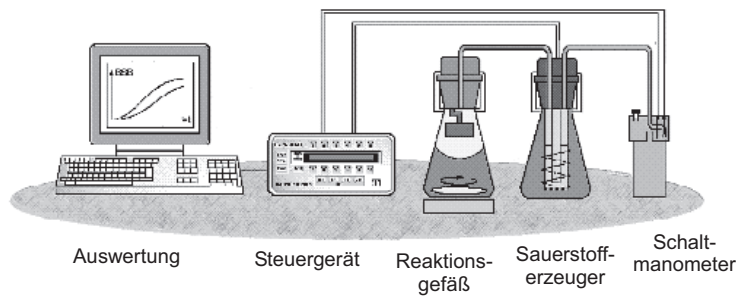


Abbildung 3. Versuchsanordnung (Sapromat) zur Bestimmung der Atmungsaktivität

Abbildung 4 zeigt den Einfluß der Dauer der biologischen Behandlung auf die Atmungsaktivität. Im Regelfall zeigt sich ein linearer Verlauf des Sauerstoffverbrauches über 7 bis 10 Tage. In einem Forschungsprojekt [3] und vielen weiteren Untersuchungen wurden am ABF-BOKU bisher 86 MBA-Materialien hinsichtlich ihrer Reaktivität analysiert.

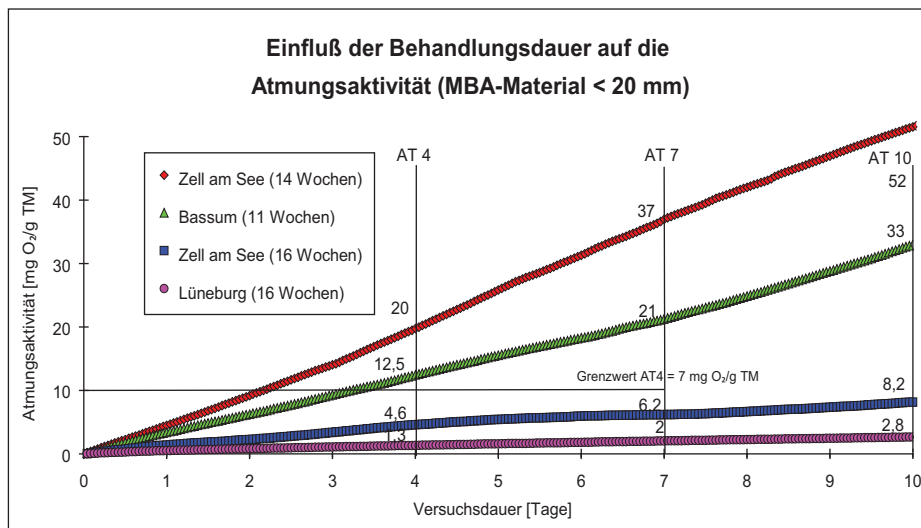


Abbildung 4. Atmungsaktivität ($\text{mg O}_2/\text{g TM}$) von MBA-Material nach unterschiedlicher Dauer der biologischen Behandlung

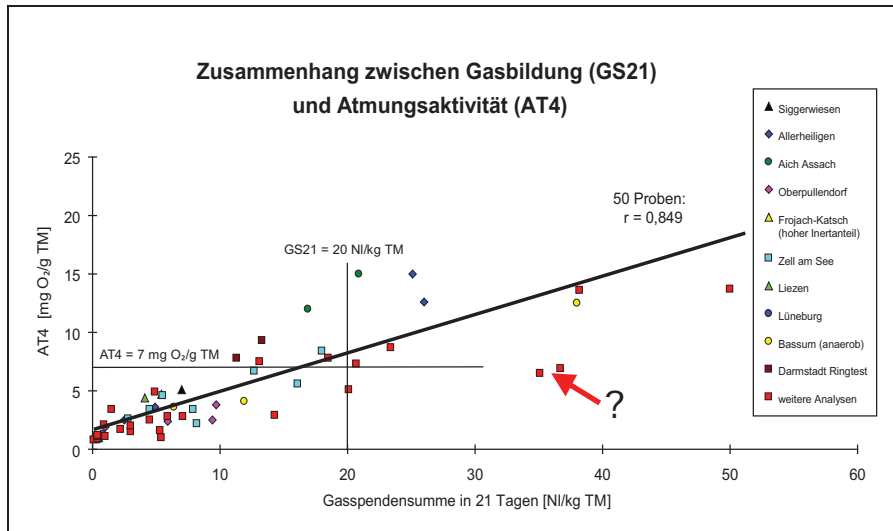


Abbildung 5. Korrelation zwischen Atmungsaktivität (AT₄) und Gasspendensumme (GS₂₁) von MBA-Material mit geringer bis mittlerer Reaktivität

Die statistische Auswertung zeigt eine ausgezeichnete Korrelation (Abbildung 5) zwischen GS₂₁ und AT₄. Für 50 Proben mit geringer bis mittlerer Reaktivität (GS₂₁ < 50 NI/kg TM) ergibt sich ein Korrelationskoeffizient von $r = 0,849$. Unter den zahlreichen Proben liegen jedoch einige Wertepaare weitab der Korrelationsgeraden (siehe Pfeil in Abbildung 5).

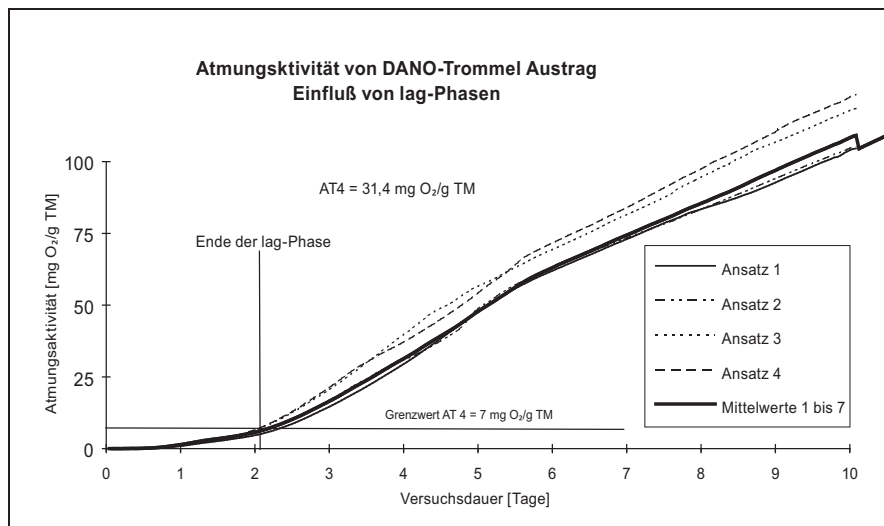


Abbildung 6. Einfluß einer lag-Phase auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung von reaktivem MBA-Material

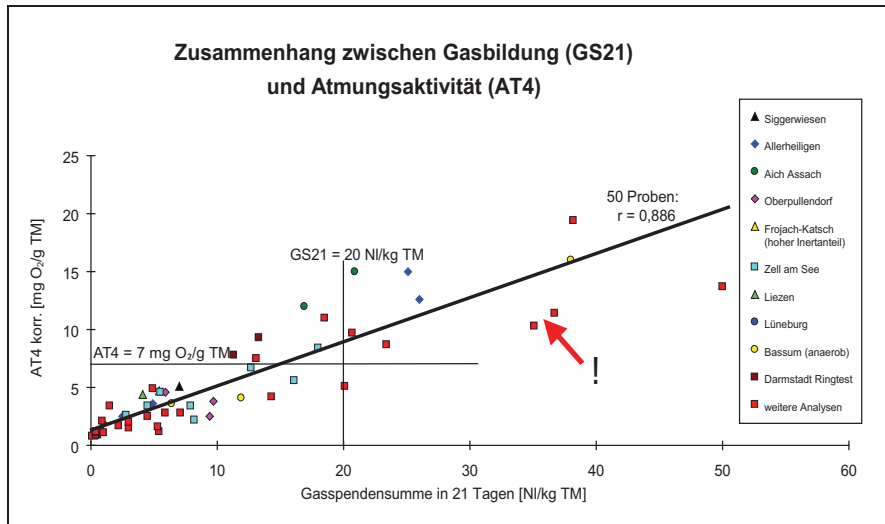


Abbildung 7. Korrelation zwischen Atmungsaktivität (AT_4) und Gasspendensumme (GS_{21}) von MBA-Material mit geringer bis mittlerer Reaktivität nach Korrektur der lag-Phasen

Von reaktiven Materialien ist bekannt, daß zu Versuchsbeginn lag-Phasen auftreten können (Abbildung 6). Daher wurden in einem 2. Auswerteschritt alle Atmungsaktivitätswerte einer „Korrektur der lag-Phasen“ unterzogen. Abbildung 7 zeigt die Korrelation zwischen GS_{21} und AT_4 nach Korrektur von etwaigen lag-Phasen (der Korrelationskoeffizient steigt auf $r = 0,886$). Ein Vergleich mit Abbildung 5 zeigt deutlich, daß bei der Bestimmung der Atmungsaktivität – bedingt durch lag-Phasen – Minderbefunde auftreten können. Dies wurde in den Analysenvorschriften berücksichtigt, indem derartige Phasen rechnerisch zu kompensieren sind.

3. Ursachen für Fehlinterpretationen

3.1. Minderbefunde bei der Bestimmung der Atmungsaktivität

Daß trotz der sehr detaillierten Analysenvorschriften Minderbefunde nicht ausgeschlossen werden können zeigt Abbildung 8. Die gepunktete Kurve zeigt den Verlauf der Atmungsaktivität eines 15 Wochen auf einer drückend belüfteten Rotteplatte („Wendelinanlage“) behandelten Restmülls. Wie bei dieser Behandlungsdauer zu erwarten, wird der Grenzwert der Deponieverordnung eingehalten ($AT_4 = 5,4 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$). Eine lag-Phase ist bis zum 4. Versuchstag nicht ersichtlich; im Routinebetrieb wäre daher der Versuch nach 4 Tagen

beendet worden. Im parallel durchgeführten Inkubationsversuch wird jedoch der Grenzwert für die Gasbildung deutlich überschritten; die Gasbildung beträgt $GS_{21} = 35 \text{ NI/kg TM}$.

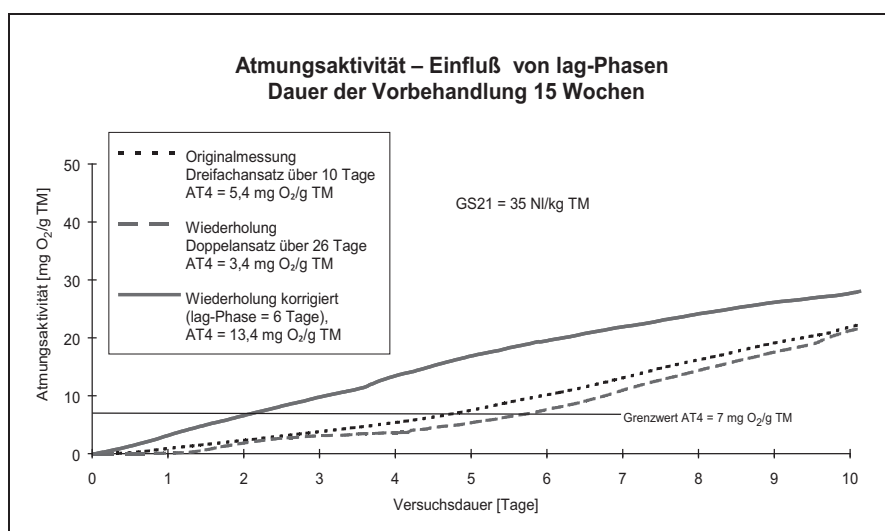


Abbildung 8. Einfluß einer lag-Phase auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung von MBA-Material (Behandlungsdauer 15 Wochen)

Die Darstellung des Atmungsaktivitätsverlaufes über 10 Tage läßt einen Anstieg der Reaktivität mit zunehmender Versuchsdauer vermuten (Abbildung 8). Aus diesem Grund wurde ein weiterer Doppelansatz (mit einer durch Tiefkühlen konservierten Probe) gestartet. Die strichlierte Kurve zeigt einen zur ersten Analyse ähnlichen Verlauf. Die Verlängerung der Versuchsdauer auf insgesamt 26 Tage zeigt, daß die Reaktivität ab dem 6. Versuchstag zunimmt. Bei rechnerischer Kompensation einer Adaptionphase von 6 Tagen (siehe volle Kurve) ergibt sich ein wesentlich höherer AT_4 -Wert ($AT_4 = 13,4 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$).

Nachforschungen in der betreffenden MBA-Anlage ergaben, daß während der biologischen Behandlung des Restmülls längere Zeitabschnitte mit Sauerstoffunterversorgung aufgetreten waren. Diese Milieubedingungen haben neben einer Stagnation des Abbaues offenbar auch zu einer Schädigung (Hemmung) der Mikroorganismen geführt, wodurch eine sehr lange „lag-Phase“ hervorgerufen wurde.

Aber nicht nur Adaptionphasen können zu Minderbefunden führen. Auch bei der Untersuchung eines 20 Wochen vorbehandelten Restmülls wurde eine Abweichung der Atmungsaktivität vom erwarteten Ergebnis festgestellt (Abbildung 9). Die gepunktete Kurve zeigt den Verlauf der Atmungsaktivität

der Originalprobe ($AT_4 = 5,8 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$). Über die Versuchsdauer von 11 Tagen ergab sich kein Hinweis auf Vorliegen einer lag-Phase.

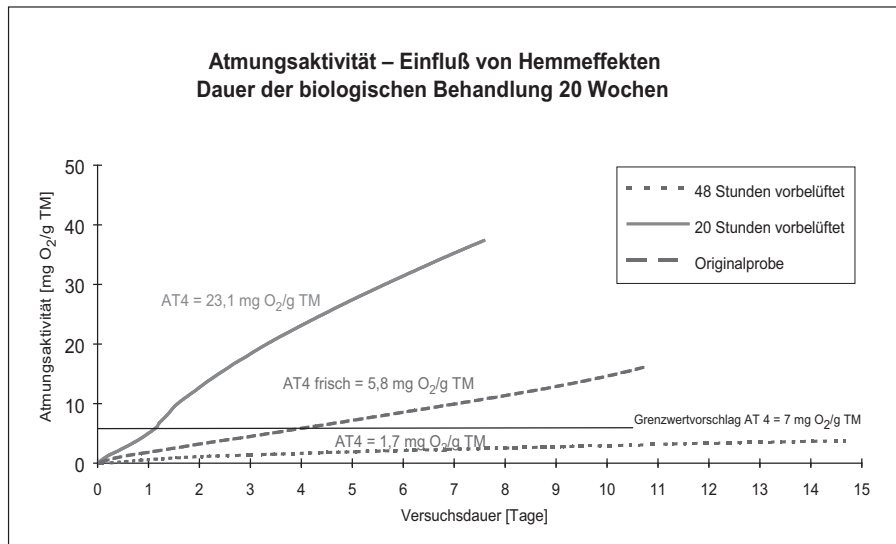


Abbildung 9. Einfluß einer Probenvorbelüftung auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung eines durch Hemmeffekte gestörten MBA-Materials (Behandlungsdauer 20 Wochen)

Aus den Untersuchungen von Widerin [9] ist bekannt, daß ein im Zuge der Probenaufbereitung durchgeführtes Trocknen zu deutlichen Minderbefunden führt. Da das im Labor eingelangte Material relativ trocken war ($WG = 26\%$), wurde eine Trockenstabilisierung des Materials während der Behandlung vermutet. Um die Lebensbedingungen für aerobe Mikroorganismen zu verbessern, wurde das Material auf einen günstigen Wassergehalt befeuchtet, in eine Aluminiumtasse gefüllt und durch Stehenlassen an der Raumluft über einen Zeitraum von 20 Stunden „vorbelüftet“ (bei Bedarf wurde das Material zwischendurch nachbefeuchtet). Die derart vorbelüftete Probe (volle Kurve) zeigt eine gegenüber der Originalprobe deutlich gesteigerte Atmungsaktivität ($AT_4 = 23,1 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$). Ein erneutes Austrocknen bei einer Vorbelüftungsdauer von 48 Stunden (punktierte Kurve) führt (trotz Wiederbefeuchtens vor dem Versuchsstart) erwartungsgemäß zu noch geringerer Atmungsaktivität ($AT_4 = 1,7 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$) als bei der Originalprobe.

Zur Abschätzung des Einflusses der Vorbelüftung auf die Sauerstoffverbrauchsraten im Sapromat wurden weitere Analysen durchgeführt. Vergleichend wurde kurz behandelte Restmüll (3 Wochen belüftete Rotteplatte) und ausreichend stabilisierter Restmüll (13 Wochen Behandlungsdauer in der selben Anlage) getestet. Als Dauer der Vorbelüftung wurden 2 bis 24 Stunden gewählt.

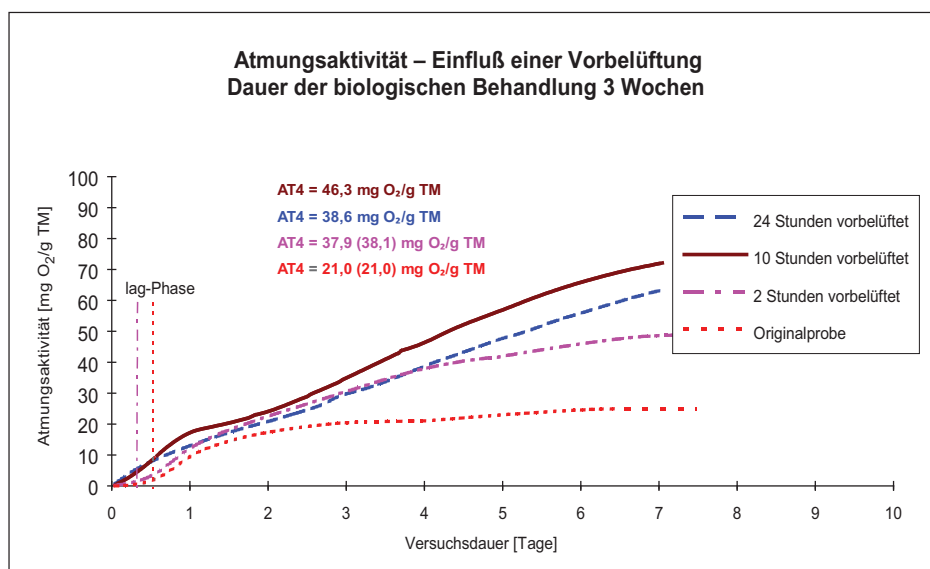


Abbildung 10. Einfluß einer Probenvorbelüftung auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung eines durch Hemmeffekte gestörten MBA-Materials (Behandlungsdauer 3 Wochen)

Während die Vorbelüftung beim kurz behandelten Material großen Einfluß auf die Atmungsaktivität hat (Abbildung 10), zeigt sich beim stabilen Material kein positiver, aber auch kein negativer Einfluß (Abbildung 11). Beim kurz behandelten Material zeigen bereits 2 Stunden Vorbelüftungsdauer (strichpunktiierte Kurve) einen Anstieg der Atmungsaktivität von $AT_4 = 21 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$ (Originalprobe = punktierte Kurve) auf $AT_4 = 38 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$.

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, daß ein rechnerisches Kompensieren der lag-Phasen bei beiden Ansätzen keine Veränderung des AT_4 -Wertes bewirkt (die Klammerwerte in Abbildung 10 sind jene ohne Kompensieren der lag-Phase). Grund dafür ist, daß die Aktivität bereits nach 4 Tagen stark abnimmt. Als Ursache für die Abnahme der Aktivität wird eine Hemmung der Mikroorganismen durch Stoffwechselprodukte vermutet (siehe dazu auch Ausführungen zu Abbildung 12). Durch Anheben der Vorbelüftungsdauer auf 10 Stunden (volle Kurve) werden lag-Phasen vermieden bzw. der Rückgang der Aktivität zumindest auf einen Zeitpunkt größer 7 Tage verschoben. Daß ein Vorbelüften über 10 Stunden keine Verfälschung der Analysenergebnisse (Minderbefunde) bewirkt, ist an dem 13 Wochen biologisch behandelten Material zu sehen (Abbildung 11). Die Originalprobe (punktierte Kurve) zeigt keinerlei Hemmeffekte. Die Vorbelüftung verringert die Atmungsaktivität nicht (bei 24 Stunden Vorbelüftung – siehe strichlierte Kurve – sind leichte Tendenzen zu einer Verringerung der Aktivität zu sehen). Eine Vorbelüftung sollte daher nicht

länger als 8 bis 10 Stunden dauern. Ein Austrocknen des Materials während der Vorbelüftung ist unbedingt zu verhindern.

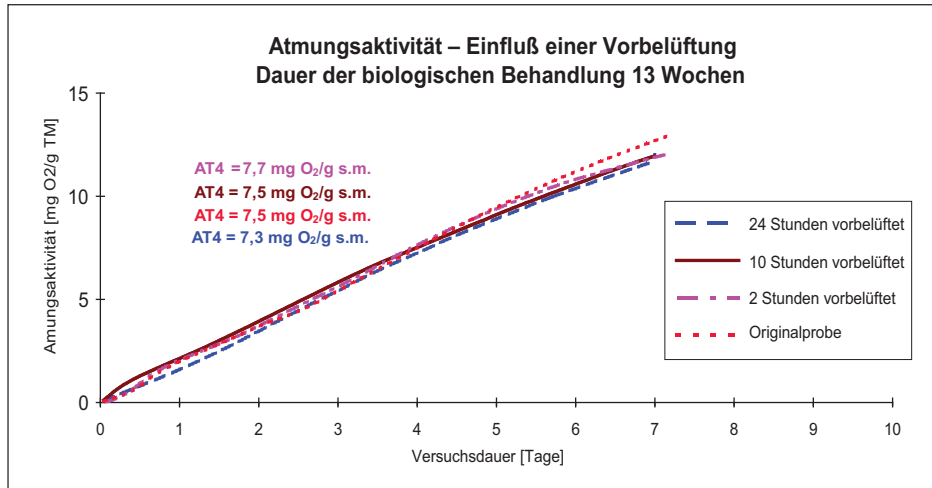


Abbildung 11. Einfluß einer Probenvorbelüftung auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung eines nicht durch Hemmeffekte gestörten MBA-Materials (Behandlungsdauer 13 Wochen)

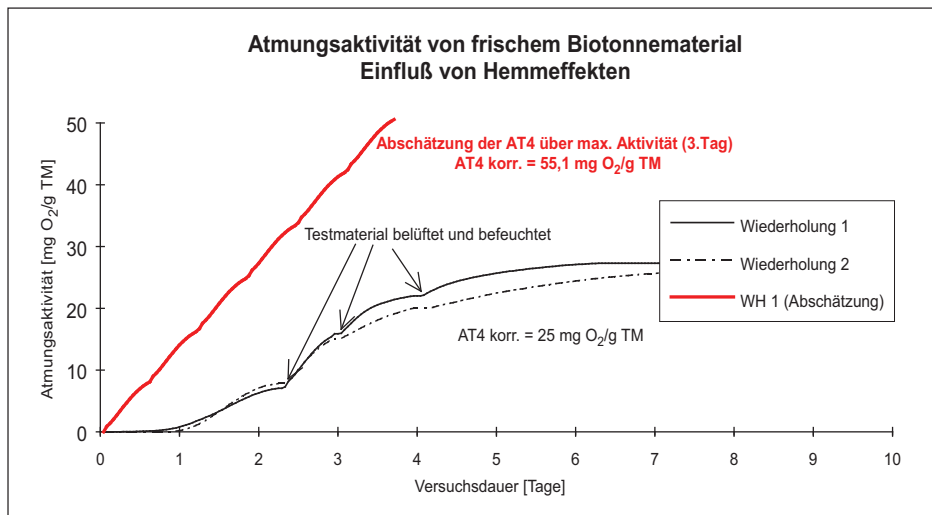


Abbildung 12. Einfluß ungünstiger Milieubedingungen auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung von frischem Bioabfall

Abbildung 12 zeigt den Verlauf der Atmungsaktivität eines Inputmaterials in eine Bioabfallkompostierungsanlage. Nach 2 Tagen Versuchsdauer kommt der

aerobe Abbau im Probengefäß zum Erliegen. Da ein Sauerstoffbedarf über der maximalen Nachlieferungsrate des Sapromat ausgeschlossen werden konnte, wurde auf ungünstige Milieubedingungen im Untersuchungsmaterial geschlossen. Aus diesem Grund wurde das Reaktionsgefäß geöffnet und 10 Minuten mittels Druckbelüftung gespült. Mit dem Luftstrom wurden die als Ursache der Hemmung vermuteten Stoffwechselprodukte ausgetrieben. Nach dem Wiederverschließen stieg die Atmungsaktivität für ca. 14 Stunden stark an. Dann war offensichtlich wieder eine zu hohe Konzentration an Stoffwechselprodukten erreicht, die durch neuerliche Druckbelüftung beseitigt werden mußte.

Ungünstige Milieubedingungen bzw. toxische Effekte können durch Zugabe leicht verfügbarer organischer Substanz (z.B.: Glukose) nachgewiesen werden (Abbildung 13). Im Rahmen eines Projektes wurde der Effekt einer aeroben Nachbehandlung auf die Reaktivität von Faulschlamm untersucht. Dazu wurde ausgefauter Klärschlamm im Labor 5 Tage aerob nachbehandelt. Unerwartet zeigt der aerob nachbehandelte Schlamm gesteigerte Reaktivität. Daher wurde bei beiden Varianten kurz vor Versuchsende Glukose zugesetzt. Während dies beim anaerob behandelten Schlamm (volle Kurve) keine Wirkung zeigt, steigt beim 5 Tage aerob nachbehandelten Schlamm (gestrichelte Kurve) die Aktivität an. Daraus ist zu schließen, daß durch die intensive Belüftung offensichtlich die Ursache der Hemmung beseitigt werden konnte.

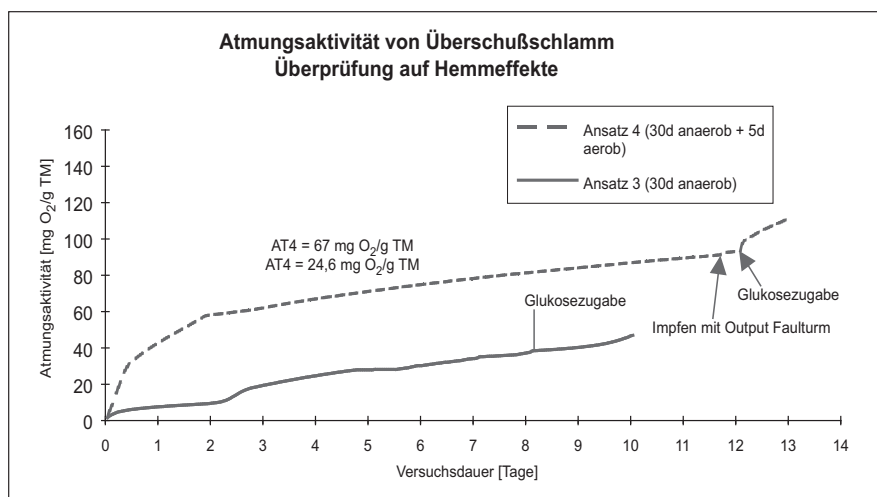


Abbildung 13. Einfluß hemmender bzw. toxischer Effekte auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung von anaerob bzw. anaerob/aerob behandeltem Überschussschlamm (Nachweis durch die Zugabe von Glukose)

3.2. Mehrbefunde bei der Bestimmung der Atmungsaktivität

Daß bei der Atmungsaktivitätsbestimmung mittels Sapromat auch Mehrbefunde möglich sind zeigt das folgende Beispiel. Alle biologischen bzw. chemischen Vorgänge die Unterdruck erzeugen (z.B.: Oxidation von Natriumsulfit) oder CO_2 freisetzen, werden vom beim Sapromat verwendeten Meßprinzip als Sauerstoffverbrauch interpretiert. Interessiert – wie bei der Überprüfung der Grenzwerte der Deponieverordnung – alleine der durch Abbau von Kohlenstoff verbrauchte Sauerstoff, müssen derartige Effekte erkannt bzw. ausgeschaltet werden.

Die strichpunktierte Kurve in Abbildung 14 zeigt den Verlauf der Atmungsaktivität eines kommunalen Überschussschlammes, der in Labortests alternierend aerob/anaerob behandelt wurde. Die Tests erfolgten im Flüssigmilieu unter ständigem Rühren. Die Atmungsaktivitätswerte ($\text{AT}_4 = 27,4 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$) überstiegen den an Hand der Gasspendensumme erwarteten Wert. In der Abwassertechnik ist es üblich, durch Zugabe von Alithioharnstoff (ATH) Nitrifikations- bzw. Denitrifikationsvorgänge auszuschalten. Diese Vorgangswiese führt bei der gegenständlichen Untersuchung zu einer deutlichen Verringerung der Atmungsaktivität (volle Kurve in Abbildung 14).

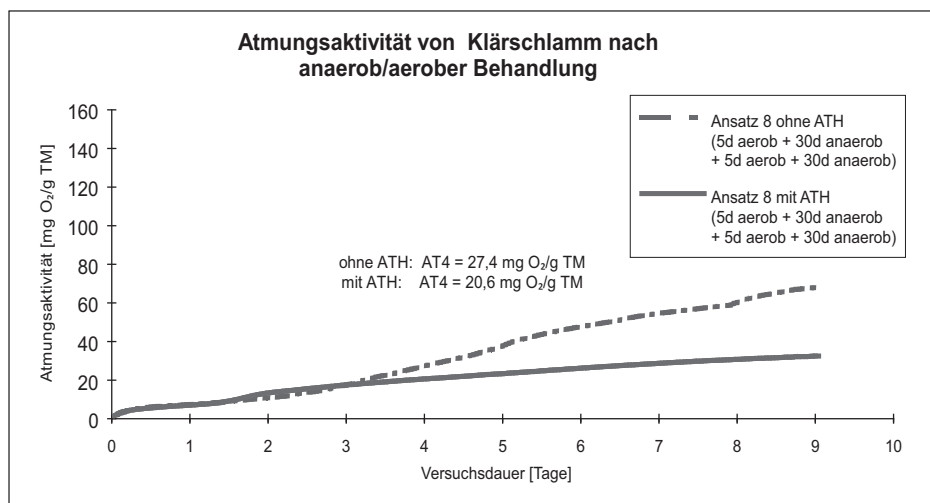


Abbildung 14. Einfluß von Vorgängen der Nitrifikation/Denitrifikation auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung von anaerob/aerob behandeltem Klärschlamm (Nachweis durch die Zugabe von ATH)

Eine Möglichkeit die durch chemische Reaktionen verursachte Unterdruckbildung zu erkennen, ist das „Vergiften“ des Probenmaterials. Der nach dem Vergiften gemessene Sauerstoffverbrauch resultiert aus chemischen Prozessen und muß

vom Gesamtverbrauch abgezogen werden. Am Beispiel einer Altlastenprobe (Schlamm einer Papierfabrik nach 10 Jahren Ablagerung in einer Deponie) wird dies in Abbildung 15 verdeutlicht. Der durch chemische Vorgänge hervorgerufene Anteil ist zwar im gegenständlichen Fall nicht groß, darf aber bei unbekanntem Proben als mögliche Ursache erhöhter Atmungsaktivität nicht außer acht gelassen werden.

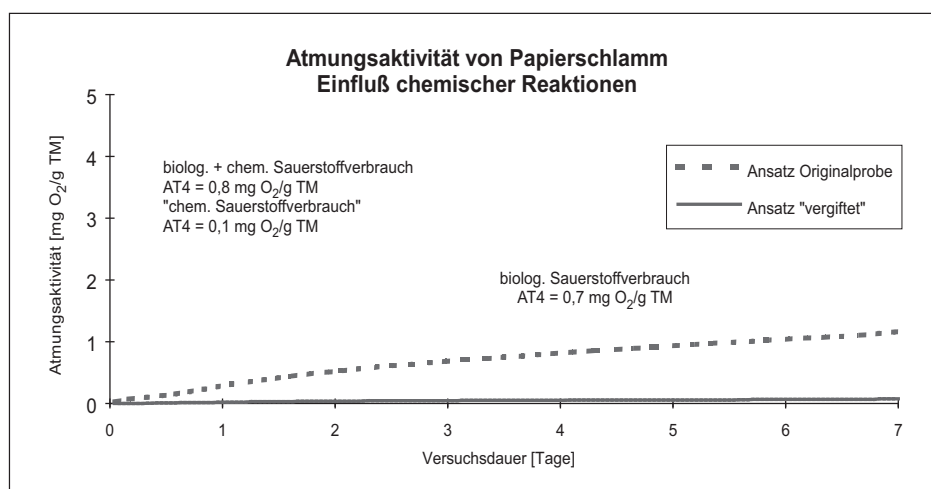


Abbildung 15. Einfluß einer durch chemische Reaktionen verursachten Unterdruckbildung auf das Meßergebnis der Atmungsaktivitätsbestimmung von 10 Jahre abgelagertem Papierschlamm (Nachweis durch „Vergiften“)

4. Zusammenfassung

In Deutschland und Österreich ist die Deponierung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen ähnlich geregelt. Wesentlichster Unterschied ist, daß in Deutschland der Anlagenbetreiber zum Nachweis der biologischen Stabilität Atmungsaktivität oder Gasbildung untersuchen lassen darf, während in Österreich beide Parameter zu bestimmen sind. Daß der nach österreichischer Gesetzeslage vorgeschriebene Mehraufwand durchaus sinnvoll ist, zeigen Untersuchungen bei denen die Atmungsaktivitätsbestimmung Minderbefunde lieferte.

Bei ausreichend stabilisiertem Restmüll treten in der Regel keine Minderbefunde auf. Bei Mängeln im Verlauf der biologischen Behandlung – z.B. Austrocknen des Materials durch zu intensive Belüftung, mangelhafte Sauerstoffversorgung – können lag-Phasen oder Hemmeffekte gravierende Minderbefunde hervorrufen. Da eventuell auftretende Mängel während der Behandlung dem Analytiker nicht bekannt sind, müssen bei „unbekannten“ Materialien aerober und anaerober Test parallel durchgeführt werden. Durch geeignete Probenaufbereitung (Vorbelüften

des Untersuchungsmaterials) können derartige Effekte zwar vermindert, aber nicht 100%-ig ausgeschlossen werden.

Bei reaktiven Materialien verfälschen manchmal lag-Phasen oder „Selbsthemmung“ das Meßergebnis. Durch Zugabe von leicht verfügbarem Kohlenstoff (z.B. Glukose) können Hemmeffekte erkannt, durch Intensivbelüftung des Probenmaterials sogar vermindert werden. Die sich nach Intensivbelüftung ergebenden Meßergebnisse erlauben jedoch nur eine grobe Abschätzung der Reaktivität.

In einigen Fällen – solche wurden allerdings bei MBA-Material bisher noch nicht nachgewiesen – wurden 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 Alithioharnstoff (ATH) bzw. Gift (Natriumacid) konnten derartige Effekte bei der Untersuchung von Klärschlämmen und Altlastenmaterialien erkannt bzw. rechnerisch kompensiert werden.

Literatura/Literaturverzeichnis

- [1] BGBl. II, Nr. 164/96, (1996): Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung).
- [2] BGBl. II, Nr. 39/08, (2008): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008).
- [3] Binner E., Zach A., Lechner P., *Stabilitätskriterien zur Charakterisierung der Endprodukte aus MBA-Anlagen, Forschungsprojekt am ABF-BOKU im Auftrag des BMLFUW*, 1999.
- [4] DIN 38414-8, *Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung – Schlamm und Sedimente (Gruppe S) – Bestimmung des Faulverhaltens (S8)*, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1985.
- [5] *Ringversuch für die Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen. Endbericht an das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*, IGW Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen, Witzenhausen 2004.
- [6] Ö-NORM S 2027-2, (2012) – Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung. Teil 2: Stabilitätsparameter – Gasspendensumme im Inkubationstest (GS21).
- [7] Ö-NORM S 2027-3, (2012) – Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung. Teil 3: Stabilitätsparameter – Gasbildung im Gärtest (GB21).
- [8] Ö-NORM S 2027-4, (2012) – Beurteilung von Abfällen aus der mechanisch-biologischen Behandlung. Teil 4: Stabilitätsparameter – Atmungsaktivität (AT4).
- [9] W i d e r i n M., *Ergebnisse von Atmungsaktivitätsmessungen mittels Sapromat*, [w:/in:] *Methoden zur Charakterisierung der biochemischen Stabilität von organischer Substanz*, Hrsg. P. Lechner, Waste Reports 1996, No 4, s. 34–43.

ERWIN BINNER

DETERMINATION OF RESPIRATORY ACTIVITY AND THE POTENTIAL
FOR GAS PRODUCTION – THE LATEST FINDINGS ON ERRONEOUS
INTERPRETATION

Keywords: MBT, biological reactivity, respiration activity, gas formation by incubation test.

In Germany and Austria landfill after mechanical-biological processing is regulated similarly (parameters, limit values). The essential difference is that in Germany to assess the biological stability simply one of the parameters or respiratory activity or the formation of gas need to be determined while in Austria marking is necessary for both parameters. The rationales for higher requirements by Austrian legislation are the results of respiratory activity, which led to the understated value.

Errors made during processing of biological materials such as dry because of too intense ventilation, insufficient supply of oxygen, can be a source of so-called. phase delay or inhibit the effects of which ultimately results in getting greatly understated results. In the case of highly reactive materials, long latency phase, or „self-inhibition“ can falsify the measurement results. Such inhibitory effects can be identified by adding easily obtainable carbon (such as glucose). Negative effects can be significantly reduced through proper preparation of the sample (initial ventilation of test material) but they can not be ruled out 100%.

Because it was proven that between GS21 and AT4 results exist very good correlation, biological test can be performed in parallel in anaerobic environmental conditions to identify undervalued as a result.