
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

*GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI**
*MACIEJ PACIORKOWSKI***
*JOANNA POLUSZYŃSKA****

Bestimmung der in dem Fermentationstest (GB21) oder Inkubationstest (GS21), erzeugten Gasmengen – Parameter die nicht in der polnischen Gesetzgebung, betreffend mechanisch-biologischer Verarbeitung von gemischten Kommunalabfällen, erfasst ist

Schlüsselwörter: mechanisch-biologische Verarbeitung, Abfälle, GS21, GB21.

Im Artikel, wurden die Parameter, die in Gesetzgebungen von Staaten die die mechanisch-biologische Abfallverarbeitung bevorzugen, am meisten für die Beurteilung des Verlusts der Fähigkeit des Stabilisats zum weiteren Zerfall eingesetzt werden, dargestellt. Es wurden auch die Untersuchungsverfahren des Sabilisats vorgestellt, die auf der Bestimmung der Biogasbildung im Inkubationsprozess (GS21) und Fermentationsprozess (GB21), beruhen. In der Schrift wurden auch Informationen gegeben, betreffend paralleler Laboruntersuchungen zur die Bestimmung der Parameter GS21 und GB21 der gleichen Stabilisatprobe und dem Vergleich der zwei Untersuchungsmethoden – die im Auftrag des Österreichischen Ministeriums für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, durchgeführt wurden.

* Dr., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych in Warszawa, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych in Opole.

** Mag., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych in Warszawa, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych in Opole.

*** Mag., Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych in Warszawa, Oddział Inżynierii Procesowej Materiałów Budowlanych in Opole.

1. Einführung

Auf dem Gebiet der Europäischen Union, gehören Österreich und Deutschland zu den Ländern, in denen seit Jahren als dominierendes Verfahren bei der Bewirtschaftung von Bioabfällen und Kommunalabfällen die Kompostierung und die mechanisch-biologische Verarbeitung ist [1]. Polen, nach dem Muster dieser Länder, hat auch als hauptsächliche Richtung in der Bewirtschaftung gemischter Kommunalabfälle die mechanisch-biologische Verarbeitung, gesetzt [2–3].

Die mechanisch-biologische Abfallverarbeitung beruht, in der ersten Phase auf der mechanischen Zerkleinerung, Durchsiebung, Sortierung, Klassifizierung und Separation, und hat das Ziel, die Zertrennung des gemischten Abfallflusses auf Fraktionen, die man materialmäßig oder/und für energetische Zwecke nutzen kann, oder auf eine biodegradierbare Fraktionen. Die biodegradierbare Fraktion unterliegt einer zweiten Verarbeitungsphase – der biologischen Verarbeitung, unter aeroben oder anaeroben Bedingungen. Das Ziel des biologischen Prozesses der Abfallverarbeitung ist, deren möglich schnelle Stabilisierung, in Folge derer, unterliegt die organische Fraktion einer Mineralisierung. Die organische Fraktion wird teilweise mineralisiert, und teilweise umgewandelt in eine neue mehr stabile organische Fraktion (sog. Stabilisat) und die Fähigkeit der Fraktion zur weiteren Zersetzung im aeroben oder anaeroben Prozess wird begrenzt. Also der Effekt des mechanisch-biologischen Abfallverarbeitungsprozesses ist die Reduktion der Masse und des Volumen der Abfälle, die bis dahin auf Lagern deponiert waren, und Begrenzung der Methan Emission (der zu den Treibhausgasen zählt) – die ein Effekt des Zerfalls der organischen Abfallfraktion ist [4].

Das während dem Prozess der biologischen Abfallverarbeitung entstandene Stabilisat, ist hauptsächlich zur unschädlich Machung, durch Lagerung auf Abfalllagern für andere als gefährliche und neutrale Abfälle, bestimmt. Um das Stabilisat auf Lagern deponieren zu dürfen, muss der biologische Verarbeitungsprozess so geführt werden, dass das Stabilisat bestimmten Anforderungen entspricht.

Die hauptsächlichen Parameter, die sich wiederholend, in den Gesetzgebungen der Länder, die seit Jahren die mechanisch-biologische Abfallverarbeitung einsetzen (z.B. Österreich und Deutschland), und die eine Deponierung des Stabilisat auf Lagern zulässt, ist die Bestimmung der Grenzwerten:

- Verbrennungswärme;
- Atmungsaktivität AT₄ in mg O₂/g TM¹ – bestimmt unter aeroben Bedingungen;

¹ Aus Gründen der mehrmaligen Berufung auf die Gesetzgebung in Polen, Deutschland und Österreich [Lit. Pos. Nr. 5–9], werden in dieser Schrift nicht die SI Einheiten benutzt, aber gewohnheitsmäßige Messeinheiten, die einheitlich in allen oben zitierten Dokumenten vorkommen.

- Biogasbildungspotential – durch Bestimmung des Parameters GS21 (Inkubationsprozess) oder GB21 (Fermentierungsprozess) – in l_n/kg TM – bestimmt unter anaeroben Bedingungen;
- Inhalt von organischem Kohlenstoff – in % TM, und /oder in Eluens – in mg/l [5–6].

Aus diesem Bereich von unendbärlchen Parametern zur Bestimmung des Stabilisats, kann man sehen, dass so wohl in Deutschland, wie auch in Österreich man anerkannt hat, dass für die Beurteilung des Verlusts der Fähigkeit zur weiteren Zerfall des Stabilisats – die entsprechende Parameter, unter aeroben Bedingungen – die Atmungsaktivität (AT4) und unter anaeroben Bedingungen – die Bestimmung des Gasbildungspotential des Biogases im Inkubationsprozess (GS21) oder im Fermentierungsprozess (GB21). In beiden Ländern, bestimmte man die Grenzwerte für das Gasbildungspotential (unabhängig von dem Prozess) auf dem gleichen Niveau, d.h. $20 l_n/kg$ TM. Es gibt aber Diverenzen in der Gesetzgebung der beiden Länder. In Österreich sind die Parameter AT4 und GS21 oder GB21 obligatorisch zu bestimmen, dagegen reicht es in Deutschland einen von den Parametern (AT4 oder GB21), der die Grenzanforderungen erfüllt [5–6].

Im vorbereiteter polnischer Gesetzgebung (Vorlage der Verordnung des Umweltministers vom 7 Mai 2012 betreffend mechanisch-biologischer Abfallverarbeitung von gemischten Kommunalabfällen, der zur technischen Notifikation der Europäischen Kommission übergeben wurde) wird die Atmungsaktivität (AT4) der einzige Parameter sein, der zur Beurteilung des Verlustes der Fähigkeit zum weiteren biologischen Zerfall des Stabilisat, berücksichtigt wird, die auch zusätzlich vorgeschlagen wird zu Bestimmung – als alternativ. Die Frage der Bestimmung des Biogaspotential (Parameter GS21 oder GB21) wurde gänzlich fortgelassen [7].

Die Bestimmung des Gasbildungspotential des Biogas im Inkubationsprozess (GS21) oder Fermentierungsprozess (GB21), beruht auf der Bestimmung des trockenen Biogases oder vorteilhafter des Methan (unter normalen Druck – und Temperaturbedingungen), das aus einer Masseneinheit (kg TM) des eingeführten Substrats erzeugt wurde, im Zeitraum von 21 Tagen.

2. Bestimmung der Gaserzeugung im Fermentierungsprozess – Bestimmung des Parameters GB21 [8]

Das Verfahren zur Bestimmung des Parameters GB21 dient zur laboratorischer Bestimmung des Niveaus der Gaserzeugung im Fermentierungsprozess des geimpften Materials – Stabilisat, nach mechanisch-biologischer Verarbeitung, binnen 21 Tagen. Die Untersuchungsprozedur wurde auf Grund Österreichischer

Gesetzgebung, nach Vornorm Önorm S 2027-3 vom 1 Oktober 2004, beschrieben.

Zur Bestimmung der Eigenschaften des im Fermentierungsprozess erzeugten Gas, bedient man sich mit der Apparatur aus Bild 1.

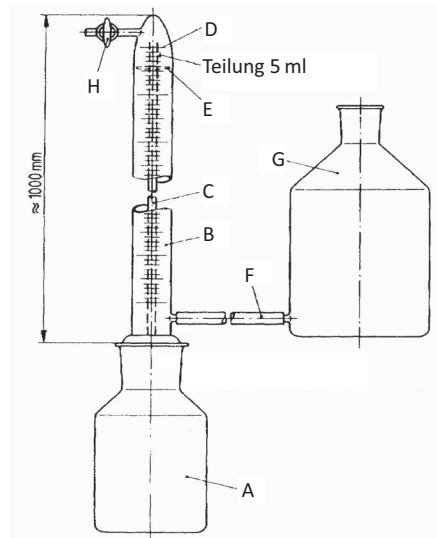


Bild 1. Laborapparatur zur Bestimmung von Eigenschaften des im Fermentierungsprozess erzeugten Gases (GB21) [8]

Die Laborapparatur zur Bestimmung der Eigenschaften des im Fermentierungsprozess (GB21) erzeugten Gases, besteht aus einem eudiometrischen Rohr (B) von einem Volumen von 300 ml bis 400 ml, geteilt von oben nach unten (Teilung 5 ml). Das eudiometrische Rohr ist auf einer Flasche (A), von einem Inhalt von 500 ml angebracht. Aus dem Boden des eudiometrischen Rohr führt ein Verbindungsrohr (C) zum Sammelgefäß. Die Flüssigkeit in dem Eudiometer wird ausgedrückt, und um den Differenzdruck auszugleichen bewirkt durch Vergrößerung des Gasvolumens in der ganzen Anordnung – was die Bestimmung des Gasvolumens erlaubt. Das Verbindungsrohr zwischen Flasche und eudiometrischem Rohr ist in Position mit kleinen gläsernen Stäbchen (E) gehalten. Im unteren Teil des eudiometrischen Rohrs befindet sich ein dünnes Verbindungsrohr (F), das zum Sammelbehälter (G), aus Glas oder Kunststoff von minimaler Fassung 750 ml, führt. Im oberen Teil des eudiometrischen Rohres ist ein Hahn (H) angebracht, der zur Gasprobenabnahme dient, und auch eine Markierung zur Bestimmung des Nullpunkts (D).

Die Messapparatur sollte im Raum oder einer Kammer von stabiler Temperatur 35°C, gehalten mit einer Genauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$, untergebracht werden.

Alternativ kann man den Behälter (A) im Wasserbad von stabiler Temperatur 35°C, stabil gehalten mit einer Genauigkeit von $\pm 1^\circ\text{C}$, unterbringen.

Die Probe, die die Basis für die Messung darstellt (eine Fraktion unter 20 mm), muss feucht gehalten werden. Ein Teil der Probe mit einer Masse von min. 100 g (bestimmt mit Genauigkeit bis 0,1 g), muss abgetrennt werden um die Feuchtigkeit zu bestimmen. Die Feuchtigkeit wird in % angegeben, nach Trocknung der separierten 100 g Probe in 105°C, stabil gehalten mit $\pm 3^\circ\text{C}$, und durch Vergleich der Massen, vor und nach der Trocknung, bestimmt.

Bei der Bestimmung der Menge und der Eigenschaften des erzeugten Gases im Fermentierungsprozess, wird die untersuchte Probe geimpft. Zur Impfung nimmt man häufig entsprechend vorbereiteten, durch fermentierten Klärschlamm aus dem Klärwerk.

Die Vorbereitung der Probe beruht auf der Vermischung von ca. 50 g der untersuchten Probe mit 50 ml, entsprechend aufbereiteten, durch fermentierten Klärschlamm aus dem Klärwerk. Die so erhaltene Mischung, ergänzt man mit Wasser, um 300 ml Lösung zu erhalten. Mit dieser Lösung füllt man die Flasche (A). Die in der Flasche befindliche Luft entfernt man mit Stickstoff und man setzt das eudiometrische Rohr (B) auf die Flasche. Mit dem Sammelgefäß (G) vergrößert man die Menge der Flüssigkeit so, dass der Nullpunkt (D) erreicht wird – durch öffnen des Hahns (H). Die Flasche (A) mit der Probe darf nur im verdunkelten Raum gehalten werden.

Bei jedem Ablesen des Gasvolumen in dem eudiometrischen Rohr (B), wird auch die Lufttemperatur und der Luftdruck gemessen, so dass man das Gasvolumen auf den normalen Zustand umrechnen kann. Das Flüssigkeitsniveau soll man, in Abhängigkeit von der Menge des erzeugten Gases – senken, durch das öffnen des Hahns – bis zum Nullniveau. Dieser Vorgang muss vorsichtig durchgeführt werden, dass keine Luft durch den Hahn eindringt.

Neben der Untersuchung der geimpften Abfallprobe, nach mechanisch-chemischer Verarbeitung, unentbehrlich ist die parallele Durchführung von Kontrolluntersuchungen, des entsprechend aufbereiteten, durch fermentierten Klärschlamm aus dem Klärwerk, der als Impfmittel dient. Kontrolliert muss und auch de erzeugte Referenzklärschlamm (Referenzabsatz). Der Referenzabsatz ist zur Kontrolle der Aktivität des zur Impfung nötigen, entsprechend aufbereiteten und durch fermentierten Klärschlamm, erforderlich. Den Referenzschlamm gewinnt man durch verteilen von 1 g mikrokristallinischer Zellulose in 50 ml, entsprechend aufbereiteten, durch fermentiertem Klärschlamm aus dem Klärwerk, und folgend durch Zugabe von Wasser, bis zum Erreichen einer fertigen Lösung von 300 ml. Die so vorbereitete Lösung (Referenzschlamm) unterliegt den identischen Untersuchungen, wie die, oben beschriebenen, Untersuchungen der Probe aus mechanisch-biologischer Verarbeitung. Sollte binnen 21 Tagen die

erzeugte Gasmenge von 400 ml (im Normalzustand) pro 1 g mikrokristallinische Zellulose, nicht erreicht werden, muss man annehmen dass der durchfermentierte Klärschlamm, der zur Impfung genutzt wurde, nicht zur Durchführung des Fermentierungstests geeignet ist.

Außer Untersuchungen des Referenzabsatzes, hat man auch parallele Analysen, des entsprechend vorbereiteten durchfermentierten, Absatz aus dem Klärwerk, der zur Impfung genutzt wird, durch zuführen. Diese Untersuchung stellt den Ausgangspunkt dar, d.h. die Menge des erzeugten Gases, aus nur dem entsprechend Vorbereiteten durchfermentiertem Klärschlamm, der zur Impfung eingesetzt wird. Für die Vorbereitung der Probe, gibt man zu 50 ml des zur Impfung vorgesehenen Klärschlammes, so viel Wasser zu, um 300 ml Lösung zu erreichen. Diese Lösung wird folgend so untersucht wie die, oben beschriebene Abfallprobe aus der mechanisch-biologischen Verarbeitung.

Berücksichtigt man die Anforderungen, laut Normativ der österreichischen Vornorm Önorm S 2027-3, vom 1 Oktober 2004, soll man parallele Untersuchungen durchführen für:

- Proben von Abfällen nach mechanisch-biologischer Verarbeitung – 3 Untersuchungen,
- Referenzabsatz – 2 Untersuchungen,
- durchfermentierten Klärschlamm aus dem Klärwerk, der zur Impfung eingesetzt wird – in 2 Untersuchungen.

Der oben beschriebene Untersuchungsprozess muss für alle Proben überwacht werden. Wenigstens einmal am Tag hat man die Gasmenge abzulesen, die Lufttemperatur im Raum und den Luftdruck. Im Fall intensiver Gasbildung, werden die Parameter mehrmals am Tag abgelesen. Falls das Gefäß (A) in Wasserbad unterbracht ist, kontrolliert man die Wassertemperatur und den Wasserstand (aus Gründen der Abdämpfung sollte man das Wasser nachfüllen).

Obwohl die beschriebene Untersuchungsmethode zur laboratorische Bestimmung des Gasniveaus im Fermentierungsprozess in 21 Tagen dient, dauert der ganze Untersuchungsprozess länger. Die ganze Untersuchungszeit besteht aus der sog. *lag-Phase* (Verzögerungsphase) und der 21-tägigen Beurteilungszeit. Um die *lag-Phase* fest zu legen, bestimmt man jeden Tag (x) der Untersuchung in der gleichen Tageszeit, den Mittelwert des Gases in ml/kg TM. Die Untersuchung führt man während 3 Tagen durch. Mit den Ergebnissen dieser Untersuchung, werden die Mittelwerte aus den Tagen x-1, x, und x+1 verglichen. Folgend wird der Tag bestimmt, in dem 25% des maximalen Mittelwerts aus 3 Tagen, immer überschritten wurde. Dieser Tag bedeutet das Ende der *lag-Phase*. Mit dem folgenden dem Tag fängt die 21-tägige Beurteilungszeit an. Das Gasvolumen,

das in der *lag-Phase* erzeugt wurde, muss von der gesamten Gasmenge der ganzen Untersuchung subtrahiert werden (Verzögerungsphase + 21 Tage). Das Untersuchungsergebnis gibt man in l_n/kg TM an. Man gibt den Mittelwert an, so wie auch die Abweichungen von dem Mittelwert in %, aus allen Untersuchungen. Falls eines der Werte, 20% des Mittelwertes überschreitet sollte man diesen Wert eliminieren. Die Berechnung des neuen Mittelwertes erfolgt aus den zwei Berechnungen der übrigen Werte. Falls zwei Werte um 20% den Mittelwert überschreiten, soll man vom neuen die Mittelwerte der einzelnen Absätze bestimmen.

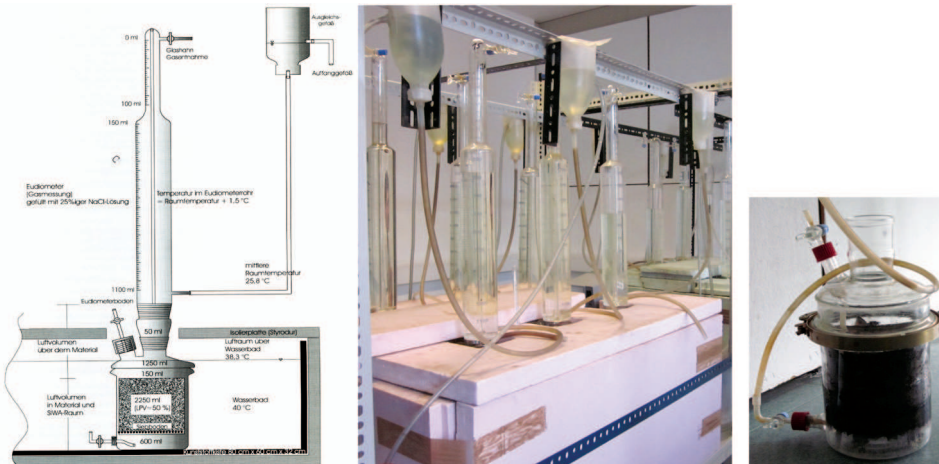
Die Untersuchungsergebnisse für den Referenzabsatz, wie auch für den durch fermentierten Klärschlamm, der zur Impfung genutzt wird, werden so angegeben, wie die Ergebnisse der Analyse des Stabilisats.

Wichtig ist es, am Anfang und am Ende der Untersuchung die Reaktion pH zu bestimmen. Sollte am Ende der pH Wert 8,2 überschreiten oder sollte er kleiner als 6,8 betragen, unterlässt man dieses Ergebnis. Falls der pH Wert, bereits am Anfang der Untersuchung, nicht in dem oben angegebenen Bereich liegt, kann man der Lösung Natronlauge, Kaliumlauge, oder Salzsäure zugeben, so dass der pH Wert zwischen 7,5 und 8,0 erreicht wird. Diese Aktion sollte allerdings dokumentiert werden.

3. Beschreibung der Gaserzeugung im Inkubationsprozess – Bestimmung des Parameter GS21 [9]

Das Bestimmungsverfahren von Gasen im Inkubationsprozess wird im Labor zur Beurteilung der biologischen Reaktivität von Abfällen, unter anaeroben Bedingungen genutzt, durch die Bestimmung der, in 21 Tagen erzeugten, gesamten, Gasmenge. Während dem Experiment werden Prozesse abgebildet, die in dem Abfalllager stattfinden. Die Bestimmung der gesamten Gasmenge, erfolgt auf der Basis der Messung der erzeugten Gase und wird (so wie bei dem Fermentationstest GB21) in l_n/kg TM angegeben. Ähnlich wie im Fall der Bestimmung des Parameters GB21, zur Beschreibung der Untersuchungsprozedur, wurde das österreichische Normativ – Vornorm Önorm S 2027-2 vom 1 Oktober 2004, herangezogen.

Zur Bestimmung der Eigenschaften des erzeugten Gases im Inkubationsprozess wird die, auf Bild 2, dargestellte Apparatur genutzt.



Fot. G. Siemiatkowski (b-c).

Bild 2. Laborapparatur zur Bestimmung des Potentials von Biogas im Inkubationsprozess (GS21): a) Apparatschema [9], b) Beispiel für den Laborstandort, c) Reaktionsgefäß

Die Bestimmung des Gasbildungspotentials des Biogases im Inkubationsprozess (Inkubationstest GS21) wird im dichten, gläsernen Reaktionsgefäß, mit siebartigen Boden und gläsernem Hahn, zur Abführung von Kondensat (Infiltrationswasser), durchgeführt. Das Gefäß kann 2,5 l, des untersuchten Materials unterbringen. In dem Abschluss des Gefäßes befindet sich ein nächster gläserner Abschlusshahn, durch welchen man Wasser einführen kann. Für die Bestimmung von GS21 ist eine Zugabe oder Abnahme von Wasser nicht unentbehrlich. Es ist aber behilflich bei der Beurteilung der Umgebungseigenschaften, während der Untersuchung – was wichtig ist, im Fall längerer Untersuchungen. Der Deckel des Reaktionsgefäßes ist mit Schnellschlussklammern versehen. Um die Gasmenge, während dem Inkubationsprozess zu sammeln und bestimmen, befindet sich in der Abdeckung des Gefäßes ein sog. Schliffanschluss, wo das Eudiorohr angeschlossen wird. Das Eudiorohr wird mit Sperrflüssigkeit gefüllt. Das im Reaktionsgefäß erzeugte Gas drückt die Sperrflüssigkeit im vertikalen Rohr in das fest montierte Ausgleichsgefäß. Das Eudiorohr hat zwei Durchmesser, dank derer entstehen zwei Ablesungsbereiche. Der obere Ablesungsbereich – für kleine Gasmengen, der Größenordnung ca. 100 ml – ausgerüstet mit einer Skala zur Ablesung mit einer Genauigkeit von 1 ml. In dem unteren Ablesungsbereich von einem Volumen von fast 1 l, kann man das Ergebnis mit einer Genauigkeit von 10 ml ablesen. Über den gläsernen Hahn, der an dem oberen Ende des Eudiorohrs eingebaut ist kann man Gasproben entnehmen und mit Hilfe von Geräten die Mengenmessung von erzeugten Lagerungsgase oder auch mittels Gaschromatograph, Analysen – durch zuführen, unter dem Gesichtspunkt der Inhalte von CO_2 , CH_4 und O_2 .

Das beschriebene Reaktionsgefäß ist im Wasserbad getaucht. Jeder abgelesener Gasmenge, entspricht eine bestimmte Höhendifferenz, im Verhältnis zu dem Flüssigkeitsspiegel der Sperrflüssigkeit im Ausgleichgefäß. Das ermöglicht die Kompensierung des Einflusses vom veränderlichen Druck im inneren des Eudiorohrs. Bei jedem Ablesen (in Abhängigkeit von der Intensität der Gasausscheidung – manchmal mehrmals am Tag) wird die Raumtemperatur notiert und der Luftdruck, was weiter die Umrechnung der Messergebnisse, auf den Normalzustand ermöglicht.

Die Untersuchung wird geführt unter Einhaltung folgender Parameter:

- Temperatur des Wasserbads ist konstant und beträgt 40°C ,
- mittlere Temperatur des Raumes beträgt $25,8^{\circ}\text{C}$,
- die Temperatur des Eudiometer ist um $1,5^{\circ}\text{C}$ höher als, die des Raumes,
- die Temperatur in der Materialprobe ist gleich der des Wasserbads,
- die Temperatur über dem Probenmaterial (im Bereich der Abdeckung) ist um $1,7^{\circ}\text{C}$ niedriger als die Wasserbadtemperatur und beträgt $38,3^{\circ}\text{C}$,
- das Porenvolumen des untersuchten Materials beträgt 50%.

Die Probe die die Basis der Untersuchung darstellt (eine Fraktion unter 20 mm, hält man in feuchtem Zustand, in dem so viel Wasser zugeführt wird bis die Wasseraufnahmefähigkeit ausbleibt. Ein Teil der Probe von einer Masse Minimum 100 g (abgewogen mit einer Genauigkeit von 0,1 g) separiert man um den Wassergehalt zu Bestimmen. Den Wassergehalt gibt man in % an, nach der Trocknung der ausgesonderten Probe von 100 g in 105°C (stabil gehalten mit $\pm 3^{\circ}\text{C}$) und dem Vergleich der Massen vor und nach der Trocknung.

So vorbereitete Probe des feuchten und leicht verdichteten Materials unterbringt man im 2,5 l Reaktionsgefäß bis zu 1 cm Höhe unter dem Rande des Gefäßes. Die Masse wird durch Wägen bestimmt. In Abhängigkeit von den Wasseraufnahmemöglichkeiten und der Dichte des Materials entfällt so ca $800 \div 1500$ g getrockneter Masse pro Reaktionsgefäß. Das Reaktionsgefäß wird abgedeckt und das Eudiorohr angebracht (aufgesteckt): Das dicht geschlossene Reaktionsgefäß wird in das Bad getaucht. Das Eudiorohr verbindet man mit dem Ausgleichbehälter und füllt mit 150 ml Sperrflüssigkeit. Nach ca 24 Stunden wird das Eudiorohr bis zur obersten Skalenstrich. Diese Vorgehensprozedur ermöglicht einerseits die Prüfung der Anordnung auf Dichtheit, und andererseits vermeidet man, dass durch die Entstehung eines kleinen Unterdrucks im System, eine Ansaugung der Sperrflüssigkeit in das Reaktionsgefäß erfolgt, was wieder eine Versalzung und so eine Störung des biologischen Prozesses hervorrufen könnte.

Ähnlich wie im Fall des Fermentationstests, obwohl die beschriebene Untersuchungsmethode zur laboratorischen Bestimmung des Niveaus der Gaserzeugung

im Inkubationsprozess binnen 21 Tagen dient, dauert der Untersuchungsprozess länger. Die komplette Untersuchungszeit besteht denn aus der eventuellen sog. *lag-Phase* und der 21 Tage Beurteilungszeit. Zur Bestimmung der Dauer der *lag-Phase*, wird die tägliche mittlere Menge des erzeugten Gases pro Stunde, in ml/kg TM, ermittelt. Folgend ermittelt man den Tag, in dem die Gaserzeugung stetig um 33%, den täglichen, maximalen mittleren Gasmengewert überschreitet. Dieser Tag stellt das Ende der Vorbereitungsphase, und mit dem nächsten Tag fängt die 21-tägige Beurteilungszeit an. Das während der *lag-Phase* wird nicht bei der Berechnung des GS21 berücksichtigt. Falls das in der *lag-Phase* erzeugte Gasvolumen mehr als 10%, des ganzen Gases im Prozess, beträgt – muss das im Rechenschaftsbericht dokumentiert werden. Grundsätzlich sollte man für jede Probe eine Wiederholungsuntersuchung durchführen. Falls die Ergebnisse von einander mehr als 10% abweichen, sollte man die Untersuchung von neuem durchführen.

Der obenbeschriebene Untersuchungsprozess muss überwacht werden. Mindestens einmal täglich werden parallel, die Menge des erzeugten Gases, Lufttemperatur im Raum, und Luftdruck abgelesen. Im Fall intensiver Gaserzeugung muss man die Parameter ablesen und notieren par mal am Tag und anschließend summieren für den ganzen Tag. Auf Grund der Messungen kann man die Gasmengen auf den normalen Zustand umrechnen. Zusätzlich sollte man einmal täglich auch die Wasserbadtemperatur messen und etwaig die Wassermenge ergänzen. Die Ergebnisse werden in l_n/kg TM angegeben, mit Genauigkeit von 2 Ziffern nach dem Komma. Der Wert soll als mittlerer Wert aus zwei Messungen berechnet werden – in %.

Sehr wesentlich ist auch, dass am Anfang und am Ende der Untersuchung mittels Eluens (Probe:Wasser = 1:10) die Messung der Leitfähigkeit und der Reaktion pH, durchgeführt wird. So kann festgestellt werden, ob auf die Messergebnisse keine fälschende Einflüsse, der äußeren Umwelt hatten (Versäuerung, Einbruch der Sperrflüssigkeit). Falls am Ende der Untersuchung der pH Wert niedriger als 6,8 oder höher als 8,2 liegt, darf das Ergebnis der Untersuchung nicht berücksichtigt werden.

4. Laborparalleluntersuchungen im Bereich der GS21 und GB21 Parameterbestimmung

Das Österreichische Ministerium für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, hat eine Laborparalleluntersuchungen im Bereich der GS21 und GB21 Parameterbestimmung, betreffend der gleichen Stabilisatprobe, in Auftrag gegeben. Die für die Untersuchung, vorbereiteten Proben, mit den gleichen Parametern, wurden als völlig stabilisiert beurteilt, nach dem mechanisch-biologischen Verarbeitungsprozess. Im Fall der GB21 – Untersuchung,

zur Kontrolle der Aktivität, des zur Impfung genutzten, speziell vorbereiteten, durchfermentierten Klärschlamm aus einem Klärwerk, wurde auch der gelieferte Referenzabsatz untersucht.

In den Laborparalleluntersuchungen zur Bestimmung des Parameters GS21, nahmen vier Labors teil. Eines der Labors, deren Untersuchungsergebnisse erheblich, von den anderen abstanden (als abstehendes Element), wurde aus den Untersuchungen ausgeschlossen. Nach der Eliminierung der „abstehenden Elementen“, betrug der Mittelwert der Ergebnissen – 30,4 l_n/kg TM.

In den Laborparalleluntersuchungen zur Bestimmung des Parameters GB21, nahmen zwölf Labors teil. Fünf Labors, deren Untersuchungsergebnisse erheblich, von den anderen abstanden (als abstehendes Element), wurden aus den Untersuchungen ausgeschlossen. Nach der Eliminierung der „abstehenden Elementen“, betrug der Mittelwert der Ergebnissen – 30,5 l_n/kg TM. Die Standardabweichung betrug 2,8 l_n/kg TM [8–9].

In Folge der durchgeführten Laborparalleluntersuchungen ergaben sich die erreichten mittleren Ergebnisse, von der gegebenen, selben Stabilisatprobe im Inkubationstest (GS21) und im Fermentierungstest (GB21) so angenähert, dass in der österreichischen Gesetzgebung, beide Untersuchungsmethoden als gleichwertig angesehen wurden. Trotz der Gleichwertigkeit der zwei Tests, wird in Österreich mehr der Test, der auf dem Inkubationsprozess (GS21) [8–9], basiert bevorzugt. Die Ursache der Bevorzugung ist die zur Untersuchung notwendige, Probenmasse. Bei der Beurteilungsprozess von Abfällen, nach mechanisch-biologischer Verarbeitung zur Durchführung des Inkubationstests (gem. Vornorm Önorm S 2027-2 vom 1 Oktober 2004) wird eine Stabilisatprobe von ca. 0,8÷1,5 kg gebraucht, während zur Durchführung des Fermentierungsprozesses (gem. Vornorm Önorm S 2027-3 vom 1 Oktober 2004) zur Untersuchung eine Probe von einer Masse, von nur 50 g nötig ist. Auf Grund der Differenz der Probenmassen zur Analyse wird der Inkubationstest, als weniger anfällig gegen Einflüsse, von Seite der etwaig nicht repräsentativen Probe, gesehen.

Biogasbildungspotential, mit dem Fermentierungstest GB21, für eine Außer dem, laut der österreichischen Rechtsordnung, um den Stabilisatprobe zu bestimmen, müssen sieben parallele Untersuchungen durchgeführt werden:

- 3 Untersuchungen der eigentlichen Stabilisatprobe,
- 2 Untersuchungen des Referenzabsatzes,
- 2 Untersuchungen des durch fermentierten Klärschlamm aus dem Klärwerk, der zur Impfung benutzt wird.

Im Fall der Bestimmung des Biogasbildungspotentials für eine Stabilisatprobe bei Einsatz des Inkubationstests GS21, gem. Österreichischer Gesetzgebung, sind zwei parallele Untersuchungen notwendig, d.h. zwei Untersuchungen

der eigentlichen Stabilisatprobe. Nicht ohne Bedeutung ist auch der einfachere Untersuchungsprozess.

Bei Berücksichtigung des oben gesagte, ist die Durchführung des Inkubationstests GS21 viel billiger, im Verhältnis zum Fermentierungstest GB21, was bei gleicher Wichtigkeit der beiden Untersuchungsmethoden eine große Rolle für die Ökonomie, bei der Betreibung des mechanisch-biologischen Abfallverarbeitung, spielt.

5. Resümee

In den Ländern, wie Österreich und Deutschland, ist die mechanisch-biologische Abfallverarbeitung ein dominierendes Verfahren zur Begrenzung der Masse und des Volumen der Kommunalabfälle, die bisher auf Abfalllagerstätten deponiert wurden, und zur Begrenzung der Methanemission in die Atmosphäre. In diesen beiden Ländern wurde anerkannt, dass zur Beurteilung des Verlusts der Fähigkeit zur weiteren biologischen Zersetzung von Abfällen, nach dem Prozess der mechanisch-biologischen Verarbeitung (des sog. Stabilisats), die entsprechende Parameter sind: unter aeroben Bedingungen – die Atmungsaktivität (AT4) und unter anaeroben Bedingungen – die Bestimmung des Biogasbildungspotentials im Inkubationsprozess (GS21) oder im Fermentierungsprozess (GB21).

In Polen hat der Gesetzgeber vorgeschlagen, die Möglichkeit der Verifizierung des Verlusts der Fähigkeit zum weiteren biologischen Zerfall von Abfällen, lediglich unter aeroben Bedingungen, d.h. durch die Bestimmung des Parameter AT4. Das Thema der Bestimmung des Biogasbildungspotentials (Parameter GS21 oder GB21) wurde in der Vorlage der polnischen Gesetzgebung völlig außer Acht gelassen.

Literatura/Literaturverzeichnis

- [1] *Europe's environment – The fourth assessment. State of the environment report No 1/2007*, European Environment Agency, Office for Official Publications of the European Communities, B.m. 2007.
- [2] Uchwała Rady Ministrów nr 233 z dnia 29 grudnia 2006 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2010”, M.P. z 2006 r. nr 90, poz. 946 i 947.
- [3] Uchwała nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”, M.P. z 2010 r. nr 101, poz. 1183.
- [4] „Wytyczne dotyczące wymagań dla procesów kompostowania, fermentacji i mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów”, na podstawie opracowania dr. inż. R. Szpadta i dr. hab. inż. A. Jędrzaka, Ministerstwo Środowiska, Departament Gospodarki Odpadami, Warszawa 2008, http://www.mos.gov.pl/g2/big/2009_07/ffc492d741b261340b1e263cd1c05c85.pdf (20.07.2012).
- [5] Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien – DVO 2008, StF: BGBl. II, Nr. 39/2008.
- [6] Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV (Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen) Ausgabe 20.02.2001, BGBl. I, S. 305.
- [7] Projekt rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie mechaniczno-biologicznego przetwarzania zmieszanych odpadów komunalnych z dnia 7 maja 2012 r., który został przekazany w celu

notyfikacji technicznej do Komisji Europejskiej, http://www.mos.gov.pl/arttykul/4841_notyfikacja/18581_rozporzadzenie_ministra_srodowiska_w_sprawie_mechaniczno_biologicznego_przetwarzania_zmieszanych_odpadow_komunalnych_projekt_przekazany_do_notyfikacji_techicznej_do_komisji_europejskiej.html (20.07.2012).

[8] Vornorm Önorm S 2027-3 Ausgabe 01.09.2004 r. – Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen – Teil 3: Gasbildung im Gärtest (GB21).

[9] Vornorm Önorm S 2027-2 Ausgabe 01.09.2004 r. – Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen – Teil 2: Gasspendensumme im Inkubationstest (GS21).

*GRZEGORZ SIEMIĄTKOWSKI
MACIEJ PACIORKOWSKI
JOANNA POLUSZYŃSKA*

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF GAS PRODUCTION
IN THE FERMENTATION TEST (GB21) OR INCUBATION TEST (GS21)
– PARAMETERS NOT INCLUDED IN THE POLISH LEGISLATION
FOR MECHANICAL-BIOLOGICAL TREATMENT
OF MIXED MUNICIPAL WASTE

Keywords: mechanical-biological treatment, wastes, GS21, GB21.

This paper presents the parameters that, in laws of countries which prefers mechanical-biological waste treatment, are most often methods used to evaluate the loss of the ability to further biodegradation stabilized material. It also discusses test methods involving identifying the potential formation of biogas in the process of incubation (GS21) and fermentation (GB21) in stabilized material. The article also passed information held by the Ministry of Agriculture and Forestry, Environment and Water Management of Austria about proficiency tests to determine the parameters of GS21 and GB21 for the same stabilized material sample and comparison for both methods.