

Bewertung der biologischen Aktivität von Restabfall– ein Vergleich von anaeroben Testmethoden in Deutschland und England

Anke Bockreis*, Wolfgang Müller, Iris Steinberg***

* Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Abfalltechnik, Darmstadt

** IGW Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen Fricke & Turk GmbH, Witzenhausen

Assessment of the Biological Activity of Waste – a Comparison of Anaerobic Test Methods in Germany and in the UK

Abstract

In Germany, the parameter AT4 (respiration activity determined over the course of 4 days in laboratory testing) and GB21 (gas formation determined over the course of 21 days in laboratory testing) were implemented in the German legislation (Ordinance on Environmentally Compatible Storage of Waste from Human Settlements (Abfallab-lagerungsverordnung, 2001) in order to describe the biodegradability of the waste and to determine the efficiency of the mechanical-biological pre-treatment. In comparison to the situation in Germany, two different methods for assessment of the biodegradability of waste were developed in the UK (Godley et al. 2005). The BM100 is an anaerobic methanogenic digestion test, which runs for up to 100 days. The DRI is a test method in order to evaluate the aerobic dynamic respiration. In the paper the differences of the anaerobic test methods are discussed. Different kind of pre-treated waste from different treatment steps were analysed with both methods and the advantages and disadvantages of both methods were investigated. In order to compare the waste treatment systems in Germany and the UK, it is necessary to know the limitation of each method.

Zusammenfassung

Zur Bestimmung der biologischen Aktivität von vorbehandelten Abfällen wurden in Deutschland die Parameter Atmungsaktivität AT4 und Gasbildungsrate im Gärtest GB21 eingeführt. Durch diese Parameter soll zum Einen die Leistungsfähigkeit einer Behandlungsanlage definiert werden und zum Anderen die Einhaltung der gesetzlich festgelegten Zuordnungswerte für die Deponierung überprüft werden. In Großbritannien wurden dagegen zwei dazu unterschiedliche Parameter (BM100, DRI) eingeführt, um durch einen Vergleich des Organikanteils im In- und Output einer Behandlungsanlage die Leistungsfähigkeit dieser Anlage zu ermitteln. In dem Artikel werden die beiden anaeroben Testmethoden GB21 und BM100 in ihrer Methodik gegenübergestellt. Beide Methoden wurden in Parallelansätzen in verschiedenen Testreihen untersucht und die Ergebnisse werden diskutiert.

Keywords

biodegradability, mechanical-biological treatment, aerobic/anaerobic test methods (AT4, GB21, DRI, BM100)

biologische Aktivität, mechanisch-biologische Behandlung, aerobe/anaerobe Testmethoden (AT4, GB21, DR4, BM100)

1 Einleitung

Durch die Vorgaben der EU-Deponierichtlinie muss der Anteil der auf Deponien abgelagerten biologisch abbaubaren Abfälle reduziert werden. Über einen Zeitraum von 15 Jahren ist, ausgehend von der angefallenen Abfallmenge im Jahr 1995, eine Reduktion der organischen Substanz von insgesamt 65 % in drei Stufen zu erreichen. Einen Aufschub um weitere 4 Jahre können Mitgliedsstaaten beantragen, die 1995 mehr als 80 % ihrer Abfälle auf Deponien entsorgt haben. Die Richtlinie enthält keine Festlegung zur Methodik der Bestimmung der biologisch abbaubaren Organik sowie des Nachweises der Reduktion. (EU-DEPONIERICHTLINIE, 1999)

In Deutschland dürfen Abfälle auf Deponien abgelagert werden, die – nach einer geeigneten Vorbehandlung - die Zuordnungskriterien der TA Siedlungsabfall bzw. der Abfallablagerungsverordnung erfüllen. Dadurch soll gewährleistet sein, dass nur Abfälle mit geringer biologischer Aktivität abgelagert werden und ein entsprechend geringes Potential zur Gas- und Sickerwasserbildung besitzen.

In Großbritannien erfolgt eine massenbezogene Bewertung zur Bestimmung des Organikanteils im Abfall, d.h. die Bewertung erfolgt auf Basis einer Zuordnung von Abfallfraktionen und deren Organikgehalt. Dabei beschreibt der festgelegte Organikgehalt nicht die biologische Abbaubarkeit, sondern lediglich den nativ-organischen Anteil. Soll nun die Leistungsfähigkeit einer Behandlungsanlage bestimmt werden, so wird die Kombination aus Abtrennung der Organik (z.B. in der heizwertreichen Fraktion) sowie der Reduktion in der biologischen Behandlungsstufe der entsprechenden Anlage bestimmt. Durch die Differenz der Organik im Input und der abgetrennten Menge ergibt sich der verbleibende Organikanteil, der entweder deponiert oder weiter behandelt wird. (NIESAR ET AL., 2005; ENVIRONMENT AGENCY UK, 2000)

2 Biologische Methoden zur Bestimmung der Aktivität

2.1 Testmethoden in Deutschland

In der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV) wurden zwei Parameter zur Bestimmung der biologischen Abbaubarkeit festgelegt (ABFABLV, 2001). Dies ist zum Einen der aerobe Test AT4 zur Bestimmung des Sauerstoffverbrauchs über einen Zeitraum von vier Tagen. Die Bestimmung gibt somit Aufschluss über die momentane biologische Aktivität, was als Vorteil gegenüber physikalisch-chemischen Verfahren zu sehen ist. Zum Anderen wird die Bestimmung der Gasbildungsrate im Gärtest GB21 festgelegt. Es wird damit die anaerobe Abbaubarkeit eines Substrats im Labormaßstab im unbeeinflussten Standversuch unter optimierten Bedingungen getestet. Der Analysenzeitraum beträgt

21 Tage. Durchgeführt wird der Gärtest auf Grundlage der DIN 38 414 Teil 8 (DEV S8) – Bestimmung des Faulverhaltens von Schlamm und Sedimenten.

Wird ein Abfall mechanisch-biologisch vorbehandelt, so muss vor der endgültigen Ablagerung entweder die Bestimmung des AT4 oder GB21 durchgeführt werden bzw. einer der beiden Zuordnungswerte von AT4 (5 mg/g TS) oder von GB21 (20 NI/kg TS) muss eingehalten werden.

2.2 Testmethoden in Großbritannien

In Großbritannien sind die Testmethoden in einer Technischen Anleitung zur Bewertung von mechanisch-biologischer Vorbehandlung veröffentlicht (ENVIRONMENT AGENCY UK, 2005). Zur Bestimmung der biologischen Aktivität wurden ein aerober Test (DR4; Dynamic Respiration) und ein anaerober Test (BM100) festgelegt. Der BM100 ist ein Gasbildungstest über einen Bestimmungszeitraum von bis zu 100 Tagen. Dieser Test ist für die Bestimmung der Organikreduktion maßgeblich. Aufgrund der langen Bestimmungsdauer ist dieser Test für Prozess begleitende Untersuchungen ungeeignet. Für diesen Zweck wurde der DR4 vorgeschlagen, der die Atmungsaktivität über 4 Tage bestimmt. Durch den BM100 soll möglichst das gesamte Gasbildungspotential einer Abfallprobe ermittelt werden. Mit Hilfe einer zu entwickelnden Korrelation des BM100 mit dem DR4 kann der DR4 ggf. als alleiniger Test zur Beschreibung der biologischen Aktivität und damit auch zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit einer Behandlungsanlage (Input-Output-Bilanz des Organikanteils) herangezogen werden.

2.3 Gegenüberstellung der Methodik der anaeroben Tests

In der nachfolgenden Tabelle sind die beiden anaeroben Testmethoden BM100 und GB21 mit ihren Spezifikationen gegenübergestellt.

Tabelle 1 Gegenüberstellung der Methodenvorschriften BM100 und GB21

	BM100	GB21
Probenaufbereitung	Siebung < 5 mm, Sortierung der Fraktion > 5 mm in verschiedene Fraktionen (biologisch abbaubare Bestandteile (=BMW), Glas, Metalle, Inertes, Plastik) Trocknung der BMW Probe bei 70 °C bis zu einem TS-Gehalt von 87 – 93 Gew.%, Zerkleinerung	Aussortieren von inertem Material (Glas, Steine, Metalle) unter späterer Berücksichtigung der aussortierten Gewichtsanteile Zerkleinerung der Originalprobe (ohne inerte Stoffe) < 10 mm

	BM100	GB21
Einwaage	Probenmenge entsprechend 20 g Glühverlust der BMW Fraktion	50 g aufbereitete Probe (FS)
Impfschlamm	50 ml	50 ml
weitere Zugaben	200 ml spezifisches Medium	Leitungswasser bis zu einem Gesamtprobenmenge von 300 ml
Einstellung pH-Wert	Einstellung des Mediums auf pH 7,5	pH muss zwischen 6,8 und 8,2 liegen, Einstellung mit Alkalisierungsmittel (Natronlauge oder Kalilauge) bzw. Salzsäure
Temperatur	35°C im Wasserbad	35°C Raumtemperatur
Referenzansatz	--	Überprüfung des Impfschlammes durch Zugabe von Cellulose
Testdauer	100 Tage	21 Tage unter Berücksichtigung der lag-Phase
Berücksichtigung einer lag-Phase	--	Berücksichtigung über prozentualen Anteil der Steigung
Angabe des Ergebnisses	NI/kg GV BMW (BMW = biologisch abbaubare Bestandteile)	NI/kg TS

Legende: FS: Feuchtsubstanz
 TS: Trockensubstanz
 GV: Glühverlust
 NI: Normliter

Wie anhand Tabelle 1 und aufgrund der Namensgebung ersichtlich, unterscheiden sich die zwei Methoden BM100 und GB21 am deutlichsten in der Testdauer: Während das Ergebnis des GB21 nach 21 Tagen Testdauer plus der Zeitdauer der lag-Phase (in Abhängigkeit der Art der Abfallprobe und der Vorbehandlung) vorliegt, ist das Ergebnis des BM100 erst nach 100 Tagen verfügbar. Ein weiterer großer Unterschied ist die Art der Aufbereitung vor Einbau in die Testapparatur: so wird beim BM100 getrockneter Müll eingesetzt, wogegen beim GB21 die Probe im Originalzustand eingesetzt wird. Durch den unterschiedlichen Bezug der Einbaumenge auf den Glühverlust beim BM100 und auf die Feuchtsubstanz beim GB21 ergeben sich deutliche Unterschiede in der Einbaumenge. So liegt die durchschnittliche Einbaumenge beim BM100 bei Inputproben bei 40 g TS im Gegensatz zu 20 – 30 g TS beim GB21. Unterschiedlich ist weiterhin die Zugabe von einem Medium (eine Nährstofflösung mit eingestelltem pH-Wert von 7,5) zur potentiell besseren Abpufferung des Tests beim BM100 und der Zugabe von Leitungswasser beim GB21.

Zur Überprüfung des Impfschlammes auf Hemmung bzw. zu starker Aktivität (entsprechen den Vorgaben der AbfAbIV) wird beim GB21 immer ein Referenzansatz durchgeführt, d.h. dem Impfschlamm wird Cellulose zugegeben. Die Gasproduktion dieses Referenzansatzes muss mindestens 400 NI/kg betragen.

3 Versuchsergebnisse und Diskussion

Zum Vergleich der beiden anaeroben Testmethoden wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt, um die grundlegenden Aussagen beider Testmethoden bewerten zu können.

Folgende Tests wurden unter der jeweiligen Zielstellung durchgeführt:

1. Zugabe von Cellulose zur Überprüfung der Pufferkapazität des für die BM100 Bestimmung verwendeten Mediums im Gegensatz zur Zugabe von Leitungswasser nach GB21
2. Vergleich von verschiedenen Abfallproben durch parallele BM100 und GB21 Bestimmungen

Um die Ergebnisse direkt miteinander vergleichen zu können, wurden die BM100 Ergebnisse umgerechnet auf die Bezugsgröße NI/kg TS Gesamtprobe anstatt NI/kg GV BMW.

3.1 Untersuchungen der Pufferkapazität von Medium, Leitungswasser und Impfschlamm

Zur Überprüfung der Zugabe von Medium beim BM100 im Gegensatz zu Leitungswasser beim GB21 wurde 1 g Cellulose zugegeben. Dargestellt sind in Abbildung 1 Summenkurven der Gasproduktion der verschiedenen Ansätze.

Es zeigt sich, dass sich nur in der Anfangsphase ein Unterschied bei der Gasbildung beim Einsatz von Medium im Gegensatz zu Leitungswasser ergibt. So verläuft der Ansatz mit Hauptanteil Leitungswasser von der Steigung her gleichmäßiger als der Ansatz im Medium. Ab ca. 30 Tagen Versuchsdauer verlaufen beide Ansätze parallel und liegen in der gleichen Größenordnung bzgl. der Gasproduktion. In weiteren Untersuchungen ergaben sich auch gleichmäßigere Verläufe für die Ansätze im Medium im Gegensatz zu Leitungswasser, insgesamt lässt sich allerdings schlussfolgern, dass die Ansätze mit Medium und Leitungswasser bei der Zugabe von Cellulose zu den gleichen Ergebnissen führen. Beide Ansätze sind zur Überprüfung des Impfschlammes – wie beim GB21-Ansatz gefordert - geeignet gewesen, da sie bei nach 21 Tagen eine Gasproduktion von mehr als 400 NI/kg aufwiesen.

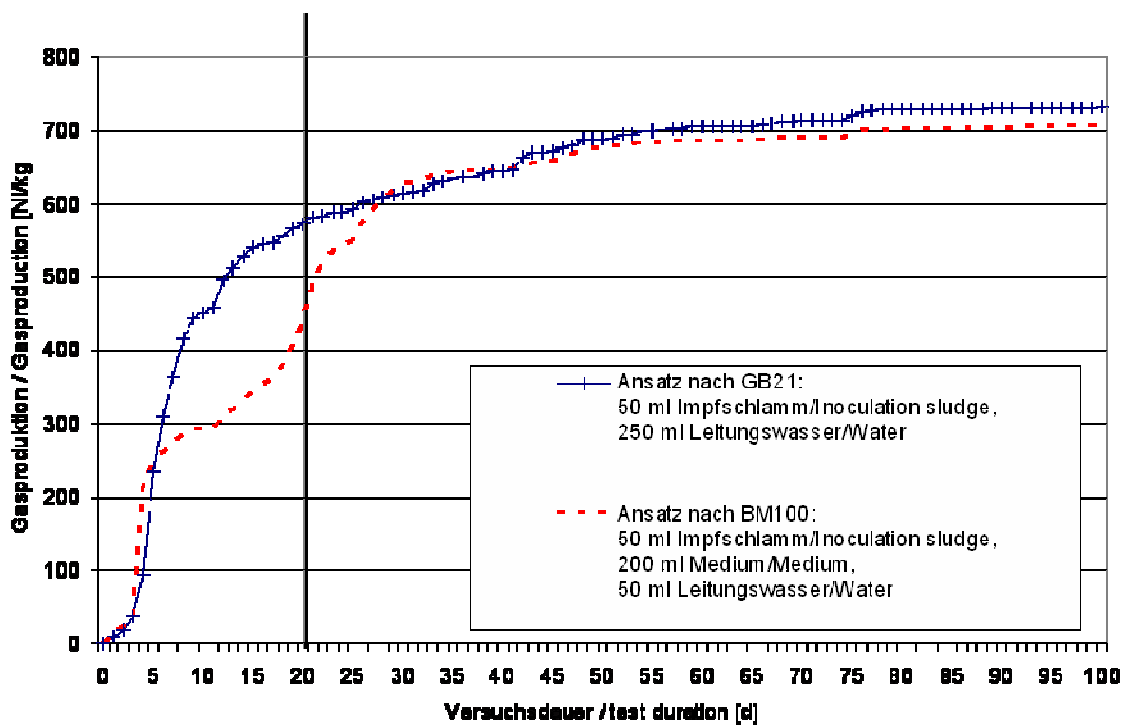
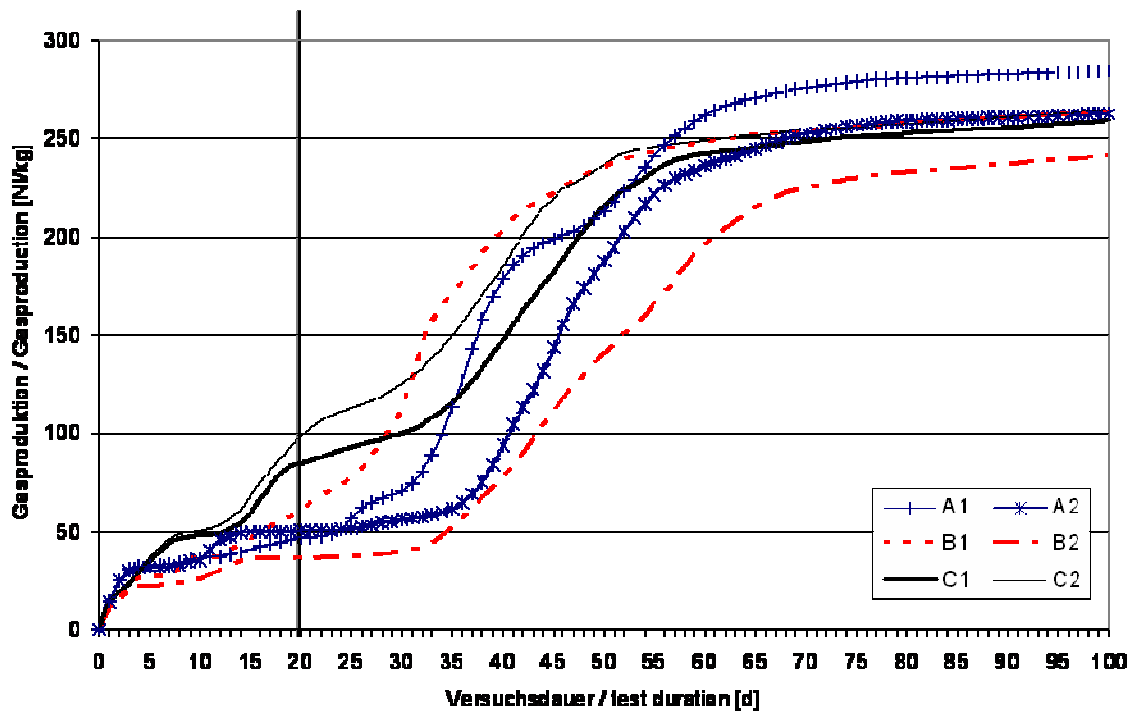


Abbildung 1 Zugabe von Cellulose zu Medium, Leitungswasser und Impfschlamm in unterschiedlichen Zusammensetzungen

Um diese Aussagen bei Ansätzen mit Abfallproben zu validieren, wurde anstatt Cellulose je 50 g FS einer Frischmüllprobe zu den gleichen Ansätzen im Doppelansatz wie zuvor beschrieben zugegeben. Zusätzlich wurden Untersuchungen mit erhöhter Impfschlammmenge zur gegebenenfalls besseren Abpufferung durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

Es zeigt sich, dass alle Ansätze aufgrund der hohen Reaktivität von Frischmüll gleich mit der Gasproduktion beginnen. Zwischen dem 5. und 60. Versuchstag weisen die Ansätze große Abweichungen voneinander ab, so liegen auch die Doppelsätze der Proben z.T. weit auseinander, beispielsweise beim BM100-Ansatz mit ca. 60 % voneinander aus. Bei 100 Tagen Versuchsdauer haben sich die Verläufe aller Ansätze wieder angenähert, so beträgt die Standardabweichung aller Ansätze 14,7. Die Doppelsätze weichen bei allen 3 Varianten mit ca. 10 % bei 100 Tagen voneinander ab.



A1	A2	B1	B2	C1	C2
Test A1: Ansatz nach GB21 50 g Probe/ Sample, 50 ml Impfschlamm/Inoculation sludge, 250 ml Leitungswasser/Water	Test A2: Ansatz nach GB21 50 g Probe/ Sample, 50 ml Impfschlamm/Inoculation sludge, 250 ml Leitungswasser/Water	Test B1: Ansatz nach BM100 50 g Probe/Sample, 50 ml Impfschlamm/Inoculation sludge, 200 ml Medium/Medium, 50 ml Leitungswasser/Water	Test B2: Ansatz nach BM100 50 g Probe/Sample, 50 ml Impfschlamm/Inoculation sludge, 200 ml Medium/Medium, 50 ml Leitungswasser/Water	Test C1: modifizierter Ansatz 50 g Probe/Sample, 250 ml Impfschlamm/Inoculation sludge, 50 ml Leitungswasser/Water	Test C2: modifizierter Ansatz 50 g Probe/Sample, 250 ml Impfschlamm/Inoculation sludge, 50 ml Leitungswasser/Water

Abbildung 2 Zugabe von Probe zu Medium, Leitungswasser und Impfschlamm in unterschiedlichen Zusammensetzungen

3.2 Parallelansätze BM100 und GB21

Um die beiden Anaerobtests miteinander zu vergleichen, wurden 3 verschiedene Proben einer Behandlungsanlage (Inputmaterial = Frischmüll, Material nach 3 Wochen und nach 6 Wochen Rotte) jeweils nach den Methodenvorschriften eingebaut. In den nachfolgenden Grafiken sind die Ergebnisse der jeweils Doppeluntersuchungen dargestellt.

Es ist deutlich zu erkennen, dass die beiden Doppelansätze der Inputproben untereinander als auch zueinander über die Versuchsdauer verschieden verlaufen. Ohne Berücksichtigung der lag-Phase liegen die Ansätze nach GB bei 21 d um einen Faktor 2,5 auseinander, während die Ansätze nach BM um ca. 6 % miteinander abweichen und erst nach einer Versuchsdauer von ca. 50 d auseinander gehen. Betrachtet man die Gasproduktion bei 100 d, so weichen die Ansätze, die entsprechend der GB21 Methode

angesetzt wurde, um ca. 13 % voneinander ab, während die Ansätze nach der BM100 Methode um 30 % auseinander liegen. Während die Kurven beider Inputproben nach BM100 und Input 1 GB21 sich ab ca. 80 d in einen flacheren Anstieg befinden, verläuft bei Input 2 GB21 der Anstieg weiterhin steiler, so dass hier noch mit einer erhöhten Gasproduktion gerechnet werden muss.

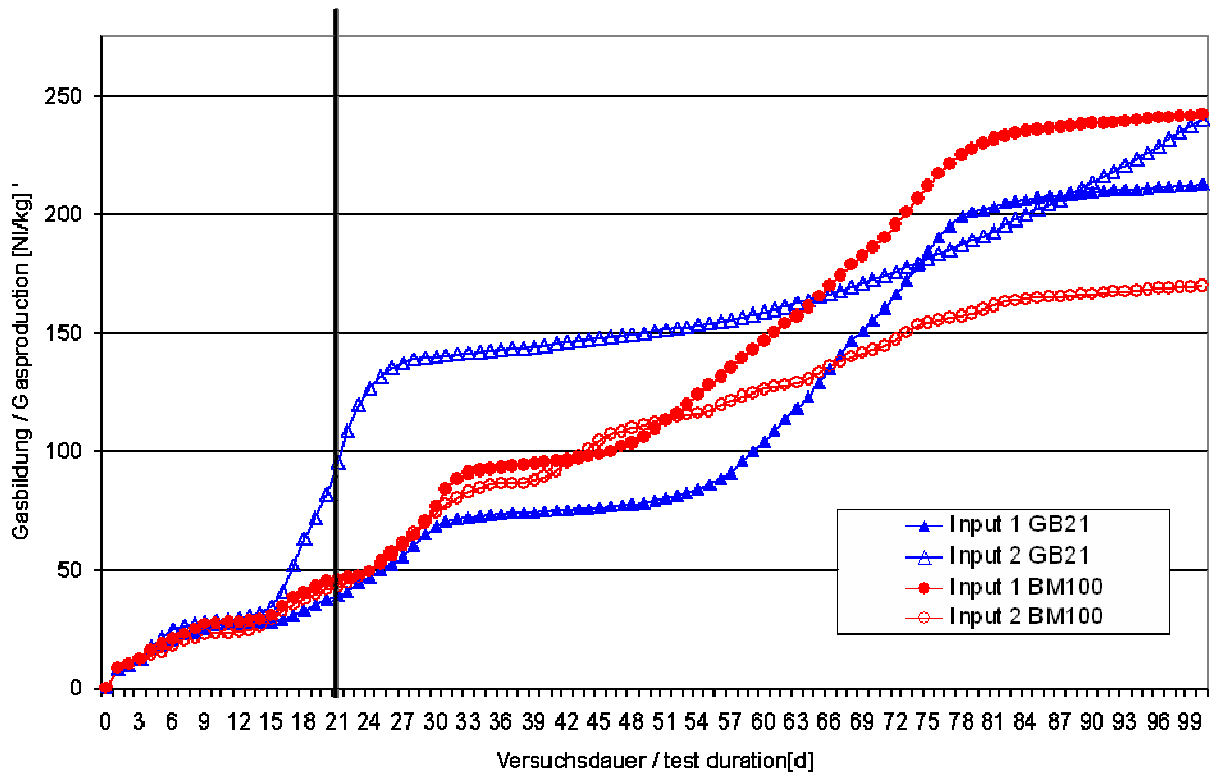


Abbildung 3 Vergleich von Inputproben jeweils im Doppelansatz BM100 und GB21

Beide Methoden zeigen eine vergleichsweise hohe Streuung bei den frischen Proben. Ein Vorteil einer Methode bei einer Versuchsdauer von 100 Tagen ist nicht zu erkennen.

Betrachtet man das Verhalten der gerotteten Proben in Abbildung 4, so werden im Gegensatz zu den Verläufen der Inputproben (s. Abbildung 3) die Verläufe der Kurven gleichmäßiger, je länger der Abfall in einer Anlage behandelt wurde. Weiterhin ist die Abnahme der Reaktivität der Proben durch die längere Behandlungszeit erkennbar. Durch den parallelen Verlauf der beiden Doppelansätze zueinander und auch zwischen den Methoden, lässt sich feststellen, dass kein wesentlicher Unterschied bei der Ergebnisbetrachtung beider Methoden liegt, betrachtet man für beide Methoden die lange Versuchsdauer von 100 Tagen.

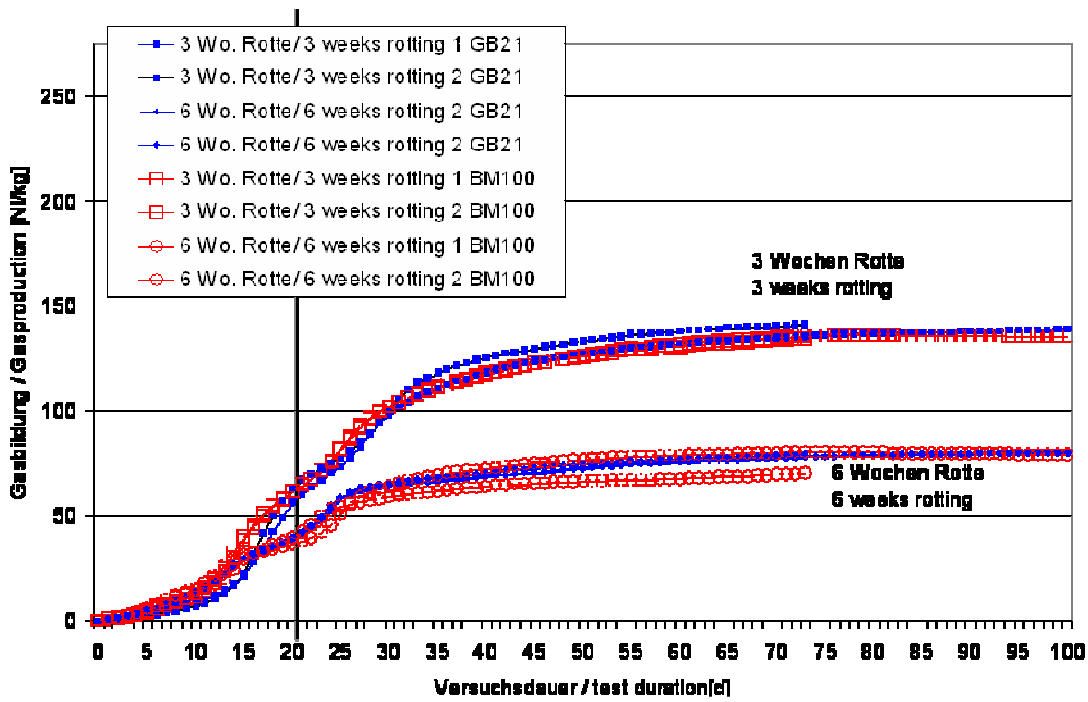


Abbildung 4 Vergleich von 2 verschiedenen Proben jeweils im Doppelansatz BM100 und GB21

Aufgrund der relativ kurzen Versuchsdauer von 21 Tagen beim GB wird eine Berücksichtigung der lag-Phase bei der Ergebnisermittlung gefordert. In nachfolgender Grafik sind die direkt abgelesenen Werte der Gasproduktion nach 21 Tagen den Ergebnissen unter Berücksichtigung der lag-Phase dargestellt.

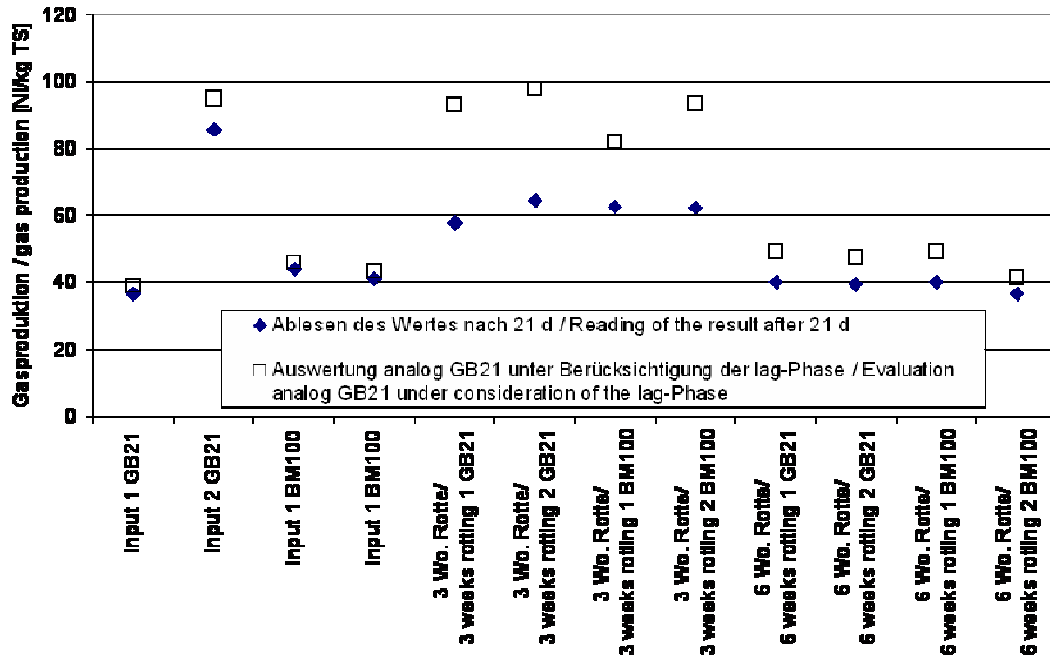


Abbildung 5 Gegenüberstellung der direkt abgelesenen Werte nach 21 Tagen und der Ergebnisse unter Berücksichtigung der lag-Phase

Es lässt sich gerade bei den 3 Wochen lang gerotteten Proben ein deutlicher Unterschied zwischen dem direkten Ablesen und des Ergebnisses unter Berücksichtigung der lag-Phase erkennen – unabhängig von den beiden Methodenansätzen GB21 und BM100. So fand bei diesen Proben nicht gleich von Anfang an ein biologischer anaerober Abbau statt, im Gegensatz zu den Inputproben. Im Hinblick auf die kurze Versuchsdauer von 21 Tagen beim GB21 Ansatz im Gegensatz zum BM100 Ansatz ergibt sich auch die Notwendigkeit der Berücksichtigung der lag-Phase bei GB21.

4 Zusammenfassung

Sowohl in Großbritannien als auch in Deutschland wurden Methoden entwickelt, um die biologische Aktivität von Abfallproben vor der Deponierung zu bestimmen. U.a. wurden dazu die beiden anaeroben Tests GB21 in Deutschland und BM100 in Großbritannien eingeführt. Beide Methoden wurden hier gegenübergestellt und in Parallelansätzen auf ihre Unterschiede bzw. Gemeinsamkeiten untersucht. Prinzipiell lässt sich feststellen, dass mit beiden Methoden die gleichen Ergebnisse erzielen lassen, d.h. die Methoden an sich nicht sehr unterschiedlich sind, wenn für beide Methoden der längere Zeitraum von 100 Tagen betrachtet wird. Der größte Unterschied ergibt sich jedoch in der Versuchsdauer von 21 bzw. 100 Tagen und dem damit einhergehenden Aufwand. Kein wesentlicher Vorteil ist durch den Einsatz eines Mediums beim BM100 im Gegensatz zu Leitungswasser beim GB21 zu erkennen.

Zusammen mit den Ergebnissen weiterer, hier nicht dargestellter, Ergebnisse lässt sich weiterhin feststellen, dass trotz Berücksichtigung der lag-Phase beim GB21, der GB21 zur Beurteilung von frischen Abfallproben weniger geeignet ist bzw. bei frischen Abfällen eine Verlängerung der Versuchsdauer erfolgen soll. So laufen Inputproben auch in Mehrfachansätzen z.T. sehr unterschiedlich, so dass sich keine abgesicherte Aussage gibt. Aber auch mit einer Versuchsdauer von 100 Tagen wie beim BM100 erscheint bei frischen Proben nicht immer ein Ende der biologischen Aktivität absehbar. Wird der Abfall vorbehandelt, so nähern sich die Verläufe der Gasproduktion in Mehrfachansätzen immer mehr an, so dass hier der Versuchszeitraum von 21 Tagen ausreichend ist, um die verbleibende biologische Aktivität einer vorbehandelten Probe zu erfassen.

5 Literatur

- | | | |
|---------|------|---|
| AbfAbIV | 2001 | Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung AbfAbIV), Artikel 1 der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen in der Fassung vom 20.02.2001, 31.01.2001 Bundesgesetzblatt Teil I, Nr. 10, S. 305-324, Bonn, 27.02.2001 |
|---------|------|---|

Environment Agency UK	2005	Guidance on Monitoring MBT and other pre-treatment processes for the landfill allowances schemes (England and Wales)
Environment Agency UK	2000	Waste Strategy 2000 for England and Wales, Part 1, ISBN 0101469322. www.detr.gov.uk
EU-Deponierichtlinie	1999	Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. 16.7.1999
Niesar et al.	2005	Niesar, M.; Müller, W.; Sharpe, N.: Bewertung von MBA in Großbritannien. in: M. Kühle-Weidemeier (Hrsg.) International Symposium MBT 2005. Hannover (DE) 2005. ISBN 3-86537-665-7

Anschrift der Verfasser

Dr. Anke Bockreis, Dr. Iris Steinberg
Technische Universität Darmstadt - University of Technology
Institut WAR, Fachgebiet Abfalltechnik
Petersenstr. 13, 64287 Darmstadt, Germany
a.bockreis@iwar.tu-darmstadt.de
www.abfalltechnik.net

Dr. Wolfgang Müller
IGW Ingenieurgemeinschaft Witzenhausen Fricke & Turk GmbH
Bisshäuser Aue 12, 37213 Witzenhausen, Germany
www.igw-witzenhausen.de