

Schwankungsbreiten bei der Analytik von Zuordnungskriterien (AbfAbIV)

Anke Bockreis, Iris Steinberg

Institut WAR, Fachgebiet Abfalltechnik, TU Darmstadt

Implementation of allocation criteria and their limits of variation

Abstract

To reach the aim of ecologically sound waste management, the materials disposed of in a landfill should show a minimum emission potential, even in long time horizons. Therefore, quality standards are given in German waste legislation. One problem for any investigation respectively the analysis of waste is the heterogeneity of the waste, even after mechanical-biological pre-treatment. Representative sampling methods as well as proper analysing methods are necessary, especially for the validation of recently implemented parameters like 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).

One focus of this presentation is on the transfer of these parameters in practice. Due to this, samples of mechanically-biologically pre-treated waste were analysed by different laboratories and the widely fluctuating results will be shown and discussed. Another focus is the question, which allocation criteria for mechanically-biologically pre-treated waste are possible to reach.

Kurzzusammenfassung

Voraussetzung für eine ökologisch verträgliche Abfallwirtschaft ist, dass der auf Deponien abgelagerte Abfall ein möglichst geringes Emissionspotential aufweist. Daraus lassen sich hohe Anforderungen an den Abfall selbst ableiten, die in der deutschen Gesetzgebung festgelegt wurden. Ein Hauptproblem für jede Art der Analytik von Abfall ist dabei die Heterogenität der Abfälle im originären Zustand ebenso wie nach einer möglichen mechanisch-biologischen Vorbehandlung. Notwendig sind daher eine repräsentative Probennahme und geeignete Analysemethoden sowie insbesondere die Überprüfung der Eignung neuerer Analysemethoden, wie z.B. zur Bestimmung der Parameter AT4 (Atmungsaktivität bestimmt im Laborversuch über den Zeitraum von 4 Tagen) und GB21 (Gasbildungsrate bestimmt im Laborversuch über einen Zeitraum von 21 Tagen). Einen Diskussionsschwerpunkt des Artikels bildet die Einhaltung dieser Parameter in der Praxis. Dazu erfolgte die Analyse von Proben im Hinblick auf die einzelnen Parameter durch verschiedene Labore und es zeigte sich, dass die Ergebnisse starke Abweichungen aufwiesen. Weiterhin wird diskutiert, inwieweit die festgelegten Grenzwerte für mechanisch-biologisch behandelten Restabfall in der Praxis eingehalten werden können.

Keywords

Mechanisch-biologische Abfallbehandlung, Einhaltung von Grenzwerten, Analysemethoden im Vergleich, MBT, allocation criteria, comparison of analytical methods

1 Einleitung und Problemstellung

Um die Grenzwerte der TA Siedlungsabfall und Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) für eine Deponierung von Abfällen einzuhalten, müssen seit dem 01.06.2005 Abfälle entweder thermisch oder mechanisch-biologisch vorbehandelt werden.

Einige der im Anhang B der TA Siedlungsabfall (1993) genannten Parameter und z. T. festgelegten Grenzwerte, wie beispielsweise der Kohlenstoffgehalt (TOC - total organic carbon) im Eluat von 100 mg/l (Deponieklasse II), sind nur durch eine thermische Vorbehandlung der Abfälle zu erreichen. Um Aussagen über die biologische Reaktivität mechanisch-biologisch behandelter Restabfälle treffen zu können, wurden die alternativen Parameter Atmungstest und Gärtest untersucht. Mit diesen Parametern sollte die Leistungsfähigkeit von MBA-Verfahren eingeordnet werden. Darüber hinaus sollte eine Abschätzung ermöglicht werden, ob, bzw. in welchem Maße, mit Emissionen nach der Ablagerung zu rechnen ist. Da zunächst keine standardisierten Verfahren zum Atmungstest bzw. Gärtest für feste Abfallstoffe, insbesondere für MBA-Abfälle, existierten, wurden im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens "Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen" von der Arbeitsgruppe Qualitätssicherung Ringversuche durchgeführt und auf deren Basis detaillierte Methodenvorschläge erarbeitet. (Brockmann et al. 1999, Bockreis et al. 2000).

Im Rahmen der Ergänzung der TA Siedlungsabfall wurden die Parameter als Zuordnungskriterien für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle zur Ablagerung in den Artikel 1 - Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV) – der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen übernommen. Von der Arbeitsgruppe Qualitätssicherung wurde es als notwendig angesehen, beide Methodenvorschriften nach einem angemessenen Zeitraum, in dem Erfahrungen mit der Durchführung gesammelt und ausgetauscht werden können, einer eingehenden Überprüfung hinsichtlich Praktikabilität und Aussagekraft zu unterziehen. Die bisher vorliegenden Praxiserfahrungen bestätigen diesen Bedarf.

2 Gesetzliche Anforderungen an die Deponierung von MBA-Abfällen

Gesetzliche Grundlage für die Deponierung von MBA-Abfällen ist der Artikel 1 - Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (Abfallablagerungsverordnung – AbfAbIV) – der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen. Die Anforderungen an die Ablagerung von MBA-Abfällen sind in § 4 AbfAbIV festgelegt.

Demnach dürfen mechanisch-biologisch behandelte Abfälle nur dann abgelagert werden, wenn die Ablagerung auf Deponien oder Abschnitten erfolgt, die die Anforderungen für die Deponieklasse II einhalten. Weiterhin werden in der AbfAbIV Zuordnungskriterien für die Ablagerung von Abfällen (Anhang 1), die dem Anhang B der TA Siedlungsabfall entsprechen, und der Ablagerung von mechanisch-biologisch behandelten Abfällen (Anhang 2) definiert. Hauptsächlich unterscheiden sich die Anhänge bei den Zuordnungswerten für die Ablagerung mechanisch-biologisch behandelter Abfälle bezüglich TOC, sowohl im Feststoff als auch im Eluat, sowie der neu zu bestimmenden Parameter zur biologischen Abbaubarkeit im Atmungs- oder im Gärtest und des oberen Heizwertes (vgl. Tabelle 1). Die Zuordnungskriterien müssen eingehalten werden, wobei zur Erreichung der Kriterien die Abfälle nicht vermischt werden dürfen.

Tabelle 1 Ausgewählte Zuordnungskriterien und –werte für Deponien und für Deponien für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle gemäß Anhang 1 und 2 AbfAbIV (2001)

Nr.	Parameter	Zuordnungswerte	
		Abfälle	MBA-Abfälle
2	Organischer Anteil des Trockenrückstandes der Originalsubstanz		
2.01	bestimmt als Glühverlust	≤ 5 Masse-%	
2.02	bestimmt als TOC	≤ 3 Masse-%	≤ 18 Masse-%
4	Eluatkriterien		
4.03	TOC	≤ 100 mg/l	≤ 250 mg/l
5	Biologische Abbaubarkeit des Trockenrückstandes der Originalsubstanz		
	bestimmt als Atmungsaktivität (AT4)		≤ 5 mg/g*
	oder bestimmt als Gasbildungsrate im Gärtest (GB21)		≤ 20 l/kg*
6	Oberer Heizwert H_o		≤ 6.000 kJ/kg
	* bezogen auf Trockenmasse		

Die Vorgaben zur Analytik (Probennahme, Probenvorbereitung und Untersuchung) sind dem Anhang 4 der AbfAbIV (2001) zu entnehmen.

3 Umsetzung der gesetzlichen Anforderungen in der Praxis

3.1 Analyseergebnisse für MBA-Abfälle im Jahr 2001

Um die ersten mit den Zuordnungskriterien und -werten des Anhangs 2 der AbfAbIV gewonnenen Erfahrungen zu erfassen und zu bewerten, wurden im Jahr 2001 Fragebögen an die Betreiber von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen ver-

sandt (BOCKREIS ET AL., 2001). Von den insgesamt 37 versendeten Fragebögen wurden 12 Fragebögen beantwortet, wobei zwei Betreiber keine Stellung beziehen wollten. Einen Schwerpunkt des Fragebogens bildeten die Anwendung der Parameter zur Beurteilung der biologischen Abbaubarkeit und die in diesem Zusammenhang gesammelten Erfahrungen. Bemängelt wurde beispielsweise von den Betreibern das unzureichende Informationsmanagement über Anbieter solcher Analysen.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Ergebnisse der Umfrage für die Parameter AT4 und GB21 bzw. TOC im Eluat im Output der zur Deponierung bestimmten Fraktion der an der Umfrage teilgenommenen Anlagen dargestellt.

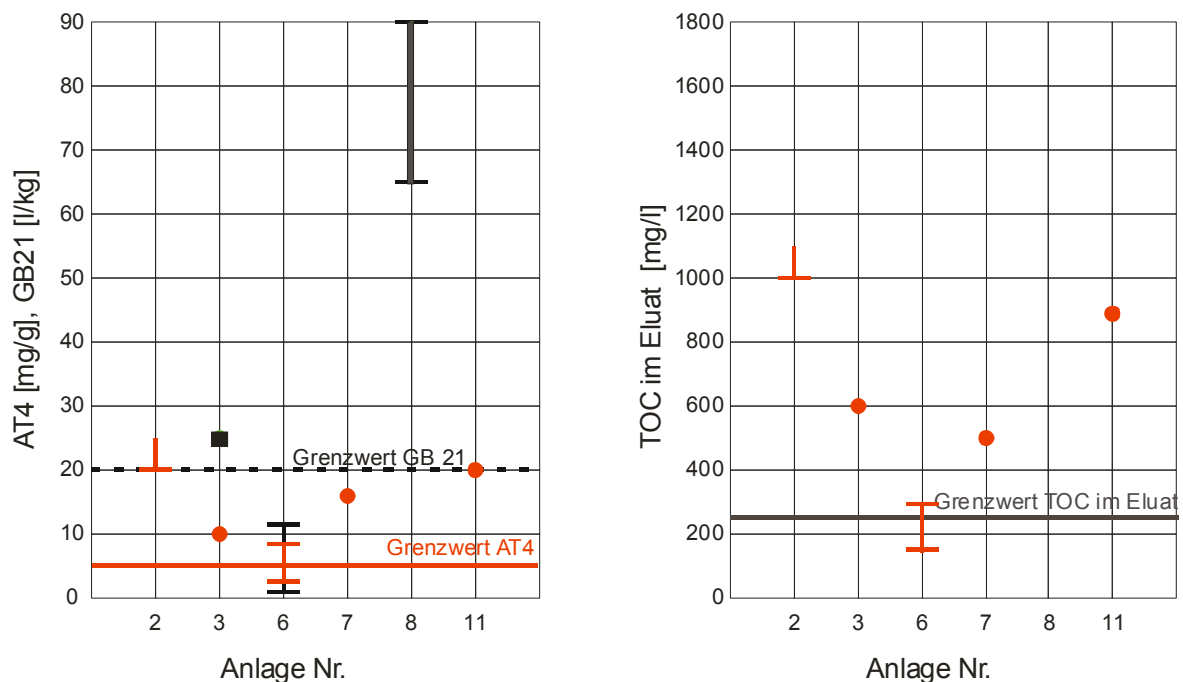


Abbildung 1 Werte für AT4 und GB 21 (linke Grafik) sowie TOC im Eluat (rechte Grafik) nach Auskunft der Betreiber im Jahr 2001 (BOCKREIS ET AL., 2001)

Es lässt sich erkennen, dass die Zuordnungswerte bei allen drei Parametern nur in einigen Ausnahmen eingehalten wurden. Am seltensten erreicht wurde der Zuordnungswert TOC im Eluat. Die Ergebnisse zeigten generell, dass die untersuchten mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfälle in nur wenigen Fällen die Kriterien für eine Ablagerung auf Deponien erfüllten und somit noch erhebliches Optimierungspotential hinsichtlich der Behandlung im Hinblick auf die Ablagerung des Outputs bestand.

3.2 Analyseergebnisse in Abhängigkeit der Zeitdauer einer mechanisch-biologischen Behandlung im Jahr 2005

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Analytik des Abfallinputs und des Outputs einer MBA nach einer aeroben Behandlung von 4, 6, 9 bzw. 12 Wochen Dauer dargestellt. Durchgeführt wurden die Untersuchungen während des Anlagenbetriebs im Jahr Abfallforschungstage 2006 www.wasteconsult.de

2005. In Abbildung 2 sind die Resultate der Analyseparameter AT4, GB21, TOC im Feststoff und TOC im Eluat den jeweiligen Zuordnungswerten gemäß Anhang 2 der ABFABLIV (2001) gegenübergestellt. Es ist eine deutliche Abnahme der Reaktivität der Abfälle über die Zeitdauer der biologischen Behandlung festzustellen. Es lässt sich erkennen, dass die geforderten Grenzwerte bei allen Parametern - gesteuert durch eine entsprechende Behandlungszeit - grundsätzlich eingehalten werden können.

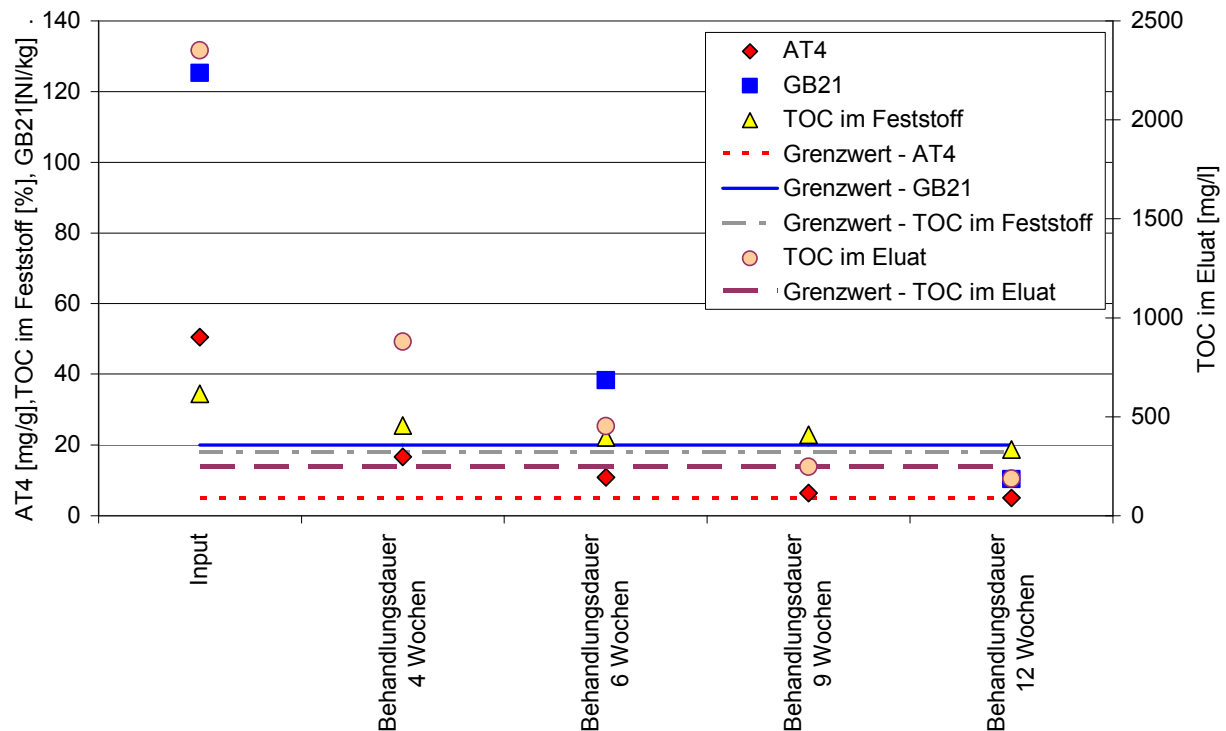


Abbildung 2 Werte für AT4, GB21, TOC im Feststoff und TOC im Eluat in Abhängigkeit der Behandlungsdauer im Jahr 2005

3.3 Schwankungsbreite von Analyseergebnissen

In diesem Kapitel erfolgt die Darstellung verschiedener Analyseergebnisse vor dem Hintergrund ihrer Schwankungsbreite, die im Bereich der Abfallbehandlung insbesondere durch die Heterogenität der Abfälle sowie der Schwierigkeit einer repräsentativen Probenahme bedingt wird.

Bei der Betrachtung der Schwankungsbreite von Analyseergebnissen ist dabei zum Einen von Interesse, inwieweit die Ergebnisse der Untersuchungen von unaufbereitetem Abfall, d.h. in seinem originären und vergleichsweise heterogenen Zustand, abweichen. Zum Anderen wird untersucht, inwieweit bei der Verwendung von Material, das durch eine Aufbereitung im Vergleich zum unaufbereitetem originären Abfall in einer homogenen Form vorliegt, ebenfalls eine Abweichung der Ergebnisse der Analysen festzustellen ist. In diesem Zusammenhang war insbesondere die Abweichung bzw. die Plau-

sibilität der Ergebnisse bei der Untersuchung von Proben gemeinsamen Ursprungs und nach zentraler Aufbereitung durch verschiedene Labore von Interesse. Weiterhin wurde betrachtet, ob sich Unterschiede in der Schwankungsbreite der Analyseergebnisse bei der Durchführung von Analysen der erst über einen kurzen Zeitraum angewendeten Parameter und Methoden, wie dem AT4, im Vergleich zu bereits langfristig standardisierten und etablierten Parametern und Methoden, wie dem TOC im Feststoff oder Eluat, erkennen lassen.

3.3.1 AT4

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse eines Ringsversuchs für den Parameter AT4 in Österreich (IGW, 2004) dargestellt. Wie die Auswertung zeigt, wurde innerhalb der Labore eine vergleichsweise gute Reproduktion der Analyseergebnisse erzielt; zwischen den einzelnen Laboren jedoch wichen die Analyseergebnisse stark voneinander ab. Als einen wesentlichen, d.h. das Analyseergebnis in hohem Maß beeinflussenden Parameter, erwies sich der Wassergehalt. Abweichend zu der in der AbfAbIV beschriebenen Vorgehensweise mittels Saugflasche findet aufgrund der größeren Praktikabilität die Methodik der Faustprobe ebenfalls Anwendung. Hier zeichnet sich der Bedarf nach der Validierung und gegebenenfalls Überarbeitung der vorgeschriebenen Methodik ab.

Bei der Anwendung des Parameters GB21 zeigte sich eine ähnlich Tendenz hinsichtlich der internen und externen Reproduzierbarkeit der Analyseergebnisse. (IGW, 2004)

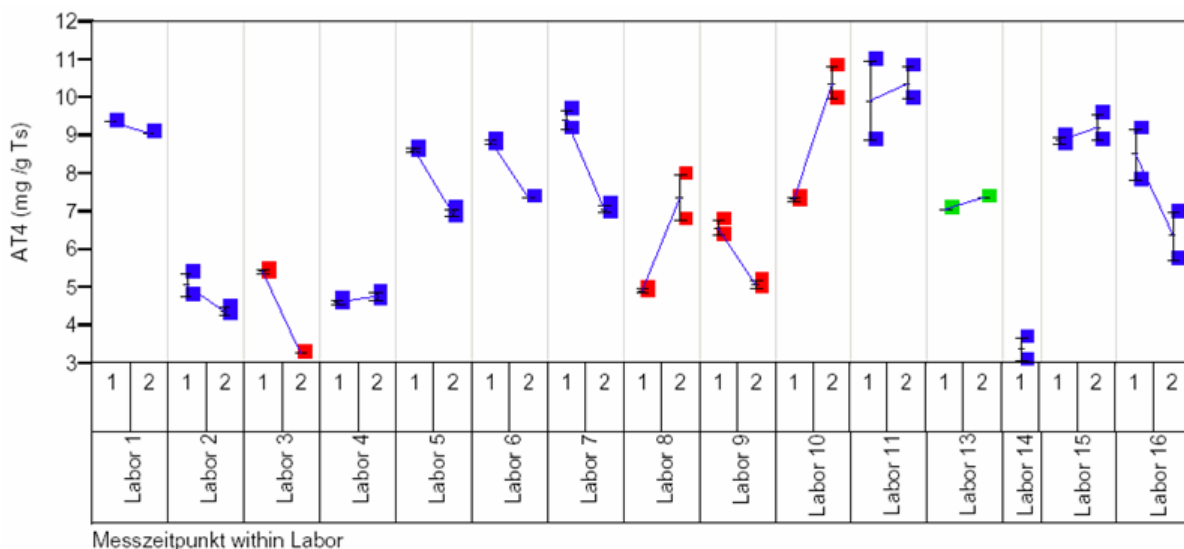


Abbildung 3 Ergebnisse eines Ringversuchs für AT4 in Österreich (IGW, 2004)

3.3.2 TOC im Feststoff

Die Untersuchungen hinsichtlich des Parameters TOC im Feststoff erfolgte anhand von Material aus der Nachrotte einer MBA. Bei den zentral aufbereiteten Proben erfolgten die Probennahme und Aufbereitung der Abfälle durch das Labor des Institutes WAR, während die eigentlichen Analysen parallel durch weitere Labore durchgeführt wurden. Die untersuchten Proben lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Proben 1 – 4: MBA-Material, Versendung der Proben ohne vorherige zentrale Aufbereitung
- Proben 5 – 11: MBA-Material, Versendung der Proben nach vorheriger zentraler Aufbereitung (analysenfein < 0,2 mm)

Somit kommen bei den Proben 1 – 4 als mögliche Quelle für Schwankungen der Ergebnisse die Schritte Aufbereitung und Analytik in Frage, während bei den Proben 5 – 11 lediglich die Analytik Quelle für abweichende Ergebnisse sein kann.

In Abbildung 4 sind die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich TOC im Feststoff der einzelnen Proben und verschiedenen Labore sowie der Grenzwert von 18 Masse-% (ABFABLV, 2001) dargestellt.

Bei den nicht zentral aufbereiteten Proben 1 – 4 liegen die Analyseergebnisse des Labors 2 dicht beieinander und unterschreiten den Grenzwert. Dabei ist über die vier Proben eine geringe Abnahme des TOC festzustellen. Dies korrespondiert mit den jeweils über die ansteigende Probennummerierung längeren Behandlungsdauern. Die Werte sind somit als plausibel einzustufen. Im Vergleich dazu liefert Labor 4 stark voneinander abweichende Werte, von denen die Ergebnisse der Proben 1 und 3 zu hoch liegen und als nicht plausibel einzustufen sind, während die Werte für die Proben 2 und 4 mit denen des Labors 2 korrespondieren und als plausibel einzustufen sind.

Bei den Proben 5 – 9 liefern die Labore 2 und 3 voneinander abweichende Resultate, wobei die Werte des Labors 3 bei der überwiegenden Anzahl der Proben unter denen des Labors 2 liegen. Die TOC-Werte für Probe 10 sind bei Labor 2 und 3 identisch, während Labor 4 einen geringeren Wert nennt. Die größte Schwankung ist bei Probe 12 festzustellen: während Labor 4 mit einem Wert von 19 Masse-% den Grenzwert geringfügig überschreitet, wird dieser durch einen TOC von rund 4 Masse-% durch Labor 3 deutlich unterschritten. Grundsätzlich ist kein Zusammenhang zwischen dem Ursprung der Probe und der Abweichung der TOC-Werte erkennbar.

Generell zeigen die Ergebnisse, dass die größten Abweichungen der Analyseresultate innerhalb einer Probe bei den im originären Zustand ohne zentrale Aufbereitung versendeten Proben feststellbar sind. Dies lässt auf einen erheblichen Einfluss des Schrittes der Aufbereitung auf das Gesamtanalyseergebnis schließen.

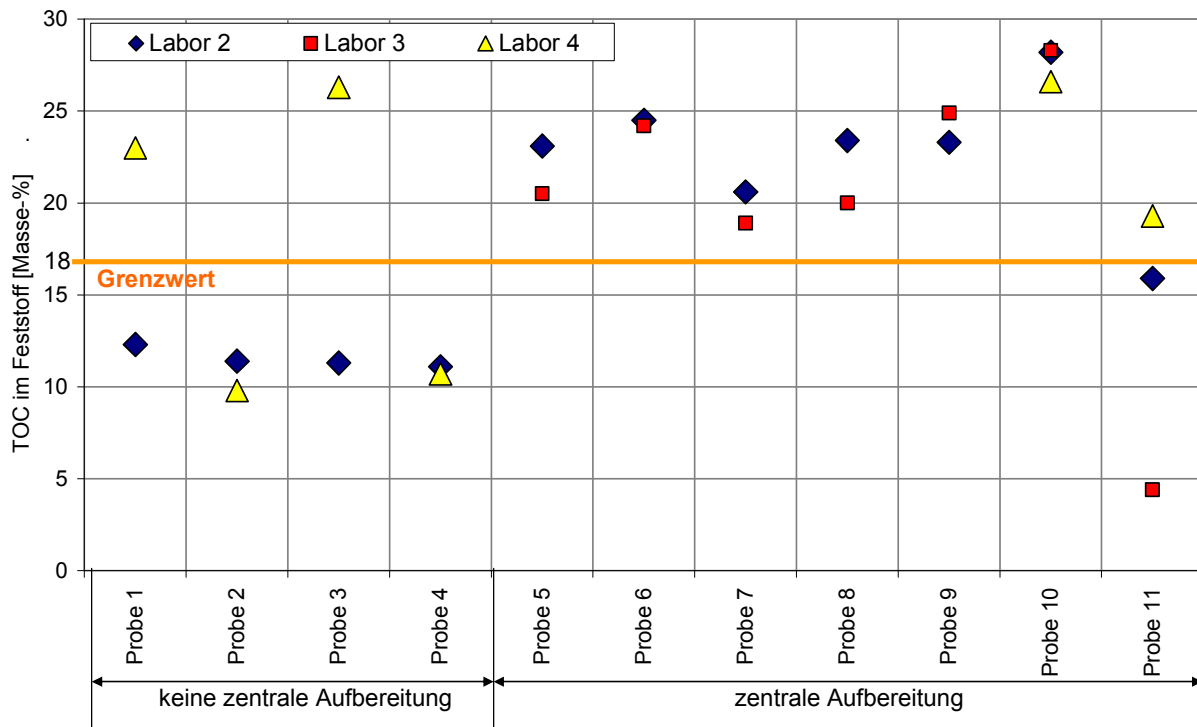


Abbildung 4 Ergebnisse der Parallelanalyse für TOC im Feststoff durch verschiedene Labore

3.3.3 TOC im Eluat

Die Untersuchungen hinsichtlich des Parameters TOC im Eluat erfolgten anhand von Material aus der Intensiv- und Nachrotte einer MBA. Um den Einfluss der Probenaufbereitung auf das Analyseergebnis zu reduzieren, wurden die Probennahme und Aufbereitung der Abfälle auf <10 mm zentral durch das Labor des Institutes WAR durchgeführt. Zur Analyse wurde lediglich das aufbereitete Material an ein weiteres Labor versendet und parallel analysiert.

Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen bezüglich TOC im Eluat der einzelnen Proben und verschiedenen Labore sowie den Grenzwert von 250 mg/l (AbfAbIV, 2001).

Es ist zu erkennen, dass die Werte des Labors 2 keinen plausiblen Zusammenhang zu dem unterschiedlichen Ursprung des Materials aufweisen: So werden für das noch aktivere Material aus Intensivrotte (Proben 1 – 5) vergleichbare Werte wie für das weiter stabilisierte Material aus der anschließenden Nachrotte (Proben 6 – 12) angegeben. Die Analysewerte des Labors 2 lassen mit Ausnahme einer Probe eine Ablagerung des Materials zu. Generell weisen die Werte des Labors 2 somit eine vergleichsweise geringere Spannweite auf, die im Fall der unterschiedlichen Probenquellen auf nicht plausible Messwerte – insbesondere für das Material aus der Intensivrotte – schließen lässt.

Im Vergleich dazu lässt sich bei den Analyseergebnissen von Labor 1 der Zusammenhang zu den unterschiedlichen Probennahmequellen gut erkennen: Das Material aus

der Intensivrotte weist in der überwiegenden Anzahl der Proben deutlich höhere Werte als das Material aus der Nachrotte auf und unterschreitet den Grenzwert nicht. Für das Material aus der Nachrotte liefert Labor 1 Werte, die bei der überwiegenden Anzahl der Proben eine Ablagerung erlaubt. Grundsätzlich korrespondieren die von Labor 1 genannten Werte mit dem jeweiligen Ursprung des Materials und sind somit als plausibel einzustufen.

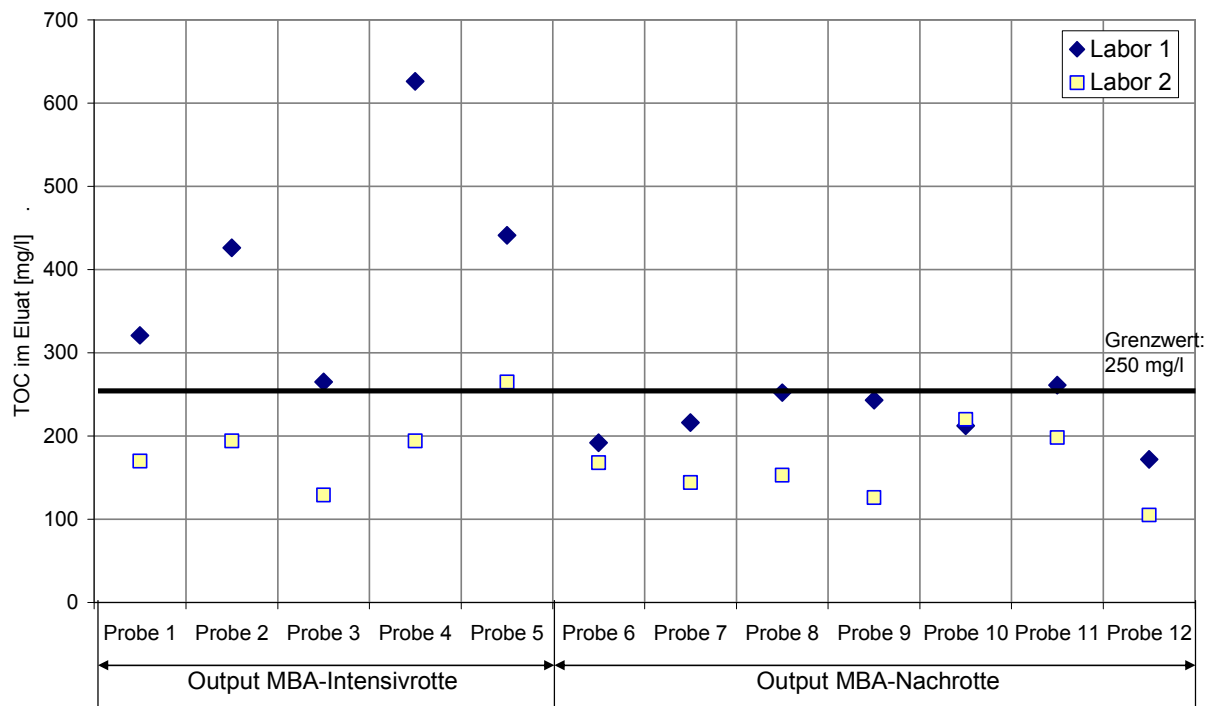


Abbildung 5 Ergebnisse der Parallelanalyse für TOC im Eluat durch verschiedene Labore

4 Zusammenfassung

Zur Bewertung der Ablagerungseigenschaften sind in der AbfAbIV (2001) Zuordnungskriterien definiert, deren Zuordnungswerte für eine Deponierung des Materials seit dem 01.06.2005 einzuhalten sind. Neben bereits in der TA Siedlungsabfall (1993) festgeschriebenen etablierten Parametern wurden als so genannte Alternativparameter zur Beurteilung der biologischen Aktivität die Atmungsaktivität AT4 und alternativ das Gasbildungspotential GB21 als Zuordnungskriterien ergänzt. Grundlage für die Analysemethoden sind die Ergebnisse der im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens "Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen" von der Arbeitsgruppe Qualitätssicherung durchgeführten Ringversuche und die daraus abgeleiteten Methodenvorschläge.

Die Erfahrungen zeigen, dass in der Praxis der Parameter AT4 häufiger als der GB21 Anwendung findet, was zum Einen auf den kürzeren Analysenzeitraum und die somit schnellere Verfügbarkeit der Ergebnisse und zum Anderen auf die damit verbundenen

geringeren Kosten zurückführen ist. Im Vergleich dazu ist der Analysenaufwand für den GB21 höher, so dass die Werte erst nach mindestens der vierfachen Zeitdauer im Vergleich zum AT4 vorliegen und damit verbunden der Kostenaufwand auch höher ausfällt. Im Hinblick auf die Bewertung der Ablagerungsfähigkeit des Materials zeigt sich jedoch, dass der Zuordnungswert für den GB21 verglichen mit dem für den AT4 leichter einzuhalten ist.

Als derjenige Parameter, der für die Ablagerung mechanisch-biologisch behandelter Abfälle am schwierigsten einzuhalten ist, hat sich anhand der Praxiserfahrungen der TOC im Eluat herausgestellt.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die MBA mit der Anlagentechnik ab 2005 in der Lage ist, durch Separation und Prozessoptimierung ein weitgehend stabilisiertes ablagerungsfähiges Output zu erzeugen. Für den optimalen kontinuierlichen Betrieb einer Anlage - insbesondere vor dem Hintergrund der Betriebskosten - ist es von immenser Bedeutung, dass für die Bewertung des Outputs praktikable und reproduzierbare Mess- und Analysemethoden zur Verfügung stehen. Die mittlerweile verfügbaren Erfahrungen zeigen, dass nicht nur die Prozess- und Anlagentechnik, sondern auch die Mess- und Analysetechnik Optimierungspotentiale bietet. So deuten die Analyseergebnisse nicht nur bei den relativ jungen Alternativparametern, wie AT4 und GB21, sondern auch bei etablierten Methoden, wie TOC im Feststoff und TOC im Eluat, auf den Bedarf nach einer kritischen Reflektion der Analysemethoden hin. Von besonderem Interesse ist dabei der Aspekt der Praktikabilität der Durchführung der kompletten Analyse, d.h. einschließlich des Schritts der Probennahme und Aufbereitung im Hinblick auf die Erzielbarkeit plausibler und reproduzierbarer Ergebnisse. Weiterhin ist in diesem Zusammenhang auch eine Untersuchung der Korrelation der Zuordnungskriterien und –werte anzustreben. Es ist wünschenswert, die bereits während der Methodenentwicklung geäußerte Forderung nach einer der Überprüfung und Qualitätssicherung der Methoden auf Basis der Praxiserfahrungen zeitnah umzusetzen.

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 |
| Bockreis, A.; Brockmann, C.; Jager, J. | 2000 | Testmethoden für die Bewertung der Ablagerungseignung von MBA-Abfällen, in: Brandenburgische Umwelt |

- Berichte, Nr. 6: „Die Zukunft der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung“. Potsdam, 2000
- Bockreis, A.; Steinberg, I.; Jager, J.: 2001 Anforderungen an die Ablagerung von MBA-Abfällen, in: Verein zur Förderung des Instituts WAR (Hrsg.): 63. Darmstädter Seminar – Abfalltechnik – Auswirkungen der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Behandlungsanlagen, Schriftenreihe WAR Bd. 135, Darmstadt (DE) 2001, S. 10 – 21, ISBN 3-392518-31-4
- Brockmann, C.; Bockreis, A.; Danhamer, H.; Jager, J. 1999 Analytische Qualitätssicherung im Verbundvorhaben. Verbundvorhaben „Mechanisch-biologische Behandlung von zu deponierenden Abfällen“. Beiträge der Ergebnispräsentation. Potsdam, 1999
- IGW 2004 Ringversuch für die Stabilitätsparameter zur Beurteilung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen, durchgeführt für das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, Österreich. 2004
- TA Siedlungsabfall 1993 Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall). Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14.05.1993. BAnz. Nr. 99a

Anschrift der Verfasserinnen

Dr. Anke Bockreis, Dr. Iris Steinberg
Institut WAR, Fachgebiet Abfalltechnik, TU Darmstadt
Petersenstr. 13
D- 64287 Darmstadt
a.bockreis@iwar.tu-darmstadt.de
<http://www.iwar.bauing.tu-darmstadt.de/abft/Deutsch/index.htm>