
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

Einfluß der mechanisch-biologischen Behandlung auf das Deponieverhalten – Erfahrungen in Österreich

Schlüsselwörter: MBA, Deponieverhalten, Gasbildung im Inklubationsversuch, Sickerwasserqualität.

Seit den späten 80er Jahren werden in Österreich MBA-Anlagen betrieben. Derzeit (2012) werden in 19 Anlagen jährlich ca. 550.000 t Restabfall und Klärschlamm behandelt. An Deponiefraction fallen in Österreich jährlich ca. 170.000 t an.

Die derzeit vorliegenden Praxisdaten zeigen, daß durch die mechanisch-biologische Behandlung das erforderliche Deponievolumen zwischen 35% (bei Deponierung der heizwertreichen Fraktion) und 75% (bei Verbrennung der heizwertreichen Fraktion) verringert werden kann.

Die Sickerwassermengen werden durch die mechanisch biologische Behandlung deutlich verringert. Auch die Qualität des Sickerwassers wird erheblich verbessert. Die Konzentrationen von CSB und BSB₅ sinken um über 90%. Der Austrag von Schwermetallen wird deutlich verringert. Die Ammoniumkonzentrationen verbessern sich gegenüber Deponien aus unbehandelten Abfällen allerdings erst mit zunehmender Ablagerungsdauer.

Die Gasbildung kann bei entsprechender Behandlungsdauer um 90 bis 95% reduziert werden.

Hinsichtlich der Auswirkungen der MBA auf die geotechnischen Eigenschaften stehen derzeit noch zu wenige Daten zur Verfügung. Durch die geringe Korngröße (Größtkorn 25 bis 50 mm) ergibt sich eine geringe Durchlässigkeit und eine Verringerung des Aufnahmevermögens für Zugspannungen. Hinsichtlich Standfestigkeit (geringer Reibungswinkel) und Einbauverhalten bei Niederschlag (Befahr- und Verdichtbarkeit) sind daher für MBA-Deponien negative Auswirkungen zu erwarten, die durch entsprechende Adaptierung der Einbautechnik kompensiert werden müssen.

1. Gesetzliche Situation in Österreich

Bei der direkten Ablagerung von Siedlungsabfällen entstehen auf Grund von anaeroben biologischen Abbauvorgängen Deponiegas und Sickerwasser. Mehr

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

als 90% des umgesetzten organischen Kohlenstoffes entweichen als CO_2 und CH_4 , der Rest wird über das Sickerwasser ausgetragen. Methan aus Deponien steht nach dem Reisanbau und der Fleischproduktion (Wiederkäuer) weltweit an dritter Stelle der anthropogenen Methanemissionen, es ist bis zu 35 mal treibhauswirksamer als CO_2 .

Im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes [3] wurde zur Minimierung der Umweltbeeinträchtigungen durch Abfälle mit 1.01.1997 in Österreich die Deponieverordnung [4] in Kraft gesetzt. Die darin enthaltenen Bestimmungen betrafen sowohl neu zu errichtende Deponien als auch bereits bestehende. Für Altanlagen galten Übergangsbestimmungen, nach denen diese Deponien bis 2004 stufenweise an den Stand der Technik anzupassen waren. 2008 wurde die Deponieverordnung komplett überarbeitet [5]. Die wesentlichen Regelungen für Massenabfalldeponien blieben erhalten; für Abfälle aus der mechanisch-biologischen Behandlung (MBA) wurden Grenzwerte zur Beurteilung der Reaktivität (Atmungsaktivität (AT_4) und Gasbildungspotential (GS_{21} bzw. GB_{21}) aus der MBA-Richtlinie 2001 übernommen.

Bereits in der Fassung von 1996 sah die Deponieverordnung unter anderem vor, den Input in Deponien hinsichtlich des Gehaltes an organischer Substanz bzw. organischem Kohlenstoff deutlich zu beschränken. Für Massenabfalldeponien wird daher der Gehalt an organischer Substanz, gemessen als TOC (Total Organic Carbon), mit 5% in der Trockenmasse (TM) begrenzt. Der TOC-Grenzwert gilt auch bei einem Glühverlust $\leq 8\%$ TM als eingehalten.

Der Gesetzgeber hat aber die Möglichkeit geschaffen, Abfälle aus der mechanisch-biologischen Behandlung in einem gesonderten Bereich einer Massenabfalldeponie abzulagern, wenn der Heizwert (H_o) nicht mehr als 6.600 kJ/kg TM beträgt und die übrigen Grenzwerte (Tabellen 9 und 10, Anlage 1 der Deponieverordnung) eingehalten werden (siehe Tabelle 2), auch wenn der TOC Grenzwert überschritten wird (Ausnahmeregelung § 7 Abs. 7 lit. f). Durch die Begrenzung des Heizwertes sollen sowohl die Ablagerung von thermisch verwertbaren Anteilen verhindert und das Emissionsverhalten der Deponie verbessert werden. In die DVO 2008 wurden zusätzliche Reaktivitätsparameter aus der MBA-Richtlinie 2002 übernommen.

In den Jahren 1996 und 1997 wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (BMUJF) mehrere Forschungsarbeiten betreffend die mechanisch-biologische Abfallbehandlung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Studien sind in die MBA-Richtlinie 2002 eingeflossen. Wesentliche Anforderungen dieser Richtlinie betreffen:

– **Grenzwerte für Reaktivitätsparameter**

Der Grenzwert für AT_4 wurde mit 7 mg O_2/g TM festgesetzt. Die Gasbildung muß weniger als 20 NI/kg TM betragen.

– Durchführung der Intensivrotte in geschlossenen Anlagen mit Abluftfassung und -behandlung

Die Vorgaben für die Nachrotte in offener Mietenrotte waren mindestens 4 Wochen Intensivrotte im geschlossenen System und unterschreiten einer Atmungsaktivität $AT_4 < 20 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$.

– Abluftgrenzwerte für MBA-Anlagen

Festgelegt wurden Grenzwerte für Geruch ($< 500 \text{ GE}$), Staub ($< 10 \text{ mg/m}^3$), Ammoniak ($< 20 \text{ mg/m}^3$) Stickoxide (Stundenmittelwert = HMW $< 150 \text{ mg/m}^3$ bzw. Tagesmittelwert = TMW $< 100 \text{ mg/m}^3$) und organische Kohlenstoffe (HMW $< 40 \text{ mg/m}^3$, TMW $< 20 \text{ mg/m}^3$ und Gesamtfracht $< 100 \text{ g/t Abfall}$).

Tabelle 1

Grenzwerte für Schadstoffgehalte (Gesamtgehalte) für Massenabfalldeponien (österreichischen Deponieverordnung 2008, Anhang 1 Tabellen 9) und Analysenwerte von 8 Proben nach unterschiedlicher Behandlung (4 Anlagen)

Parameter	Grenzwerte der DepVO für mech.-biolog. behandelte Abfälle [mg/kg TM]	Mechanisch-biologisch behandelte Abfälle [mg/kg TM]
Gesamtgehalte:		
Heizwert (Ho) [kJ/kg TM]	6.600	6.000 bis 14.000
Atmungsaktivität (AT_4) [$\text{mgO}_2/\text{g TM}$]	7	1 bis 15 (50 Proben)
Gassumme [Nl/kg TM]	20	1 bis 20 (50 Proben)
Anorganische Stoffe		
Arsen (als As)	500	6,1 bis 12,4
Barium als (Ba)	10.000	280 bis 930
Blei (als Pb)	5.000	190 bis 300
Cadmium (als Cd)	30	1,4 bis 6,2
Chrom (als Cr)	8.000	65 bis 175
Cobalt (als Co)	500	6,5 bis 11,0
Kupfer (als Cu)	5.000	230 bis 450
Nickel (als Ni)	2.000	29 bis 150
Quecksilber (als Hg)	20	1,3 bis 2,6
Silber (als Ag)	100	1,6 bis 5,3
Zink (als Zn)	5.000	600 bis 2.100
Organische Summenparameter		
Σ Kohlenwasserstoffe (KW)	20.000	450 bis 9.000
Σ polyzykl. aromat. KW (PAK)	300	0,8 bis 13
POX (als Cl)	1.000	$< 0,0001$
BTEX	6	

Tabelle 2

*Grenzwerte für Schadstoffgehalte (Eluatgehalte) für Massenabfalldeponien
(österreichischen Deponieverordnung 2008, Anhang 1 Tabellen 10) und Analysenwerte
von 8 Proben nach unterschiedlicher Behandlung (4 Anlagen)*

Parameter	Grenzwerte der DepVO für mech.-biolog. behandelte Abfälle [mg/kg TM]	Mechanisch-biologisch behandelte Abfälle [mg/kg TM]
Eluatgehalte (DEV S4)		
pH-Wert	6 bis 13	6,7 bis 8,2
Abdampfdruckstand	100.000	37.000 bis 94.000
Anorganische Stoffe		
Antimon	5	-
Arsen	25	-
Barium	300	-
Blei	50	-
Cadmium	5	-
Chrom gesamt	70	-
Chrom VI (als Cr)	20	< 0,1
Cobalt	50	-
Kupfer	100	-
Molybdän	30	-
Nickel	40	-
Quecksilber	0,5	-
Selen	7	-
Silber	10	-
Zink	200	-
Zinn	200	-
Ammonium (als N)	10.000	380 bis 3.500
Cyanid, leicht freis. (als CN)	20	1,3 bis 5,7
Fluorid (als F)	500	< 5
Nitrit (als N)	1.000	< 10 bis 480
Sulfat (als SO ₄)	25.000	3.500 bis 13.000
Organische Summenparameter		
TOC (als C)	ist anzugeben	9.200 bis 21.000
Kohlenwasserstoff-Index	200	-
EOX (als Cl)	30	< 0,2
Phenolindex	1.000	-

2. Situation der Restabfallkompostierung in Österreich

2.1. Anlagen zur mechanisch-biologischen Behandlung

Auf der Suche nach alternativen Abfallentsorgungsmöglichkeiten entstand in den 70er Jahren in Europa eine große Anzahl von Hausmüllkompostierungsanlagen. In Folge der hohen Schadstoffbelastung im Müllkompost ergaben sich Anwendungsprobleme, was schließlich dazu führte die Kompostierung von Hausmüll überhaupt in Frage zu stellen.

In Österreich war die Verwertung vom Müllkompost von Anfang an problematisch, daher wurde schon seit vielen Jahren ein Großteil des Kompostes abgelagert. Schwierigkeiten bei der Errichtung von weiteren Deponien einerseits, aber auch die Einsparung von Deponievolumen andererseits ließen den Weiterbetrieb dieser Anlagen sinnvoll erscheinen. In den späten 80er Jahren wurden in 18 Hausmüllkompostierungsanlagen bis zu 400.000 t kommunale Abfälle zu Kompost v.a. für Rekultivierungsmaßnahmen bzw. als Vorbehandlungsmaßnahme vor der Deponierung verarbeitet. Durch eine Intensivierung der Wertstoff- und Problemstoffsammlung, vorgeschaltete Sortierstrecken, Investitionen in die Materialaufbereitung und Konditionierung sowie die Umstellung auf Intensivrotteverfahren wurden die Anlagen laufend den neuen technischen Erfordernissen angepaßt.

Mit 1.01.1995 ist eine Verordnung betreffend die getrennte Erfassung von Bioabfällen (Bioabfall-VO BGBl. 456/1994) in Kraft getreten. Aus der Notwendigkeit Anlagenkapazitäten für Bioabfallkompostierung zu schaffen wurden einige der ehemaligen Hausmüllkompostierungsanlagen auf die Kompostierung von Bioabfall umgestellt. Einige Anlagen wurden stillgelegt. Eine Anlage (Fischamend) wurde neu errichtet und ging Ende 1996 in den Probebetrieb.

2004 (in diesem Jahr wurde das Deponierungsverbot von Abfällen mit $\text{TOC} > 5\%$ TM schlagend) wurden MBA-Anlagen in Linz, Wr. Neustadt, St. Pölten, Frohnleiten, Liezen, Halbenrain und Lienz in Betrieb genommen.

Derzeit werden in 19 österreichischen Anlagen pro Jahr etwa 550.000 t Restmüll und Klärschlamm mechanisch biologisch behandelt (die installierte Anlagenkapazität liegt bei ca. 670.000 t/a). An Deponiefraktion fallen ca. 170.000 t/a (ca. 30% des Input) an [10]. Die Masse der heizwertreichen Fraktion beträgt ca. 245.000 t/a [10] bzw. ca. 40% des Input.

3. Auswirkungen der mechanisch-biologischen Behandlung auf das Deponieverhalten

3.1. Datengrundlage

Bedingt durch die hohe Schadstoffbelastung landete wie erwähnt der Großteil des produzierten Müllkompostes auf Deponien. Durch Auswertung der an diesen Deponien gewonnenen Daten konnte Wurz [14] wertvolle Erkenntnisse über das Langzeitverhalten von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfälle gewinnen. Dabei flossen auch persönliche Erfahrungen der Deponiebetreiber in die Interpretation ein.

Wegen des Fehlens einer gesicherten Datengrundlage sind hinsichtlich der in diesem Beitrag getätigten Schlußfolgerungen jedoch folgende Einschränkungen zu beachten:

- Deponiert wurde lange Zeit hindurch mechanisch-biologisch vorbehandelter Hausmüll und nicht Restmüll; auf Grund der sehr ähnlichen Zusammensetzung von Hausmüll und Restmüll erscheint eine Interpretation der Daten aber zulässig. Zu beachten ist weiters, daß keine speziell auf Einhaltung des Brennwertes abgestimmte Aufbereitung erfolgte (Kunststoffe blieben weitgehend im Deponiegut).
- Auf keiner einzigen Deponie wurden ausschließlich biologisch vorbehandelte Abfälle abgelagert. Der Anteil an MBA-Material lag zwischen 20% und 80%. Fast immer wurden Sperrmüll, Geschäfts- und Gewerbeabfälle, Reste aus der Kompostaufbereitung wie Siebüberlauf aus der Rohkompostaufbereitung und Siebüberlauf bzw. Hartstoffe aus der Reifkompostaufbereitung, sowie oft auch kommunaler Klärschlamm und in Einzelfällen sogar Grünschnitt mitabgelagert. Dadurch sind mit Sicherheit schlechtere Bedingungen als auf Monodeponien gegeben; die Interpretationen liegen daher auf der sicheren Seite.
- Die meisten der Deponien wurden nicht nach heutigem Stand der Technik errichtet. In manchen Fällen fehlte sogar eine Basisabdichtung. Zwangsentgasungseinrichtungen gab es wenn überhaupt nur zur Abfackelung des Deponiegases; ältere Gasmengenmessungen sind daher nicht greifbar. Erst nach Deponiesanierungen bzw. nach Deponieerweiterungen in den 80er Jahren können heute Deponiegas und Sickerwasser untersucht werden. Sanierungen wurden vielfach durch Umspundung des Deponiekörpers durchgeführt. Bei der Interpretation der Sickerwasserdaten sind in diesen Fällen Verdünnungseffekte zu beachten, die mit der Art der Sickerwasserentnahme – durch den Betrieb einer Wasserhaltung – zu erklären sind.

Neben Deponiedaten wurden auch Ergebnisse von Rotteversuchen, sowie Untersuchung betreffend Gasbildungspotential in die Darstellung einbezogen.

3.2. Auswirkungen auf die zu deponierende Menge

Durch das Aussortieren von Wertstoffen, den Rotteverlust und eine Verbesserung der Verdichtbarkeit (in Siggerwiesen/Sbg. wurde durch Deponievermessung eine Einbaudichte von $1,3 \text{ t/m}^3$ festgestellt) können 30 bis 50% an Deponievolumen eingespart werden. Werden die anfallenden Siebreste verbrannt, sind bis zu 70% Deponieentlastung möglich [11].

Die Materialbilanz der Hausmüllkompostierungsanlage Aich Assach ergab fast idente Werte. 1996 wurden 6.650 t Hausmüll + Klärschlamm angeliefert, an Siebüberlauf fielen bei 2 Siebschritten 1.630 t an, die Kompostmenge betrug 3.000 t. In Aich Assach wurde 1996 der Kompost verwertet, daher gelangen derzeit nur 25% des angelieferten Hausmülls auf die Deponie. Bei der hypothetischen Annahme einer üblichen mechanisch-biologischen Behandlung (die Kompostfraktion wird deponiert) und bei einer Einbaudichte von $0,9 \text{ t/m}^3$ für unbehandelten Restmüll bzw. $1,3 \text{ t/m}^3$ nach der Behandlung ergäbe sich eine Einsparung an Deponievolumen von 45%. Wird der brennbare Anteil am Siebüberlauf thermisch verwertet, so ergeben sich 65% Einsparung an Deponievolumen (270 t Verbrennungsrückstände wurden berücksichtigt).

In der Kompostanlage Oberpullendorf wurden 1995 ca. 35.000 t Restmüll + Klärschlamm verarbeitet. Bedingt durch das Wendelinverfahren gelangte nur die Fraktion $< 35 \text{ mm}$ in die mechanisch-biologische Behandlung. Ca. 65 Vol % der angelieferten Restabfälle gelangten damals auf die Deponie. Bei thermischer Verwertung des Siebüberlaufes beträgt die kalkulierte Deponieraumeinsparung gegenüber der Ablagerung unbehauelter Abfälle 70 bis 75%.

Derzeit werden in Österreich wie erwähnt ca. 550.000 t/a Restabfall und Klärschlamm mechanisch-biologisch behandelt [7]. Bei einer Einbaudichte von $0,9 \text{ t/m}^3$ für unbehandelten Restmüll bzw. $1,3 \text{ t/m}^3$ nach einer mechanisch-biologischen Behandlung beträgt die jährliche Einsparung an Deponievolumen ca. 450.000 m^3 bzw. 75% (die Rückstände aus der Verbrennung der heizwertreichen Fraktion wurden mit 22% Masse kalkuliert).

3.3. Auswirkungen auf die Qualität des Deponiegutes

Durch die mechanisch-biologische Behandlung wird die im Restmüll-Klärschlammgemisch enthaltene organische Substanz zu CO_2 bzw. zu schwer abbaubaren organischen Verbindungen umgebaut. Nach einer ausreichenden biologischen Behandlung beträgt der Gesamtkohlenstoffgehalt im Deponiegut noch ca. 20%. Bei einer mechanisch-biologischen Behandlung von 550.000 t/a Restmüll wäre in den 170.000 t/a Deponiegut ca. 35.000 t Kohlenstoff pro Jahr, welche als nur mehr sehr schwer abbaubare organische Verbindungen der Kohlenstoffslenke MBA-Deponie zugeführt würden.

3.3.1. SICKERWASSER

Sickerwassermengen

Der Wasserhaushalt einer Deponie wird von Standortfaktoren (Klima, Niederschlagsverteilung), den geometrischen Abmessungen (Oberfläche, Schütthöhe) und der Deponietechnik (Einbautechnik, Deponieabdeckung, Sickerwassermanagement) stark beeinflusst. Daher ist eine Interpretation erhobenen Daten [1] bezüglich Einfluß der mechanisch-biologischen Vorbehandlung auf die Sickerwassermengen nur bedingt möglich. Die Auswertung zeigt zwar bei kürzerer Vorbehandlungsdauer höhere Sickerwassermengen (Siggerwiesen/Sbg.), gerade im betreffenden Fall treten jedoch Niederschläge > 800 mm/a auf (in Ostösterreich sind es < 500 mm/a); weiters erfolgt die Sickerwasserabfuhr durch Wasserspiegelabsenkung in der Deponie. Die höhere Sickerwassermenge ist daher zum Teil auch auf nachdringendes Grundwasser zurückzuführen.

Fehrer [9] stellte bei geotechnischen Laboruntersuchungen zweier unterschiedlicher MBA-Materialien äußerst geringe Durchlässigkeiten fest. Der k_f -Wert von Material aus Oberpullendorf (< 25 mm, 50 Wochen Behandlungsdauer) liegt bei $k_f < 10^{-10}$ m/s, jener eines Outputs der Anlage Allerheiligen (< 12 mm, 5 Wochen Behandlungsdauer) bei $k_f < 10^{-11}$ m/s. Bei derart geringer Durchlässigkeit sind nur sehr geringen Sickerwassermengen erwarten.

Sickerwasserzusammensetzung

Als eindeutiges Indiz einer positiven Beeinflussung der Sickerwasserqualität können die Beobachtungen einiger Deponiebetreiber bezüglich Inkrustierungen im Drainagesystem gewertet werden. Bei Überprüfungen mittels Videokamera wurden nur geringe Inkrustierungen festgestellt. Nahezu alle Deponiebetreiber die über Spülmöglichkeiten der Sickerwasserdrainagesysteme verfügen stellten fest, daß die einmal jährlich durchzuführende Spülung nicht unbedingt erforderlich wäre. Hausmülldeponien hingegen sollten 2–3 Mal pro Jahr gespült werden.

Die Sickerwasseranalysedaten belegen, daß durch die MBA die Versäuerungsphase vorweggenommen wird (Tabelle 3). Bereits junge MBA-Deponien (< 4 Jahre) weisen pH-Werte um den Bereich von pH = 8 auf [14], während „unbehandelte“ Deponien erfahrungsgemäß deutlich tiefere pH-Werte zeigen (Abbildung 1).

Tabelle 3

Vergleich von Sickerwasserkonzentrationen aus MBA-Deponien mit jenen aus „unbehandelten“ Deponien [14]

	MBA jung (< 4 Jahre)	Unbehandelt jung (< 4 Jahre)	MBA alt (> 4 Jahre)	Unbehandelt alt (> 4 Jahre)
MBA – Anteil [%]	> 50	0	> 50	0
pH-Wert	7,9 bis 8,2	6,0 bis 8,3	7,5 bis 8,2	7 bis 8,5
CSB [mg O ₂ /l]	6.600	60.000	200 bis 1.000	18.000

Forts. Tab. 3

	MBA jung (< 4 Jahre)	Unbehandelt jung (< 4 Jahre)	MBA alt (> 4 Jahre)	Unbehandelt alt (> 4 Jahre)
BSB ₅ [mg O ₂ /l]	1.000	30.000	20 bis 400	6.000
BSB ₅ /CSB	0,1 bis 0,2	0,5 bis 0,8	0,05 bis 0,3	0,05 bis 0,5
NH ₄ [mg/l]	1.000 bis 2.000	200 bis 2.500	25 bis 450	200 bis 5.500
Zn [mg/l]	0,5 bis 3	3 bis 14	0,02 bis 0,2	0,1 bis 0,7

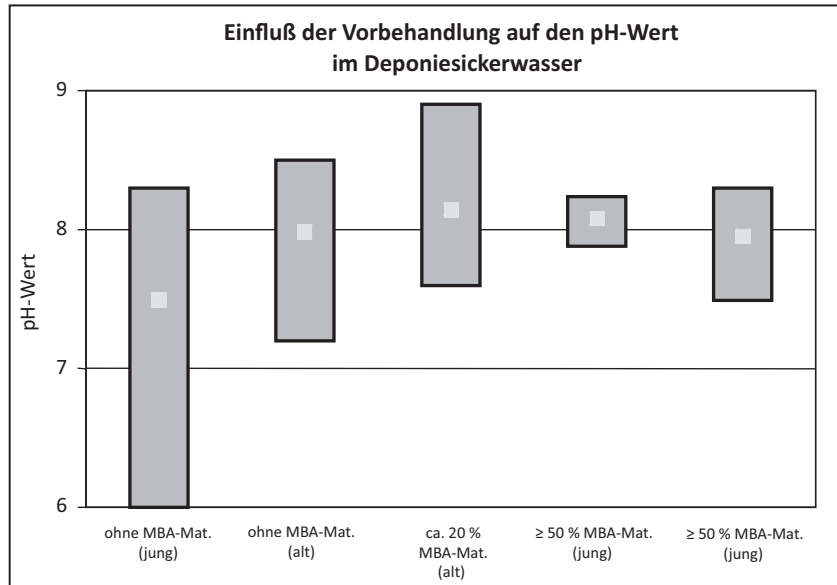


Abbildung 1. Einfluß von Vorbehandlung und Ablagerungsalter auf den pH-Wert im Deponiesickerwasser; Maxima, Minima, Mittelwerte

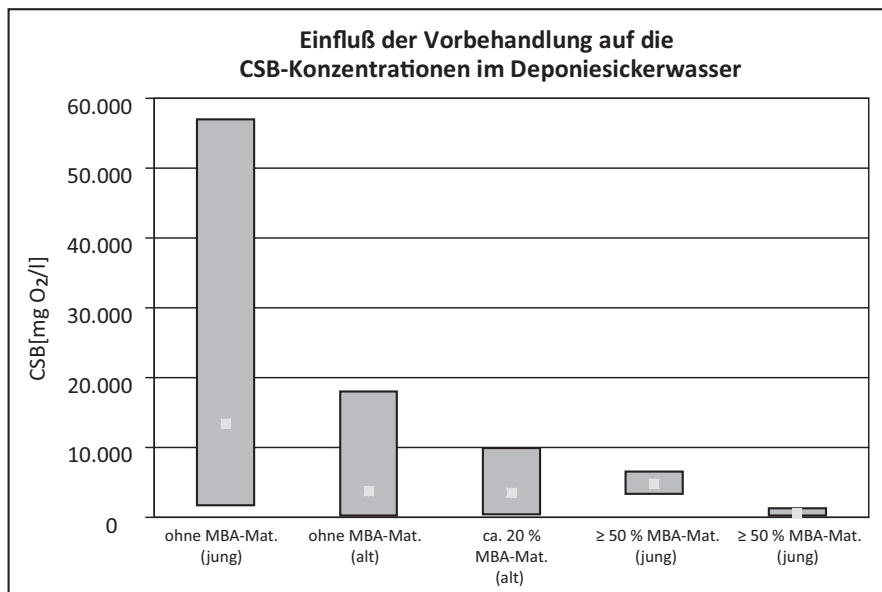


Abbildung 2. Einfluß von Vorbehandlung und Ablagerungsalter auf die CSB-Konzentrationen im Deponiesickerwasser; Maxima, Minima, Mittelwerte

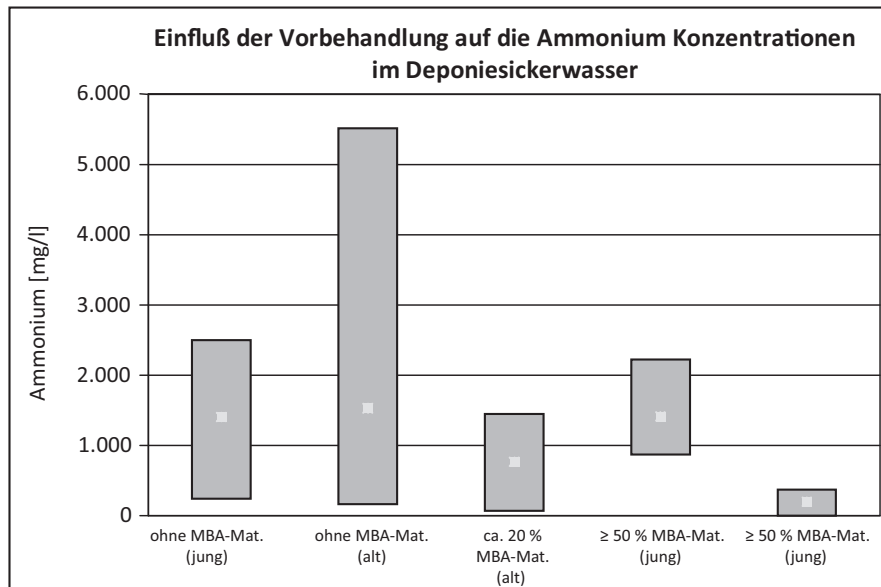


Abbildung 3. Einfluß von Vorbehandlung und Ablagerungsalter auf die Ammonium-Konzentrationen im Deponiesickerwasser; Maxima, Minima, Mittelwerte

Die Sickerwasserkonzentrationen liegen im unteren Bereich der in Reaktordeponien üblichen Konzentrationen. Junge MBA-Deponien (< 4 Jahre) weisen CSB-Konzentrationen von maximal 6.600 mg O₂/l auf. Eine Deponie mit unbehandeltem Abfall vergleichbaren Alters erreicht Spitzen bis zu CSB = 60.000 mg O₂/l. Die CSB Konzentrationen der untersuchten alten MBA-Deponien (> 4 Jahre) liegen zwischen 600 und 1.000 mg O₂/l, während eine Deponie mit unbehandeltem Abfall nach dieser Laufzeit noch CSB = 18.000 mg O₂/l aufweist (Abbildung 2). Die selben Tendenzen sind auch beim Parameter BSB₅ festzustellen. 1.400 mg O₂/l gegenüber 30.000 mg O₂/l bei jungen Deponien bzw. 20 bis 600 mg O₂/l gegenüber 6.000 mg O₂/l. MBA-Deponien weisen somit 90–95% geringere organische Belastung gleich alte Deponien in denen nicht vorbehandelte Abfällen abgelagert wurden.

Auch Schwermetallkonzentrationen im Sickerwasser werden durch die MBA deutlich verringert. Als Beispiel ist in Tabelle 3 bzw. Abbildung 4 Zink dargestellt. Bei den Ammoniumkonzentrationen (Abbildung 3) erreichen MBA-Deponien erst mit zunehmendem Alter deutliche Vorteile (geringere Konzentrationen) gegenüber Deponien aus unbehandeltem Abfall [14].

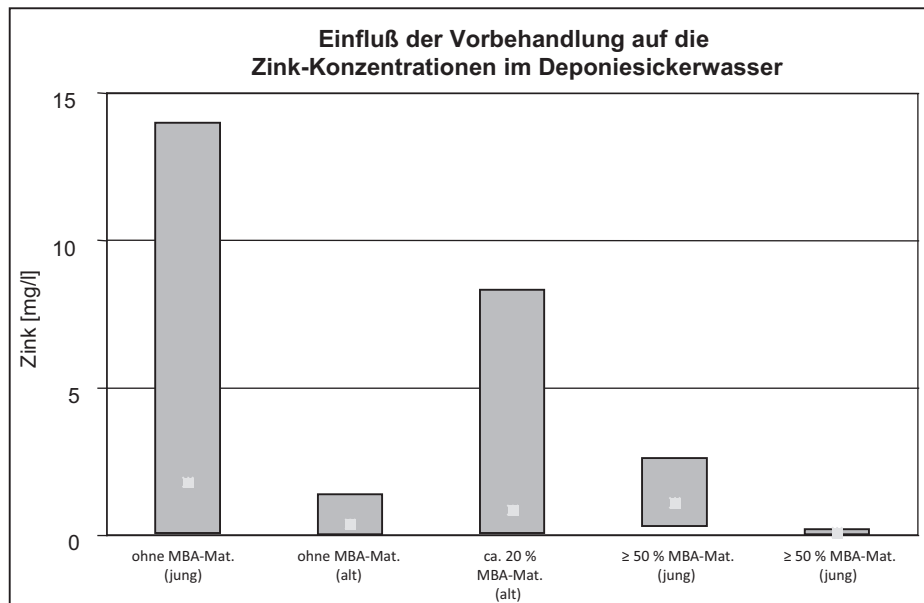


Abbildung 4. Einfluß von Vorbehandlung und Ablagerungsalter auf die Zink-Konzentrationen im Deponiesickerwasser; Maxima, Minima, Mittelwerte

3.3.2. AUSWIRKUNGEN AUF DIE MECHANISCHEN EIGENSCHAFTEN

Viel zu wenig Beachtung fanden bisher die mechanischen Eigenschaften von MBA-Material. Positiv wirkt sich die bessere Verdichtbarkeit des Deponiegutes hinsichtlich „Deponieraumschonung“ aus. Im Kapitel Sickerwassermengen wurde bereits auf die sehr geringe Durchlässigkeit von MBA-Material hingewiesen. Die Ursache darin liegt unter anderem in der für die Einhaltung des Brennwertes erforderlichen geringen Korngröße des Deponiegutes. Trotz einer effizienten Kunststoffabtrennung und einer sorgfältig durchgeführten Rotte kann ein Brennwert von 6.600 kJ/kg TM nur bei einem Siebschnitt im Bereich < 25 bis < 50 mm unterschritten werden. Diese feine Körnung führt jedoch einerseits zu Schwierigkeiten beim Einbau/Verdichten (vor allem bei Niederschlägen) und vermindert andererseits auch die Standfestigkeit des Deponiekörpers [9]. Durch die fehlende Armierung (Kunststoffe, die dies bewerkstelligen könnten müssen weitestgehend abgeschieden werden) können Zugkräfte nicht übertragen werden; wird die Böschungsneigung nicht entsprechend verringert, können Hangrutschungen auftreten.

3.3.3. AUSWIRKUNGEN AUF DIE DEPONIEGASEMISSIONEN

Bezüglich Deponiegasbildung zeigt sich ein sehr deutlicher Einfluß der Vorbehandlungsdauer. Bei 3-wöchiger Vorbehandlung werden Deponiegas-mengen von 5 m³/t FM und Jahr abgesaugt [11]. Ab 14 wöchiger Rotte liegen die Meßwerte unter 1 m³/t FM und Jahr (bei 50% MBA-Anteil).

Besonders markant ist die Auswirkung der Umstellung der Anlage Lustenau/Vbg. auf Bioabfallkompostierung. Hier gelangt seit 1989 nur noch unbehandelter Restmüll auf die Deponie. 7 m³ Gas/t FM und Jahr fallen in diesem mittlerweile 6 Jahre alten Deponieabschnitt an; in der Schüttung wo überwiegend 14 Wochen biologisch vorbehandeltes Material deponiert wurde (das älteste Material lagert allerdings schon 20 Jahre; seit 5 Jahren ist die Schüttung in diesem Bereich eingestellt) werden 0,9 m³ Gas/t FM und Jahr abgesaugt. Ältere Meßwerte stehen nicht zur Verfügung, weil die Zwangsentgasung erst 1989 installiert wurde [13].

Sehr geringe Gasbildung zeigt auch die Deponie Allerheiligen/Stmk, wo bis zum Umbau der MBA Restmüll nach 30-wöchiger Vorbehandlungsdauer abgelagert wurde. Die geringe Menge von 0,25 m³ Gas/t FM und Jahr bei einem CH₄-Anteil von nur 3 bis 18% bereiten Probleme bei der Abfackelung. Die Fackel (ausgelegt auf 220 m³/h) kann gerade 1,5 Stunden pro Tag betrieben werden [12].

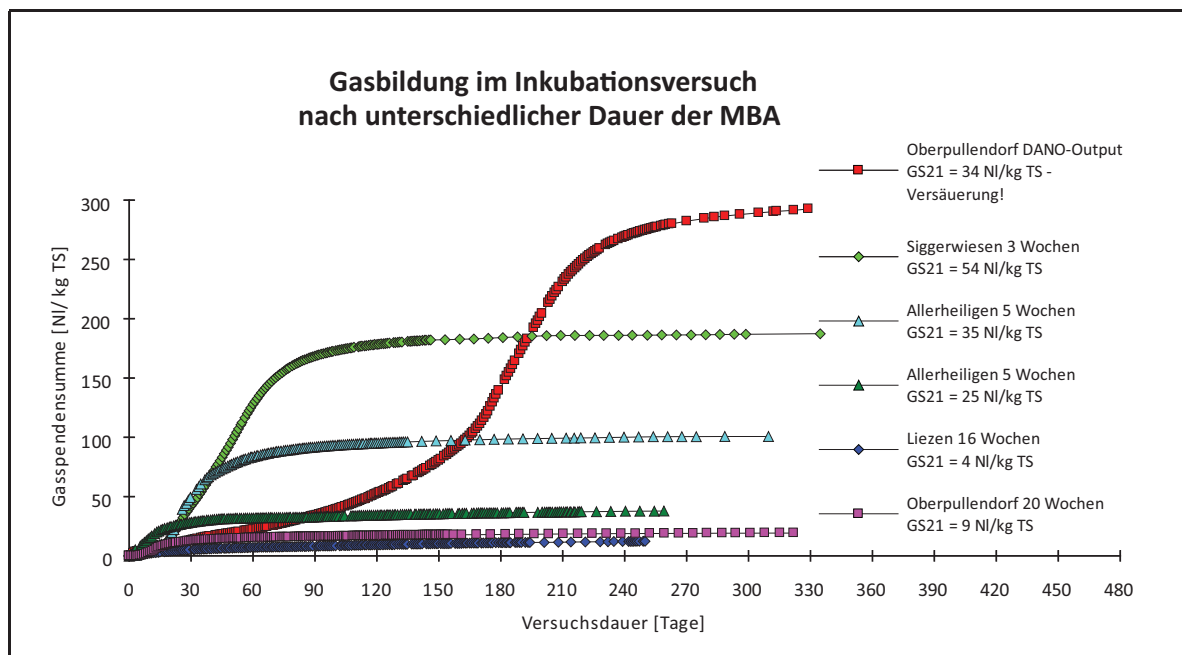


Abbildung 5. Auswirkung der MBA auf das Gasbildungspotential von Restmüll

Diese an Deponien gewonnenen Abschätzungen wurden durch Laborversuche bestätigt. Abbildung 5 zeigt den Einfluß von unterschiedlicher Behandlungsdauer auf das Gasbildungspotential von Restmüll. Ein Einhalten der Grenzwerte der MBA-Richtlinie (unsere Untersuchungen zeigen, daß dafür eine Behandlungsdauer von 8 bis 12 Wochen erforderlich ist) verringert die Gasbildung um mindestens 90% bis 95% gegenüber der bisher üblichen Deponierung unbehandelter Abfälle [2]. Folgende Annahmen wurden für diese Abschätzung getroffen:

- 30% FM brennwertreiche Fraktion werden mechanisch abgetrennt,

- 30% FM Rotteverlust,
- das Gasbildungspotential von unbehandeltem Restmüll liegt zwischen 70 und 120 m³/t FM (bzw. 130 bis 300 m³/t TM),
- das Gasbildungspotential nach der MBA beträgt 24 m³/t TM bzw. 6,2 m³/t FM (das entspricht $AT_4 = 7 \text{ mg O}_2/\text{g TM}$ bzw. $GS_{21} = 12 \text{ NI/kg TM}$).

4. Zusammenfassung

In Österreich wird seit nunmehr 3 Jahrzehnten mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) betrieben. Derzeit werden in 18 Anlagen jährlich ca. 555.000 t Restmüll behandelt. Bei 8 bis 12 Wochen Behandlungsdauer können die in der Deponieverordnung 2008 geforderten Grenzwerte hinsichtlich Reaktivität ($AT_4 \leq 7 \text{ mgO}_2/\text{g TM}$ und $GS_{21} \leq 20 \text{ NIGas/kg TM}$) unterschritten werden.

Untersuchungen am ABF-BOKU zeigen, daß die Parameter GS_{21} (Gasbildung innerhalb von 21 Tagen Versuchsdauer) und AT_4 (Atmungsaktivität innerhalb von 4 Tagen Versuchsdauer) für eine Charakterisierung der Reaktivität sehr gut geeignet sind. Materialbedingt auftretende überlange lag-Phasen können jedoch bei beiden Tests zu Minderbefunden führen. Beim Gasbildungstest treten lag-Phasen vor allem bei nicht oder nur kurz biologisch behandelten Abfällen durch Versäuerung auf. Beim Atmungsaktivitätstest können während der biologischen Behandlung entstehende Stoffwechselprodukte – die den aeroben Abbau im Test hemmen – zu Minderbefunden führen. Um Fehlinterpretationen bei der Beurteilung von MBA-Output auszuschalten, müssen daher immer beide Parameter analysiert werden.

Die derzeit vorliegenden Praxisdaten zeigen, daß durch die mechanisch-biologische Behandlung das erforderliche Deponievolumen zwischen 35% (bei Deponierung der heizwertreichen Fraktion) und 75% (bei Verbrennung der heizwertreichen Fraktion) verringert werden kann. Hinsichtlich Sickerwassermengen fehlen belastbare Praxisdaten. Da die Durchlässigkeit des Deponiegutes deutlich verringert wird ist jedoch mit geringerem Sickerwasseranfall als bei herkömmlichen Deponien zu rechnen.

Als eindeutiges Indiz einer positiven Beeinflussung der Sickerwasserqualität durch MBA können die Beobachtungen einiger Deponiebetreiber bezüglich Inkrustierungen im Drainagesystem gewertet werden. Bei Überprüfungen mittels Videokamera wurden kaum Inkrustierungen festgestellt; einmal jährliches Spülen des Drainagesystems wird als ausreichend angesehen. Praxisdaten bestehender Deponien (die ausgewerteten Deponien enthalten 20 bis 80% Anteil an MBA-Material; der Rest sind unbehandelte Abfälle) bestätigen die Verbesserung der Sickerwasserqualität. Die Konzentrationen von CSB und BSB₅ sinken um

über 90%. Der Austrag von Schwermetallen wird deutlich verringert. Die Ammoniumkonzentrationen verbessern sich gegenüber Deponien aus unbehandelten Abfällen allerdings erst mit zunehmender Ablagerungsdauer.

Der positive Einfluß einer biologischen Vorbehandlung auf Deponiegasemissionen ist nach Auswertung der (leider nur wenigen) Daten von Restmülldeponien ebenfalls belegbar. Vor allem das Auftreten von Problemen bei der Abfackelung von Deponiegas – bedingt durch zu geringe Mengen – im Falle der biologischen Vorbehandlung weist auf eine starke Verminderung der Gasbildung hin. Laboruntersuchungen zeigen, daß durch entsprechende Vorbehandlung (Einhaltung der Reaktivitätsgrenzwerte der MBA-Richtlinie) die Gasbildung um 90 bis 95% reduziert werden kann. Bei Optimierung der Deponieoberflächengestaltung hinsichtlich Methanoxidationsvermögen und Rekultivierung kann daher auf Zwangsentgasungsmaßnahmen und eine Abdichtung der Deponieoberflächen verzichtet werden.

Wesentlich schwieriger ist die Beurteilung der Auswirkungen der MBA auf die geotechnischen Eigenschaften. Hier stehen für gesicherte Aussage noch zu wenige Daten zur Verfügung. Sicher ist, daß durch eine biologische Vorbehandlung Deponieraum geschont wird. Lagerungsdichten von $1,3 \text{ t/m}^3$ wurden in einer seit 1978 bestehenden MBA-Hausmüll/Restabfalldeponie gemessen. Hinsichtlich Standfestigkeit (geringer Reibungswinkel) und Einbauverhalten bei Niederschlag (Befahr- und Verdichtbarkeit) sind negative Auswirkungen zu erwarten. Ursachen dafür sind die geringe Korngröße (Größtkorn 25 bis 50 mm), die geringe Durchlässigkeit und die geringe Übertragbarkeit von Zugspannungen hervorgerufen durch die weitgehende Abtrennung von Kunststoffen, damit der Brennwert $H_o < 6.600 \text{ kJ/kg TM}$ eingehalten

Literatura/Literaturverzeichnis

- [1] Binner E., Lechner P., *Praxiserfahrungen mechanisch-biologischer Restabfallbehandlung in Österreich, Vortrag beim ZAK-Symposium in Sonthofen, am 16/17.11.1995*, Sonthofen 1995.
- [2] Binner E., Zach A., Lechner P., „Stabilitätskriterien zur Charakterisierung der Endprodukte aus MBA-Anlagen“. Forschungsprojekt am ABF BOKU im Auftrag des BMLFUW, 1999.
- [3] BGBl. I, Nr. 102/2002: Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG).
- [4] BGBl. II, Nr. 164/1996: Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung).
- [5] BGBl. II, Nr. 39/2008: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Deponien (Deponieverordnung 2008).
- [6] BMLFUW, 2002: Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- [7] BMLFUW, 2011: Bundesabfallwirtschaftsplan, Band 1, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

- [8] Engenhardt M., *Untersuchungen zur Auswirkung der Restmüllrotte auf der Müllbehandlungsanlage Pöchlarn der NÖ Umweltschutzanstalt*, „Bericht der NÖ-Umweltschutzanstalt“ 1995.
- [9] Fehrer K., Geotechnisches Verhalten von MBA-Material, Diplomarbeit am ABF – BOKU, 2002.
- [10] Neubauer Ch., Ölinger A., *Ist Stand der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) in Österreich*, Report 0071 des Umweltbundesamtes Wien, Wien 2006.
- [11] Raininger B., *Verfahren zur Vorbehandlung von Restabfall*, [w:/in:] *Waste Reports 02 „Emissionsverhalten von Restmüll“*, *Dokumentation eines Arbeitsgespräches am ABF BOKU – Wien*, Wien 1995.
- [12] Spitaler E., 1995: Informacja telefoniczna/telephonische Mitteilung.
- [13] Turnherr W., 1995: Informacja telefoniczna/telephonische Mitteilung.
- [14] Wurz H., Auswirkungen mechanisch-biologischer Restabfallbehandlung auf das Deponieverhalten, Diplomarbeit am ABF – BOKU, 1999.

ERWIN BINNER

EFFECT OF MECHANICAL-BIOLOGICAL TREATMENT PROCESSES OF WASTE IN LANDFILLS – EXPERIENCES IN AUSTRIA

Keywords: MBT, landfill behaviour, gas formation by incubation test, leachate quality.

In Austria, since the late 80's, the waste is processed in a mechanical-biological way (MBT). Currently (2012) in the nineteen installations annually processes about 555 000 t of residual waste and sewage sludge. For a fraction to be stored for about 170 000 t per year.

Practical data, being at the disposal, shows that using mechanical-biological treatment of waste, reduces the required volume of waste destined for landfill deposit by 35% (in the case of storage the combustible fraction) and by 75% (in the case of burning the combustible fraction).

Amount of effluents from landfills, when using mechanical-biological treatment will be clearly reduced. Also, the quality will be significantly improved. COD and BOD5 values will be reduced by over 90%. Emissions of heavy metals will be clearly limited. Compared to landfills, where not processed wastes are deposited, concentrations of ammonium will be reduced however it will occur after some time of processed the waste disposal.

Formation of gas after an appropriate time of waste treatment will be reduced by 90 to 95%.

For definition of the impact of the MBT on geotechnical properties, not enough data, as far, is available. Due to small particle size (the largest grains of 25 to 50 mm) a low permeability and a decrease in extending tension transfer is obtained. When it comes to stability (low friction angle) and the conditions of laying waste layer after mechanical-biological treatment of the precipitation (ride quality and the concentration conditions) negative effects, that must be compensated by adapting proper storage techniques, can be expected.