

Praxisorientierte Forschung auf dem Gebiet der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung

Gerhard Pilz, Torsten Baumann

STRABAG Umwelthanlagen GmbH, Linz - Dresden

Practice orientated research in the field of MBT

Abstract

MBT's are producing environmentally safe landfill material, biogas and other recyclable products. The responsibility for the knowledge on the properties and conditions of the waste bears the plant constructor to a large extent. Thus the risk management requires comprehensive know-how, which can be obtained only by practice orientated research and due to the manifold results from start-up and commissioning.

Zusammenfassung

Durch mechanisch-biologische Abfallbehandlung können umweltverträglich ablagerbares Deponat, Biogas und sonstige verwertbare Produkte erzeugt werden. Die Kenntnis über die Beschaffenheit der Abfälle liegt dabei weitgehend in der Verantwortung des Anlagenbauunternehmens. Das Risikomanagement fordert daher umfangreiches Fachwissen, welches nur durch praxisorientierte Forschung und durch die vielfältigen Ergebnisse aus der Nachweisführung bei Inbetriebnahmen gewonnen werden kann.

Keywords

MBA, Rotte, Biogas, Brennstoff, Ablagerungsparameter, MBT, composting, anaerobic digestion, RDF, landfill criteria.

1 Einleitung

Die Errichtung von mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen zählt in der Europäischen Union aus Gründen des Klimaschutzes zur nachhaltigen Abfallwirtschaft. Im Mittelpunkt steht dabei die Reduzierung der Treibhausgase aus den Hausmülldeponien, indem das Ablagern von unbehandelten Siedlungsabfällen verboten wurde. Strikte Anforderungen hiezu werden in Ausschreibungen meist generell abgefragt, somit liegen die Ausarbeitung der technischen Lösung, das verfahrenstechnische Konzept und das Risiko beim Anlagenbauunternehmen. Daher ist auf dem Gebiet der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung hohe Kompetenz erforderlich, um diese Anforderungen dem Auftraggeber in Form von Gewährleistungen zusichern zu können.

Die gängigen Angaben in Ausschreibungen beschränken sich meistens auf eine mehr oder weniger repräsentative Sortieranalyse nach Komponenten (Papier, Kunststoff, Glas, Metall, Organik, usw.), ganz selten mit Daten zu den einzelnen Komponenten sondern häufig nur Angaben über Wassergehalt, Glühverlust und Heizwert als Summenparameter des Hausmülls. Die Kenntnis über die tatsächliche Beschaffenheit von

Komponenten oder deren möglichen Variationen liegt somit weitgehend in der Verantwortung des Anlagenbauunternehmens. Dies bedingt umfangreiche praxisorientierte Grundlagenforschung und die Nachweisführung erfordert einen erheblichen Aufwand an Probenumfang und Analytik.

Der Fundus an vielfältigen Forschungsarbeiten seit den 1970er Jahren durch die Vorgängerfirmen von STRABAG Umwelthanlagen inklusive zahlreicher betreuter Diplomarbeiten umfasst heute ein Spektrum, welches ermöglicht sich für die meisten Aufgabenstellungen bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung ein eigenes Bild zu machen. Dennoch sind die Arbeiten niemals abgeschlossen, sondern es kommen laufend neue Anforderungen und damit neuer Bedarf an praxisorientierter Forschung.

2 Stoffliche Eigenschaften des Abfalls

2.1 Sortierung und/oder bio-chemische Analyse

Am Anfang jeder neuen Aufgabenstellung steht der Hausmüll - meist verpackt in Säcken und deren Inhalt kaum überschaubar. Dabei könnte sogar der Eindruck entstehen, dass wohl nicht viel Unterschied zwischen den einzelnen Beispielen bestehen wird.



Abbildung 1 Angelieferter Hausmüll in den MBA's Linz und Lorient

Für die Sammellogistik besteht am wenigsten Unterschied, die Müllsammelfahrzeuge sind weltweit sehr ähnlich. Aber welche Einflüsse haben einerseits Lebensgewohnheiten der Menschen im Sammelgebiet und andererseits Sammelsysteme oder Sammelzyklen auf die Abfallqualität? Wie genau kann eine repräsentative Abfallanalyse durch Stichproben ermittelt werden? Welche Abfallmengen sind erforderlich, um ein möglichst repräsentatives Ergebnis einer Analyse zu erzielen?

Optisch nicht erkennbare Unterschiede der beiden Restabfälle bei der Anlieferung, beispielsweise in Linz und Lorient, sind jedoch ganz wesentlich:

Tabelle 1 Restabfallvergleich (Mittelwerte aus eigenen Analysen 2004/06):

	Organik	Papier	Feinanteil	Wassergehalt
MBA Lorient	17%	17%	11%	42%
MBA Linz	4%	13%	25%	35%

Erfahrungsgemäß sind die Unterschiede zwischen einzelnen Projekten immer sehr gravierend. Zur ersten Einschätzung sind daher Sortieranalysen sehr wichtig, um insbesondere die physikalischen Eigenschaften, wie Wasser- oder Störstoffgehalt, abschätzen zu können. Daraus können auch erste Stoffstromverteilungen für bestimmte Aufbereitungsschritte abgeleitet und grobe Massenbilanzen ermittelt werden. Das erleichtert eine Verfahrensvorentscheidung für die Behandlung und/oder Verwertung von Hausmüllfraktionen.

Die zu sortierenden Abfallmengen müssen dabei aus typischen Sammelgebieten stammen und im ausgewogenen Verhältnis zur Gesamtabfallmenge stehen. Daraus lassen sich überschlägig Biologie und Endprodukte abschätzen. Diese Herangehensweise hat große Bedeutung für Vorentscheidungen in Ländern, die selbst noch keine regelmäßigen Abfalluntersuchungen durchführen sondern bestenfalls die Abfallmengen, die zur Deponierung gelangen, erfassen.

In der EU liegen meistens genauere Daten über die stoffliche Zusammensetzung der Abfälle vor. Andererseits werden aber auch wesentlich höhere Ziele angestrebt, beispielsweise Biogasausbeute, Abbaugrad der organischen Trockensubstanz oder Stabilitätsparameter.

Der biologische Abbau – sei es anaerob oder aerob - kann über bio-chemische Parameter ausreichend genau bestimmt werden. Wichtige Parameter der Stoffgruppen im Ausgangsmaterial sind dabei Glühverlust, abbaubare Organik, Atmungsaktivität, Nährstoffverhältnis, Cellulosegehalt, usw. Diese Daten sind jedoch äußerst selten in einer Leistungsbeschreibung enthalten und müssen somit vom Anlagenbauunternehmen selbst beigebracht werden, wobei diese Daten die Auslegung von Anlagen neben der rein mengenmäßigen/volumetrischen/hydraulischen Dimensionierung ganz wesentlich beeinflussen, wenn nicht sogar über die Funktionstüchtigkeit einer Anlage entscheiden.

2.2 Auswirkungen auf die Auslegung von Anlagen

2.2.1 Zerkleinerungscharakteristik

Im Rahmen einer betreuten Diplomarbeit konnten aufgrund der unterschiedlichen Zerkleinerungscharakteristika der zum Einsatz gekommenen Vorzerkleinerer erhebliche Unterschiede in der Massenverteilung sowie deutliche Qualitätsunterschiede in den

Hauptfraktionen der MBA ermittelt werden. Nachfolgend exemplarisch zwei der fünf verschiedenen Testaggregate zum Vergleich:

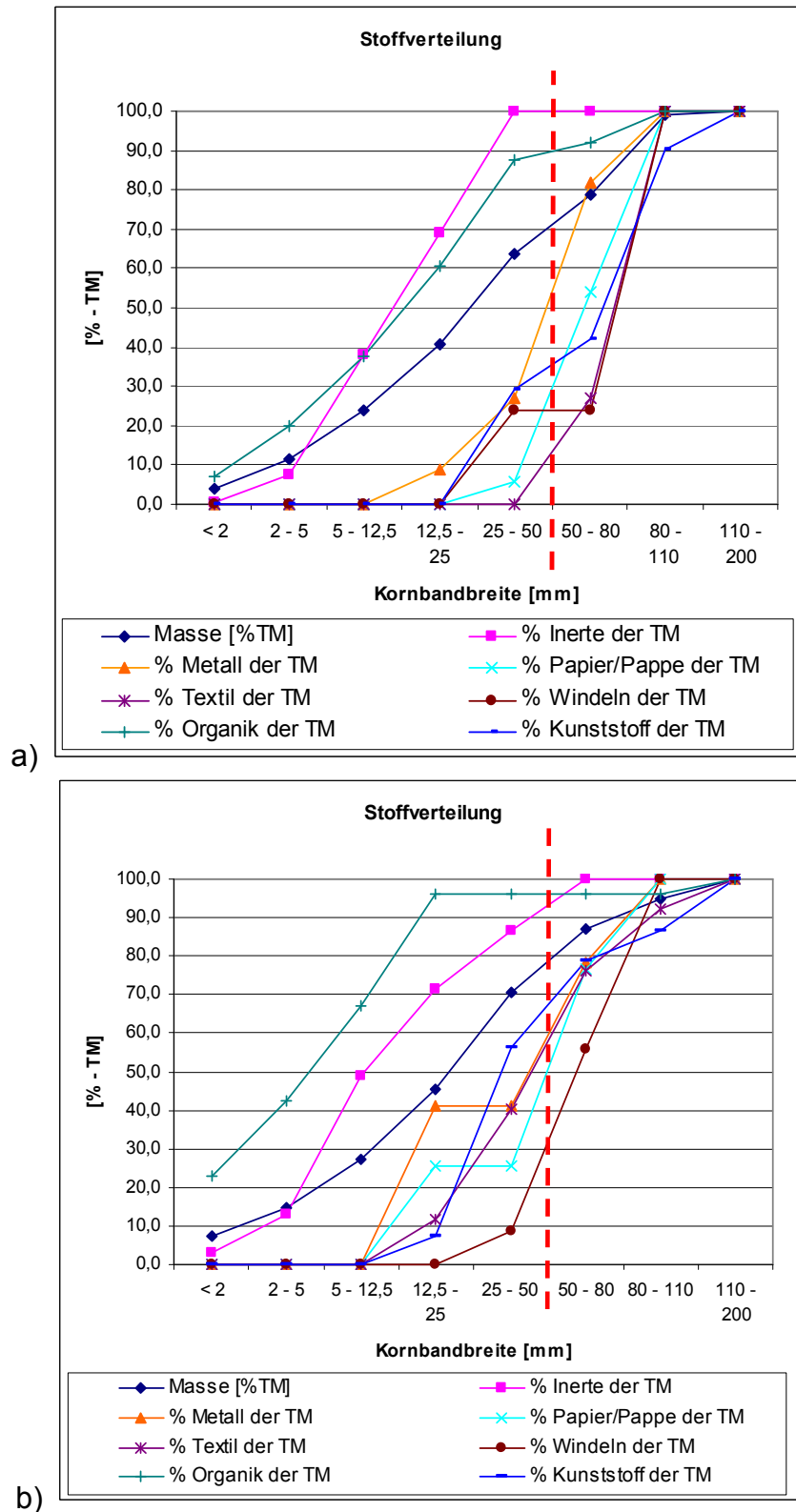


Abbildung 2 Stoffgruppenverteilung a) [A] und b) [E]

Mit dem Zerkleinerer [A] ist eine gute sowie selektive Zerkleinerung verbunden, die bewirkt, dass nasse und Glühverlust arme Abfallkomponenten in einer engen Kornband-

breite angereichert sind. Nachfolgende Abbildung zeigt den Siebschnitt 50mm (ca. 70%-Masse) und dessen detaillierte Verteilung von verschiedenen Stoffgruppen. Insbesondere wird sichtbar, dass einerseits die gesamten Inerten und rund 90% der Organik in der Kornfraktion <50mm verteilt sind, und andererseits die heizwertreichen Stoffgruppen in der Kornbandbreite >50mm angereichert sind. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass diese 50mm aus einer Laborsiebung stammen. Großtechnisch entspricht dies etwa einer Lochung von 80mm einer Polygonsiebtrommel.

Mit dem Zerkleinerer [E] ist eine sehr effiziente Zerkleinerung verbunden. Obige Abbildung zeigt wieder den Siebschnitt 50mm (ca. 80%-Masse) und ebenso die detaillierte Verteilung von verschiedenen Stoffgruppen. Hier wird deutlich, dass dabei einerseits nur rund 90% der Inerten bzw. rund 95% der nativen Organik in der Kornfraktion <50mm verteilt sind, aber andererseits im Kornband <50mm ganz offensichtlich auch heizwertreiche Stoffgruppen enthalten sind.

2.2.2 Abbaubare Organik

Abgesehen vom trivialen Unterschied zwischen nativer Organik und Kunststoff-Organik ist zu berücksichtigen, dass die native Organik aus bestimmten Anteilen abbaubarer und resistenter organischer Substanz besteht, wobei weiters noch in leicht abbaubar und schwer abbaubar unterschieden werden muss, wenn der biologische Prozess relativ kurz eingestellt ist. Dies trifft vor allem bei der anaeroben Behandlung zu und hat somit substanzielle Auswirkungen, insbesondere auf die Biogasausbeute, oder bei der aeroben Behandlung, wenn es um die Berechnung der Reaktionswärme des exothermen Rotteprozesses bzw. die Dimensionierung der Prozessluftmenge und der Kühlleistung geht.

Jede Stoffgruppe für sich hat bestimmte bio-chemische Eigenschaften. Weiters ist zu berücksichtigen, dass die Mono-Stoffgruppen für sich völlig anders reagieren als die Stoffgruppen im homogenisierten Zustand. Besonders ausgeprägt ist diese Tatsache bei der Stoffgruppe Papier/Pappe (PPK).

Die tatsächlich freiwerdende Energie durch biologische Behandlung in Form von Biogas oder fühlbarer Wärme hängt somit einerseits direkt vom Anteil der abbaubaren organischen Substanz an der Organik und andererseits von der Reaktionsenergie der leicht abbaubaren Anteile ab, welche erfahrungsgemäß deutlich über dem Mittelwert liegt.

Tabelle 2 Reaktionsenergie einzelner Stoffgruppen als H_o

	PPK	pflanzl. Abfall	Restabfall <80mm
H_o [MJ/kg TM]	13 - 18	14 - 17	10 - 19

Umfangreiche eigene Messungen der Enthalpie in der Prozessabluft von Kompostieranlagen haben beispielsweise für Bioabfall, mit geringen Speiseresten bzw. Fettanteilen, Werte zwischen 12 und 14 MJ/kg abgebauter TM ergeben (verglichen mit der Massenbilanz des Glühverlustes vor und nach der Kompostierung). Weitere Energiewerte von abfalltypischen Stoffen sind beispielsweise Öle und Fette mit 30 bis 35 MJ/kg, das heißt ein 10% Anteil in Bioabfällen erhöht deren Energieinhalt um etwa 2 MJ/kg TM. Interessant auch die Mitverarbeitung von kommunalem Klärschlamm mit 15 bis 21 MJ/kg.

3 Stoffstromverteilung in MBA-Konzepten – Möglichkeiten und Grenzen

3.1 Einflüsse auf Reinheit und Verwertbarkeit von Fraktionen

Prinzipiell steht bei MBA Konzepten eine Erzeugung eines biologisch zu behandelnden Stoffstromes im Vordergrund. Ausgehend von der Abfallzusammensetzung des MBA-Inputs ist ein Massenanteil von 25 bis 60 % typisch für den biologisch zu behandelnden Stoffstrom. Für den Erfolg einer MBA ist demzufolge eine konkrete Zielsetzung für den restlichen Massenanteil erforderlich. Übliche Wege sind die Erzeugung neuer Stoffgemische (zur weiteren Verwertung, Behandlung usw.) und die Erzeugung relativ reiner Stofffraktionen im Sinne eines Recycling (z. B. Fe-Metalle).

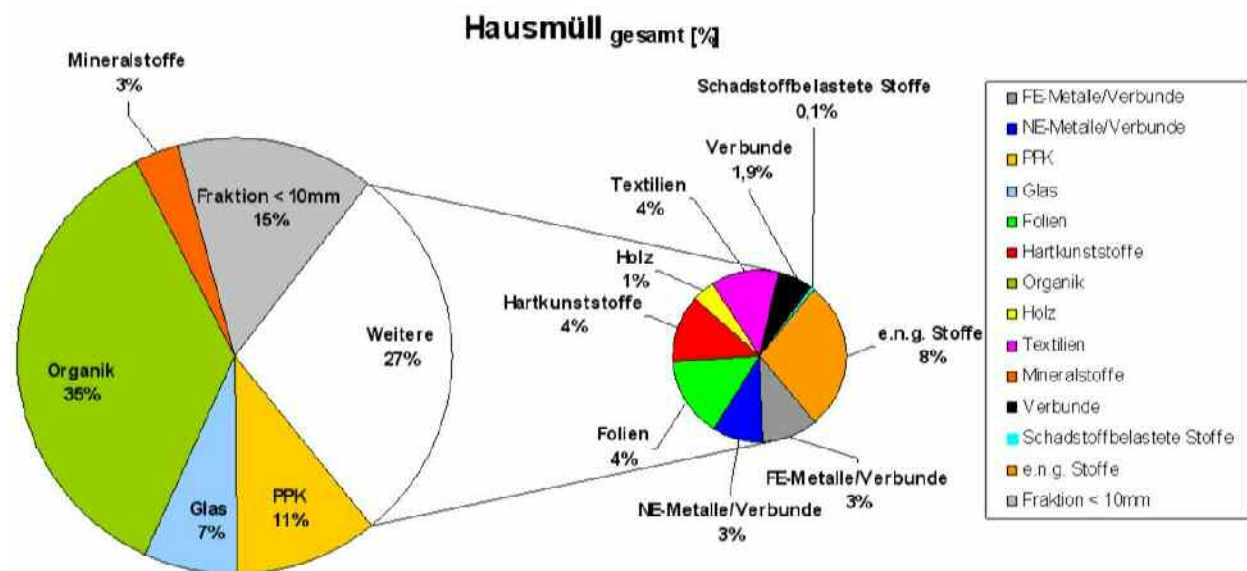


Abbildung 3 Hausmüllzusammensetzung

Entsprechend der typischen Hausmüll-Zusammensetzung lässt sich beispielsweise folgende Verwertungsmatrix aufstellen:

Tabelle 3 Verwertungsmatrix

Stofffraktion (Hausmüll)	Stoffliche Verwertung Standard	Stoffliche Verwertung möglich	Biologische Behandlung	Neue Misch-Fractionen	Ggf. separate Ablagerungs-Fraktion
Fe-Metalle	X				
Ne-Metalle		X		X	
Papier, Pappe, Kartonagen		X	X	X	
Glas		X		X	X
Kunststoffe		X		X	
Organik			X	(x)	
Holz		X		X	
Textilien				X	
Mineralstoffe				X	X
Verbunde		X		X	
Schadstoffbel. Stoffe					
Feinfraktion (< 10 mm)			X	X	

Die Bandbreite an möglichen Kombinationen ist groß. Tatsächlich sind bereits verschiedene Anwendungen innerhalb von MBA-Anlagen im Einsatz.

Um abschätzen zu können, welches Stoffstromverteilungs-Konzept geeignet ist, sind grundsätzlich genaue Analyse der abschöpfbaren Anteile erforderlich. Meist sind dafür eine umfangreiche Sortieranalyse (aufgeteilt in Korngrößenklassen) und die begleitende Erfassung chemisch-physikalischer Parameter erforderlich. Unbedingt zu berücksichtigen ist, dass die Stofffraktionen im Hausmüll auf keinen Fall bezüglich Reinheit und Verwertbarkeit den Eigenschaften der gleichen Stofffraktion aus einer Getrenntsammlung entsprechen. Gründe hierfür sind – neben dem realisierbaren technischen Abscheidegrad von Stofffraktionen:

- die über den Hausmüll entsorgten Abfälle sind i. W. „Reste“ schlechter Qualität
- viele Abfallbestandteile liegen als praktisch nicht trennbare Verbunde vor
- durch Sammlung, Transport und erste Aufbereitungsschritte erfolgt häufig ein weiteres „Verschmutzen“ der Stofffraktionen

In der Nichtbeachtung oben aufgeführter Punkte sind häufig konzeptionelle Fehleinschätzungen in Form nicht realisierbarer Zielgrößen zu suchen. Beispiele für Qualitäten von Stofffraktionen:

- Papier / verschmutzt, hoher Wasseranteil
- Folien / hoher Anteil an (organischen)Verschmutzungen, Anhaftungen
- Fe-Metalle / hoher Verbundanteil

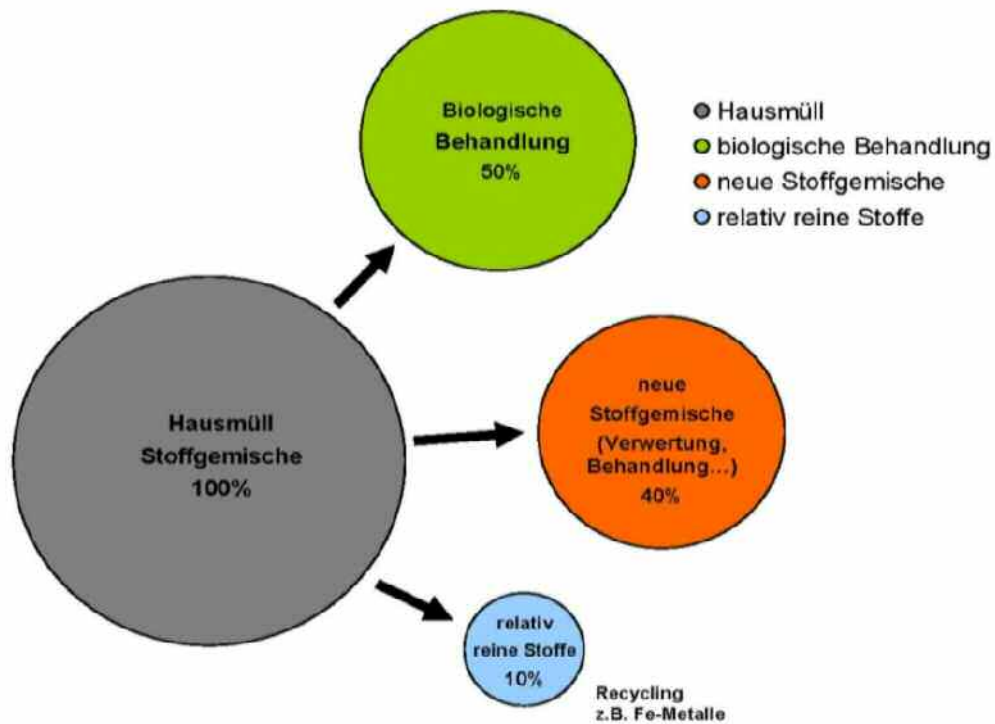


Abbildung 4 Beispiel für eine prinzipielle Stoffstromteilung in einer MBA

3.2 Papier/Pappe – Verwertung: thermisch, stofflich oder biologisch

3.2.1 Stoffliche Eigenschaften

Papier/Pappe und Karton (PPK) ist ein Sammelbegriff in den üblichen Abfallanalysen, wobei zu berücksichtigen ist, dass sehr große Unterschiede einerseits stofflich je nach Art des Papiers sowie der Pappe bzw. Karton und andererseits beim Wassergehalt dieser Stoffgruppe je nach Sammellogistik bestehen. Das beeinflusst die Verwertungsmöglichkeiten aber sehr wesentlich.

In vielen EU Mitgliedsstaaten wird Altpapier nicht konsequent getrennt gesammelt, so dass Papier und Pappe im Hausmüll 20 bis 30 Masse-% betragen können. Die Gegenüberstellung mit typischen Brennwerten H_o in MJ/kg TM zeigt bereits wie unterschiedlich die Arten sind. Dazu kommen aber noch die Unterschiede beim Wassergehalt.

Tabelle 4 PPK (Mittelwerte)

	Wellpappe	Tageszeitung	Prospekte	Kataloge	Säcke	Verbunde
Anteil	40%	20%	15%	15%	5%	5%
H_o	18	17	13	13	15	21

3.2.2 Verwertungsmöglichkeiten

Neben der vorrangig stofflichen Verwertung von Altpapier aus der getrennten Sammlung stellt sich die Frage der Nutzbarmachung der restlichen Papier/Pappeanteile im Hausmüll – sei es als Brennstoff (RDF) oder als Substrat für die biologische Behandlung. Für letztere Verwertungsmöglichkeit sind jedoch die verfahrenstechnischen Auslegungsgrundlagen von vorrangiger Bedeutung: was kann, wie viel, in welcher Zeit biologisch umgesetzt werden?

Das Abbauverhalten von PPK in einem Gemisch mit nativer Organik wurde sowohl im Labormaßstab als auch großtechnisch in einer Biogasanlage überprüft. Das Ergebnis sind deutliche Steigerungen der Energieausbeute, die Papier und Pappe durch den höheren Brennwert bringen können, vorausgesetzt dass PPK in jener Kornbandbreite des Hausmülls vorliegt, der zur biologischen Behandlung geht. Wird für eine anaerobe Behandlung eine Fraktion kleiner 50mm eingesetzt, kann diese durch Zerkleinerung in einer Homogenisiertrommel oder durch Aussortierung von PPK bzw. Nachzerkleinerung hergestellt werden. Abbildung 5 zeigt den Trend des Celluloseabbaus und belegt, dass beispielsweise die Biogasausbeute entscheidend gesteigert werden kann, wenn Papierabfälle im Hausmüll enthalten sind und auch verfügbar gemacht werden.

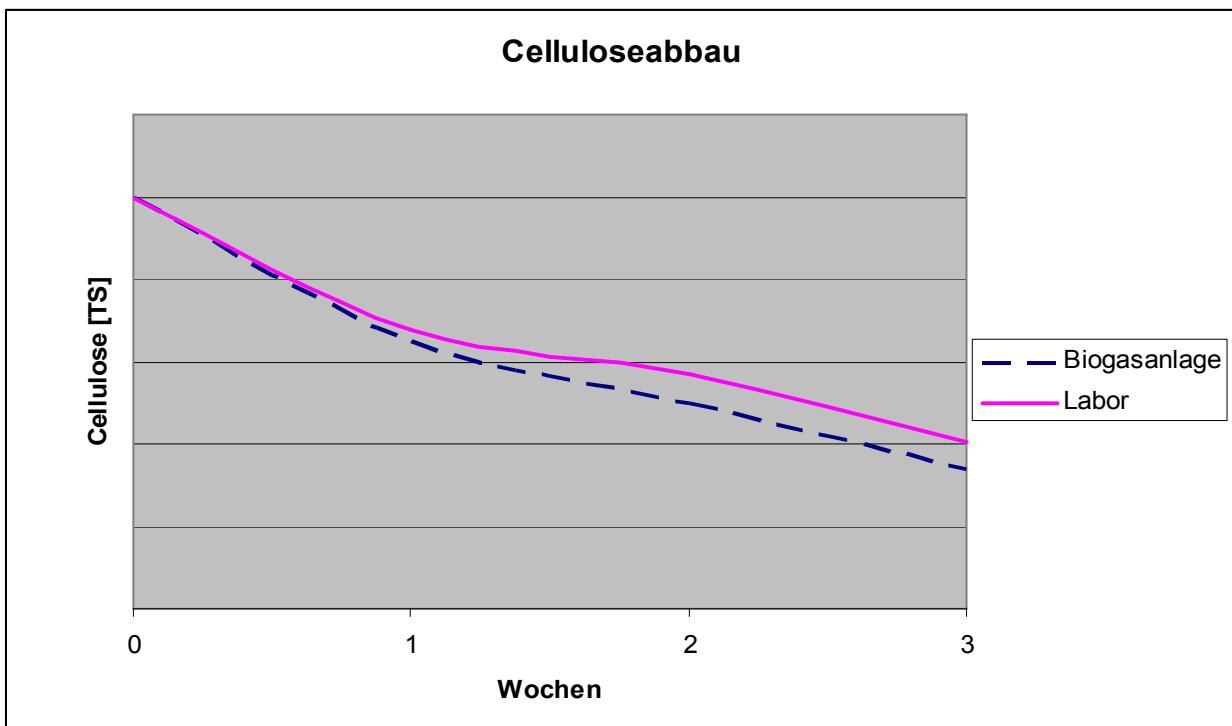


Abbildung 5 Abbauverhalten von Papier und Pappe als Cellulose

4 Biologische Behandlung von Abfallfraktionen

4.1 Biogasgewinnung aus Hausmüll

4.1.1 Rahmenbedingungen

Im Unterschied zu der bewährten Vergärung von getrennt gesammelten Bioabfällen, gewerblichen organischen Reststoffen oder NAWARO's im Agrarbereich ist die anaerobe Behandlung von Hausmüll nicht unproblematisch. Insbesondere der hohe Gehalt an nicht vergärbaren, strukturreichen Müllkomponenten wie Holz, Glas, Metall, aber auch beschichteten Papier-/ Papp- Fraktionen und anderen Kontaminationen erschweren die Nutzung als Gärsubstrat.

Aufwendige Sortierungen und Aufbereitungen vor der Vergärung sind erforderlich, um mit den vorhandenen Anaerobtechnologien einen effizienten und stabilen Prozess betreiben zu können. Entsprechend der im Gärreaktor eingestellten Trockensubstanzkonzentrationen wird zwischen Nass – und Trockenvergärung unterschieden. Die Betriebsfähigkeit beider Systeme für die Vergärung von vorbehandelten Hausmüllfraktionen mit angereichertem Gehalt an umsetzbarer Bioorganik wird nachfolgend betrachtet.

Die Betriebspraxis zeigt, dass auch die Trocken- und Nassvergärungstechnologien wie jedes technische System nur innerhalb spezifischer Einsatzgrenzen optimal zu betreiben sind. Damit haben beide Systeme in der anaeroben Abfallbehandlung ihre Berechtigung. In vielen Fällen lässt sich an Hand der Standortbedingungen, des zu verarbeitenden Materials und der Zielstellungen für die Verwertung bzw. Entsorgung der Gärprodukte eine klare Präferenz für das eine oder andere Verfahren definieren. Schwieriger wird die Entscheidungsfindung im Überlappungsbereich der Einsatzmöglichkeiten, da hier häufig sekundäre Faktoren den Ausschlag geben, die nur durch umfangreiche Recherchen zu verifizieren sind.

Aus der Sicht eines Anlagenbauunternehmens, das beide Technologien (vgl. Abbildung „Nass“ und „Trocken“) im Angebot hat und nach Möglichkeit im Sinne einer standortspezifisch optimierten Problemlösung einzusetzen versucht, sollen deshalb an Hand der Betriebserfahrungen mit den unterschiedlichen Systemen einige Einsatzbedingungen und -grenzen präsentiert werden. Die vorliegenden Erfahrungen bestätigen, dass keine einfache Systemzuordnung zu gegebenen Einsatzfällen möglich ist. Nur eine komplexe Analyse unter Berücksichtigung von Anlagenzielstellung, spezifischen Standortbedingungen und dem Genehmigungsrahmen ermöglichen eine Entscheidung für den Einsatz eines der beiden Systeme.

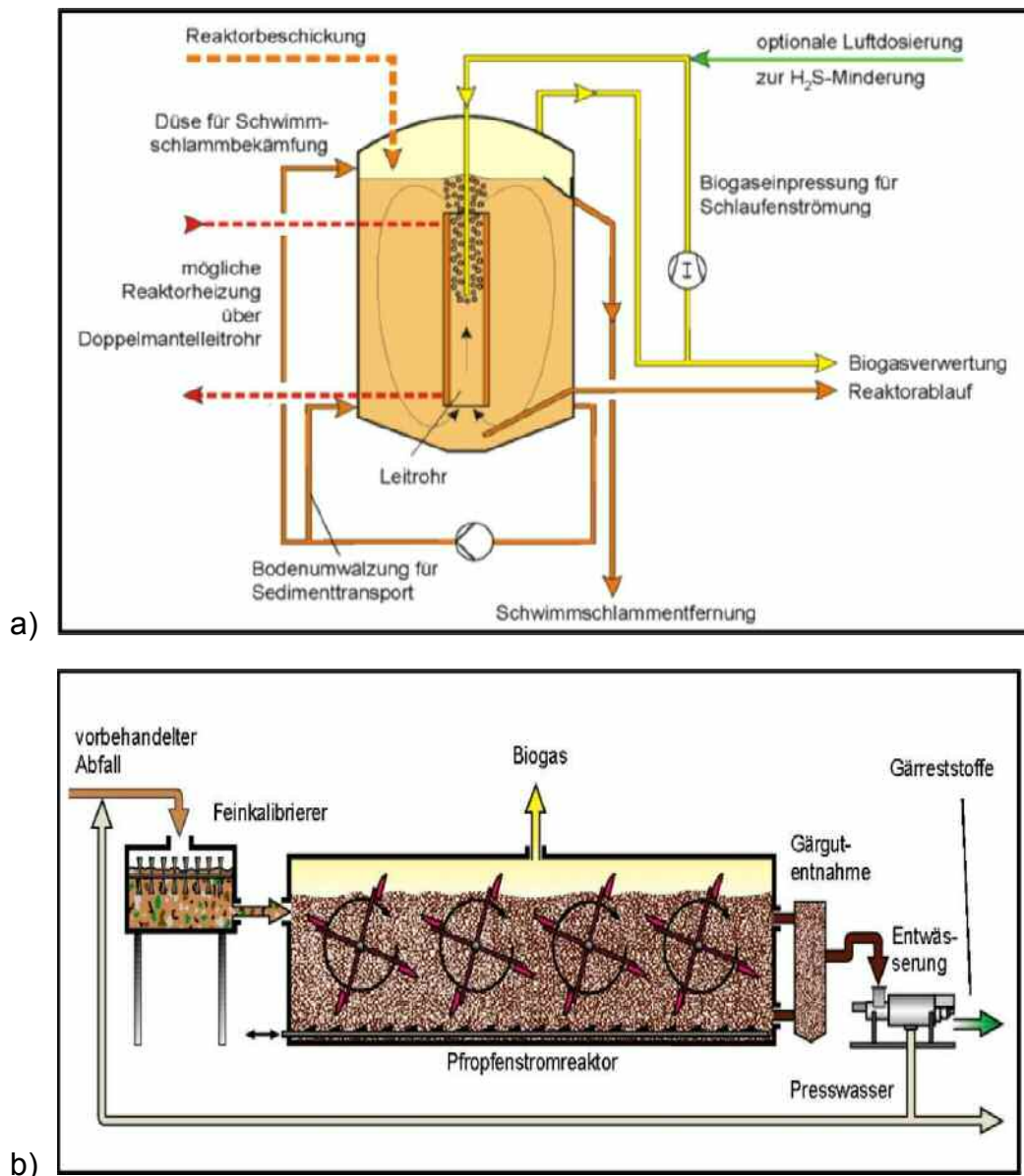


Abbildung 6 a) Nasse und b) Trockene Vergärung

4.1.2 Einsatzkriterien

4.1.2.1 Weitgehende Stabilisierung

Sofern an die Gärrestqualität einschließlich einer eventuellen Nachrotte keine hohen Zertifizierungsansprüche gestellt werden sondern eine Stabilisierung an sich das Ziel ist und das Gärüberschusswasser keiner weiteren Behandlung zur Gewährleistung definierter Einleitbedingungen unterliegt, ist die Trockenvergärung ein empfehlenswertes Verfahren. Allerdings sind die Trockenfermenter in ihrer realisierbaren Größe bautechnisch begrenzt, so dass große Anlagenkapazitäten nur durch Parallelbetrieb einer größeren Anzahl von Einzelreaktoren erreicht werden können.

Dafür gibt es ein betriebstechnisch bedingtes Gesamtkostenoptimum, das je nach eingesetztem Fermentertyp bei drei bis fünf Reaktoren liegt.

4.1.2.2 Hohe Kompostqualität

Bei großen Anlagenkapazitäten und/oder hohen Anforderungen an die Kompostqualität sowie der Notwendigkeit einer weiteren Aufbereitung des Gärüberschusswassers zur Einhaltung definierter Einleitparameter erscheint der Einsatz der Nassvergärung sinnvoll. In diesem Fall ist eine Dekanterstufe ein bewährtes Trennverfahren für die suspendierte Restfeststofffraktion im Fermenterablauf.

Der Ablauf aus einem Trockenfermenter mit seinem hohen Gehalt an grob strukturierten Störstoffen kann nicht direkt über einen Dekanter entwässert werden. Hier ist eine aufwendige zweistufige Technologie erforderlich, bei der zuerst mittels Pressschneckenseparator die Störstoffe abgetrennt werden. Anschließend kann das Pressschneckenkonzentrat mit seinem hohen Gehalt an nur noch feinpartikulären Feststoffen weiter mittels Dekantierung von Feststoff entlastet werden. Der hohe Aufwand einer Vorbehandlung zur umfassenden Störstoffabscheidung vor der Vergärung vermeidet weitgehend eine Schadstoffmobilisierung insbesondere in der Hydrolysephase.

So erbrachte der Gärrestkompost aus einer Nassvergärungsanlage für aufbereiteten Gemischtmüll eine bessere Qualität als sie der Kompost aus der direkten Kompostierung von getrennt gesammelten Bioabfällen aufweist.

4.1.2.3 Trockenmasse im Input

Überschreiten die Trockenmassekonzentrationen im zu behandelnden Input 45 % TS, sollte der Einsatz einer Trockenvergärung als Vorzugsvariante geprüft werden, da die prozessinterne Verdünnung auf den TS-Gehalt der Nassvergärung von kleiner 15 % TS zu großen Stoffströmen um den Reaktor und entsprechend der gewählten Gärverweilzeit auch zu großen Reaktionsvolumina führt. Außerdem ist mit herkömmlicher Entwässerungstechnik für den Gärrest nur mit einer TS-Konzentration im Kuchen bis zu 35 % TS zu rechnen, so dass im Extremfall die Masse des Gärrestes auf Grund ihres höheren Feuchtegehaltes größer als die des Fermenterinputs sein kann.

4.1.3 Betriebsparameter

Der Feuchteaustrag über das Gärprodukt wird durch den Wassergehalt des Input bestimmt und ist für Trocken- und Nassvergärung gleich, solange bei letzterer die Substratverdünnung über einen anlageninternen Prozesswasserkreislauf realisiert wird. Fremdwasser gelangt in der Regel in die Anlagen in Form von Spül- und Reinigungswässern und durch das Verdünnungswasser für Flockungshilfsmittel bei Einsatz von Dekanterzentrifugen oder auch Siebbandpressen zur Feststoffabtrennung aus dem Gärablauf.

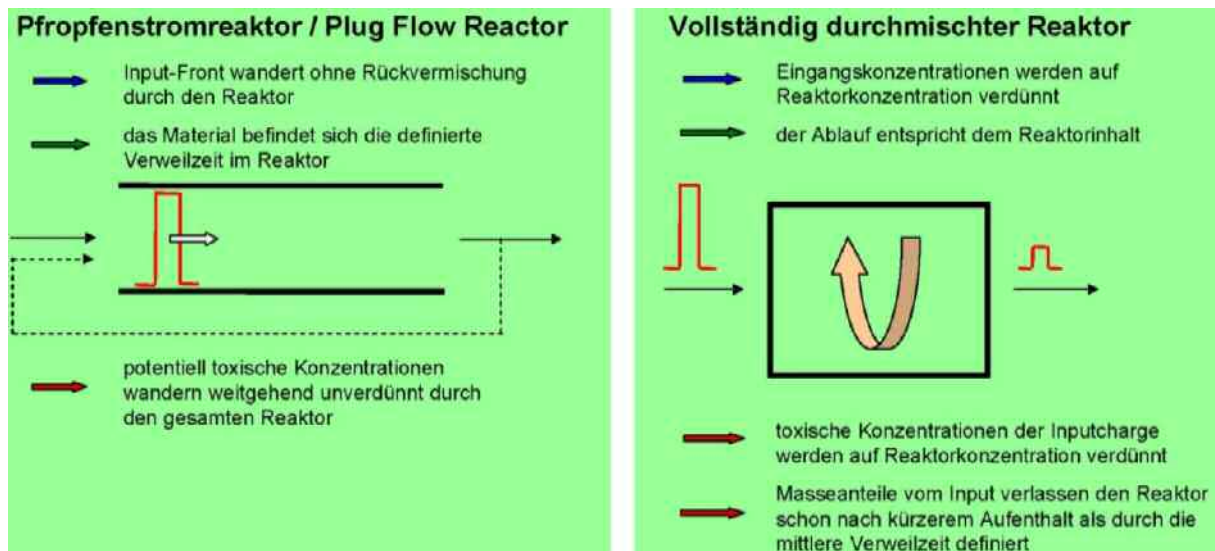


Abbildung 7 Strömungsformen

Die verfügbaren technologischen Möglichkeiten für ein effektives Stoffstrommanagement führen dazu, dass für die Nassvergärung bevorzugt voll durchmischte Reaktoren eingesetzt werden während die Trockenvergärung auf Basis eines quasi-kontinuierlichen Prozesses in der Regel eine mehr oder weniger ausgeprägte Pfpfenstromcharakteristik aufweist (vgl. Abbildung 7 „Strömungsformen“).

Die sich daraus ergebenden unterschiedlichen Konzentrationsprofile haben Auswirkungen auf die Inbetriebnahme, die Substratdosierung und die Prozessempfindlichkeit gegenüber verändertem Input sowie biotoxischen Schadstoffkonzentrationen.

Beim Pfpfenstromreaktor lassen sich durch die konstruktive Gestaltung und das Betriebsregime Kurzschlussströmungen weitgehend vermeiden und damit ein definierter Substratabbau und eine ggf. erforderliche Produkthygienisierung gewährleisten.

Im Dosierbereich des Inputs besteht jedoch die Gefahr einer Inhibierung der Biozönose infolge von pH-Wert-Spitzen oder toxisch wirkenden Konzentrationsstößen. Diese können im ungünstigsten Fall als Front durch den Reaktor wandern und die biologische Aktivität zum Erliegen bringen. Besonders sensibel ist dabei die Inbetriebnahmephase mit noch nicht ausreichend adaptierter Anaerobiologie. Daraus resultieren lange Anfahrphasen einschließlich erforderlicher pH-Regulierungen bis zum stabilen Betrieb.

Die Nassvergärung ist in dieser Beziehung wesentlich unempfindlicher, da Eingangskonzentrationen sofort auf das niedrige Niveau des gesamten Reaktionsvolumens verdünnt werden. Inbetriebnahmephasen sind hier wesentlich kürzer und qualitative Veränderungen im Input werden in weiten Bereichen toleriert.

Es besteht allerdings mehr oder minder die Wahrscheinlichkeit von Kurzschlussströmungen zwischen Fermentereintritt und –austritt sofern zur gleichen Zeit beschickt und abgezogen wird.

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet den Vergleich der Input- und Betriebswerte für zwei Anlagen zur Vergärung einer durch Vorbehandlung angereicherten Siebschnittfraktion aus Hausmüll, wobei alternativ Nass- bzw. Trockenvergärung zum Einsatz gekommen ist. Als Ausgangsmaterial für die Vergärung dient jeweils ein Siebschnitt kleiner 70 mm. Dieser wird für die Nassvergärung einer intensiven weiteren Aufbereitung unterzogen, um flotier- und sedimentierfähige Bestandteile, soweit mit technologisch vertretbarem Aufwand möglich, aus der viskosen Maische zu entfernen und ein Substrat mit ca. 7 % TS für die Gärfermentereinspeisung zu erzeugen.

Der Input für die Trockenvergärung erfährt nach der Siebung nur eine weitere mechanische Zerkleinerung auf kleiner 40 mm, um für das mechanische Fermentereintragungssystem geeignet zu sein. Dabei erfolgt eine TS-Einstellung auf ca. 30% mittels geringer Mengen Zentrats vom Fermenterablauf. OTS-Abbau und Biogasertrag zeigen für beide Systeme einschließlich der unterschiedlichen Prozesstemperaturen keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 5 Betriebsparameter für die Vergärung von Hausmüll

Parameter	Nassvergärung	Trockenvergärung
Input Gesamtabfall davon Rest- und Gemischtmüll davon Bioabfall	TS=51% 276 000 t/a 177 00 t/a 99 000 t/a	100 000 t/a
in Aufbereitung Vergärung davon Rest- und Gemischtmüll davon Bioabfall	Siebschnitt <70 mm 130 000 ... 160 000 t/a 93 000 ... 115 000 t/a TS=44% OTS=66%TS 37 000 ... 45 000 t/a	Siebschnitt <70 mm 15 000 t/a TS=41 ... 58% OTS=65 ... 43%TS
Inputaufbereitung Maische zur Vergärung	Pulper/Siebtrommel TS=6,5 ... 7,3% Partikel <5 mm 624 000 t/a	Hammermühle nach aerober Konditionierung TS=38% 14 250 t/a nach Anmischung mit Zentrat: TS=30%, Partikel <40 mm
Prozesstemperatur	mesophil	mesophil
hydraulische Verweilzeit	15 (19 ... 11) d	25 d (mit Zentrat)
organische Raumbelastung	3,6 kg(OTS)/(m ³ .d)	6 ... 8 kg(OTS)/(m ³ .d)
Ablauf-TS	1,8 ... 2,3%	23%
entwässerter Feststoff	TS=29 ... 31% OTS<=59% 60 000 t/a	TS=35 ... 45%
Zentrat-TS	<1,3 %	12 ... 18%
OTS-Abbau	51 ... 65%	ca. 55% (50 ... 60%)
pH	8,4	8,2
Biogasertrag	108 ... 133 m ³ i.N./t (Input vor Aufbereitung) 14 850 000 m ³ /a	104 ... 134 m ³ i.N./t (Input vor Aufbereitung) 1 685 000 m ³ /a
Methangehalt im Gas	ca. 66 Vol.-%	<70 Vol.-%
Kompost nach Tunnelrotte	≤77% (Bioabfall direkt kompostiert ≤73% ≤43% TS (Bioabfall direkt kompostiert ≤35% TS 7,5 (Bioabfall direkt kompostiert 6)	

Die in der Regel knappe Budgetierung der Projekte zwingt meist zu einer wenig flexiblen Prozessgestaltung, die in engen Grenzen auf die Behandlung des in den Ausschreibungsunterlagen definierten Input zugeschnitten ist. Andererseits bestätigt die Erfahrung, dass in den wenigsten Anlagen ein definitionsgemäßes Material zur Verarbeitung kommt. Hier hat die Trockenvergärung den Vorteil, dass im verschleißintensiven Bereich der mechanischen Abfallaufbereitung weniger komplexe Technik zum Einsatz kommt. Es muss dann jedoch auch der Fermenterablauf mit möglichst einfachen

technischen Mitteln seiner weiteren Verarbeitung zuführbar sein. Insbesondere jede Art von Fest-Flüssig-Trenntechnik führt bei den störstoffreichen, abrasiven Reststoffen zu permanenten Problemen.

Nicht unerwähnt bleiben sollen landschaftsgestalterische und architektonische Gesichtspunkte bei der Prozessauswahl. Stehende Reaktoren, die bei der Nassvergärung zumindest für große Anlagenkapazitäten dominieren, bringen häufig Probleme bezüglich der Einhaltung lokal vorgeschriebener Bauhöhenbegrenzungen für Industriebauten oder sind z. B. in touristisch genutzten Gebieten als Landschaftsbild beeinträchtigend überhaupt nicht erwünscht. In solchen Fällen kann die Einhausung liegender (Trocken-) Fermenter den Industrieanlagencharakter weitgehend kaschieren und damit die Bevölkerungsakzeptanz zur Errichtung einer Vergärungsanlage erhöhen.

4.2 Rotteergebnisse mit unterschiedlichem MBA-Input

Stabilitäts- bzw. Ablagerungsparameter für Restabfall(fraktionen) gehören durch gesetzliche Regelungen zu den strengst überwachten Abfalleigenschaften und stehen daher auch im Mittelpunkt bei der Anlagenplanung. Im Folgenden wird beispielhaft auf die biologischen Abbauparameter Atmungsaktivität (AT_4) und Gesamtkohlenstoff (TOC) im Eluat bei unterschiedlichem MBA-Input eingegangen.

Einerseits charakterisieren diese Parameter recht gut die biologische Abbaubarkeit von den sehr heterogenen MBA-Abfallstoffgemischen, andererseits liegen für diese Parameter genügend viele Werte vor. Nachfolgende Abbildungen stellen den Verlauf von AT_4 und TOC (Eluat) über die Behandlungsdauer bei jeweils unterschiedlichem MBA-Input dar. Die dargestellten Fälle erfuhren prozesstechnisch fast identische Behandlung in einer ähnlich dimensionierten Tunnelrotte. Die Kurven basieren auf Mittelwerten aus einer Vielzahl von Einzelproben über einen mehrmonatigen Untersuchungszeitraum. Die prinzipielle Charakteristik des Rottematerials ist in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 6 MBA-Input der Abbildungen 8 und 9

Farbe der Linie	Charakteristik
Blau	MBA Input, Hausmüll < 40 mm, 3 Fälle Getrennte Sammlung von Bioabfällen
Rot	MBA Input, Hausmüll < 150 mm, 1 Fall Keine Getrenntsammlung von Bioabfällen
Grün	MBA Input, Hausmüll, gesamte Kornfraktion (nur vorzerkleinert), 1 Fall Getrennte Sammlung von Bioabfällen

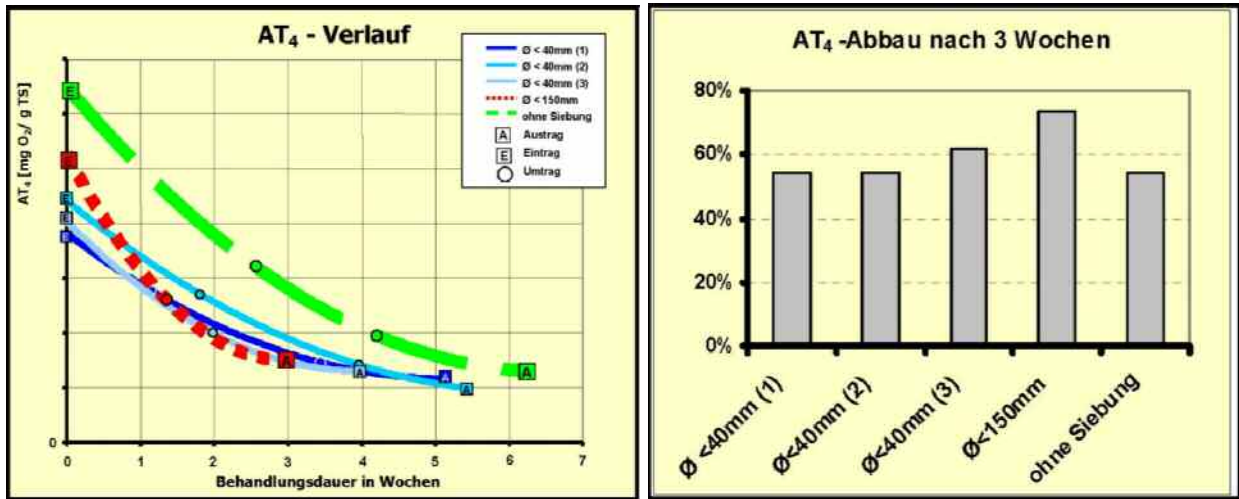


Abbildung 8 MBA Rotteverlauf als AT₄

Prinzipiell zeigen alle Darstellungen den erwarteten asymptotischen Verlauf einer biologischen Abbaukurve. Im Detail unterscheiden sich die Ausgangswerte vor Rottebeginn und die erreichbaren Rotteergebnisse pro Behandlungsdauer erheblich. Genau hier liegt die Problematik im Hinblick auf die Definition der Prozessziele und der sich daraus ergebenden Dimensionierung der Anlage, insbesondere der Rotte.

Häufig liegen keine bzw. nur ungenügend gesicherte Daten – in Bezug auf biologische Parameter - für den Anlageninput vor. Die Variation auf die absoluten Werte (Mittelwerte!) des MBA-Inputs kann bis zu einem Faktor 2 schwanken.

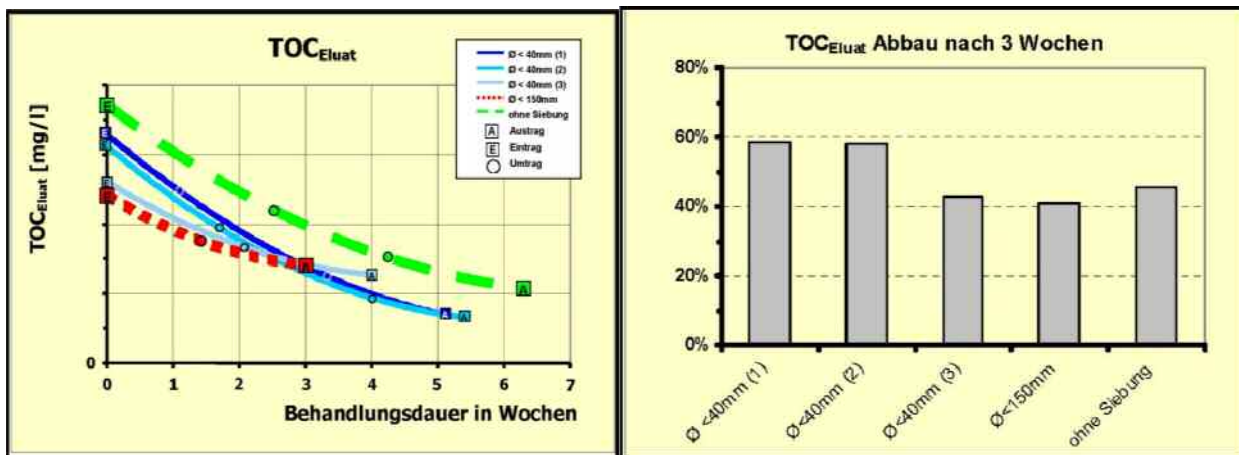


Abbildung 9 MBA Rotteverlauf als TOC (Eluat)

Demzufolge stellt die Zielstellung auf die Erzielung eines absoluten Abbauwertes eines Parameters bei ungesicherter Ausgangslage ein kaum kalkulierbares Risiko dar. Hier bietet sich alternativ die Festlegung eines Abbaugrades an, wobei auch dieser zu definierende Abbaugrad einen Bezug auf eine Bandbreite des Ausgangswertes des Parameters haben sollte.

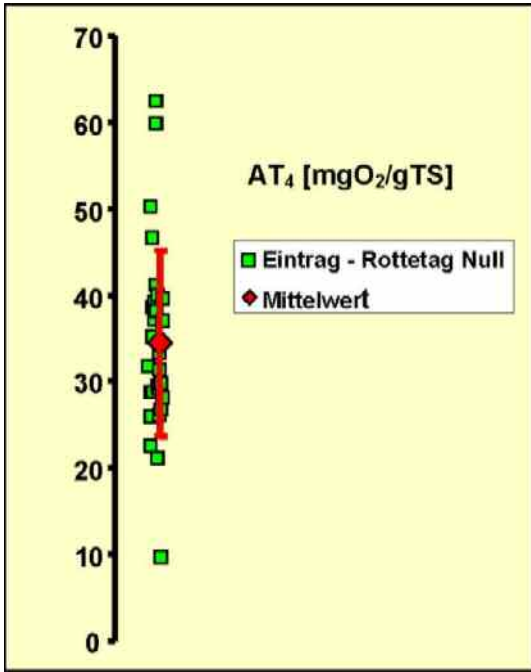


Abbildung 10 Schwankungsbreite bei der Nachweisführung

Tabelle 7 Definition / Zielsetzung des Rotteergebnisses

	Prozessziel	Reale Erreichbarkeit
bisher üblich	Parameter X \leq > Wert Y Einheit Z z.B.: AT ₄ \leq 5 mg O ₂ / g TS	- ungewiss, da Ausgangswert nicht bekannt / definiert ist - hohes Risiko
Vorschlag	Für Parameter X gilt: Abbaugrad \geq A1 % (bei Parameter Input \geq Wert Y1 Einheit Z) Abbaugrad \geq A2 % (bei Parameter Input \geq Wert Y2 Einheit Z und \leq Wert Y1 Einheit Z) usw. z. B.: Abbaugrad AT ₄ > 60 % bei Input AT ₄ > 50 mg O ₂ / g TS Abbaugrad AT ₄ > 50 % bei Input AT ₄ > 30 und <50 mg O ₂ / g TS	- kalkulierbares Risiko trotz ungewisser Ausgangslage

Für die Nachweisführung der Parameter kommt erschwerend hinzu, dass die Einzelwerte der Parameter objektiv bis zu einem Faktor 5 und mehr schwanken (vgl. Abbildung 10). Die Nachweisführung stellt somit an Probenumfang und Nachweiszeitraum einen nicht zu vernachlässigenden hohen Aufwand dar.

5 Literatur

- | | | |
|----------------------------------|------|--|
| Pilz, G. | 2005 | ANS Tagung Leipzig. Erfolgreiche Umsetzung der Deponieverordnung mit der MBA Linz, Österreich. Verlag Orbit e.V., ISBN 3-935974-07-8. |
| Pilz, G. | 2002 | 14. Kasseler Abfallforum. Möglichkeiten und Grenzen der Aufbereitung von Sekundärbrennstoffen aus Sicht der Linde-KCA. Verlag Witzhausen-Institut, ISBN 3-928673-38-6. |
| Weissgärber, H.;
Langhans, G. | 1993 | Vergärung von Bioabfällen, Technik des Linde KCA-Verfahrens. Abfallwirtschaftsjournal, EF-Verlag. |
| Hanke, R.; Lugscheider, W. | 1987 | Konzepte der Abfallwirtschaft 1, Abfallaufbereitung, Gewinnung von Sekundärrohstoffen durch mechanische Aufbereitung von kommunalen Haushaltsabfällen. EF-Verlag. |
| Hanke, R. | 1985 | Grundlagen der Kompostiertechnik, Forschungsarbeiten der VOEST-ALPINE AG. EF-Verlag. |

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Gerhard Pilz
 STRABAG Umweltanlagen GmbH, Büro Linz
 vormals Linde-KCA Umweltanlagen GmbH
 Schatzdorferstraße 9
 4021 Linz, Austria
 Telefon +43 732 3731 820
 Email gerhard.pilz@strabag.com
 Website: www.strabag-umweltanlagen.com

Dipl.-Ing. Torsten Baumann
 STRABAG Umweltanlagen GmbH
 vormals Linde-KCA Umweltanlagen GmbH
 Wilsdruffer Straße 25-29
 01067 Dresden, Germany
 Telefon +49 351 26359 3102
 Email torsten.baumann@strabag.com
 Website: www.strabag-umweltanlagen.com