

## **Erfahrungen mit anaeroben Anlagen**

C.-R. Vollmer

### **113 Vorbemerkung**

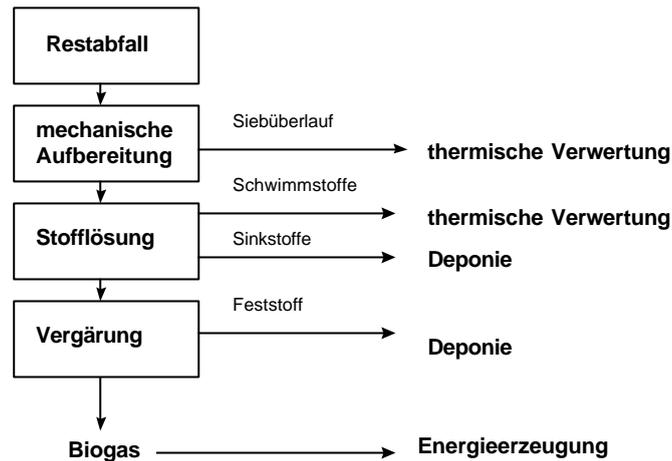
Die Entwicklung eines Standes der Technik der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung wird gegenwärtig durch aerobe Verfahren geprägt. Die Anaerobbehandlung ist vergleichsweise unterrepräsentiert.

Aufgrund des auf Kohlenstoffumsatz in Biogas und nicht in der Biomasse gerichteten Stoffwechsels anaerober Mikroorganismen sowie des breiteren Substratspektrums bestehen für anaerobe Verfahren aber günstigere Voraussetzungen, zu einem emissionsarmen Endprodukt zu gelangen.

Die Restabfallbehandlung kann hier mit einer energetischen Verwertung gekoppelt werden, woraus auch eine ökologische Vorteilswirkung mit Beitrag zum Erreichen der CO<sub>2</sub>-Minderungsziele resultiert.

### **114 Verfahrenskonzept und Zielsetzung**

Der wissenschaftlich begründete Einsatz mechanischer, thermischer und biologischer Technologien ist bei stoffstromspezifischer Abfallbehandlung am effektivsten. Grundgedanke des Verfahrenskonzeptes ist deshalb, den Restabfall in einzelne Stoffströme mit spezifischen Behandlungsmöglichkeiten zu trennen (Abbildung 1).



**Abb. 1**      Verfahrensablauf

Nach einer mechanischen Behandlung mit Zerkleinerung, Magnetabscheidung, Siebung und gegebenenfalls Homogenisierung erfolgt die weitergehende Materialaufbereitung durch ein Naßtrennverfahren. Da für die biologische Stufe ohnehin eine Naßvergärung gewählt wird, ist ein solches Vorgehen naheliegend.

Der mechanisch aufbereitete Restabfall wird einem Stofflöser zugeführt und mit Prozeßwasser eingemaischt, durch Sink-Schwimm-Trennung werden Leicht- und Schwerstoffe abgeschieden.

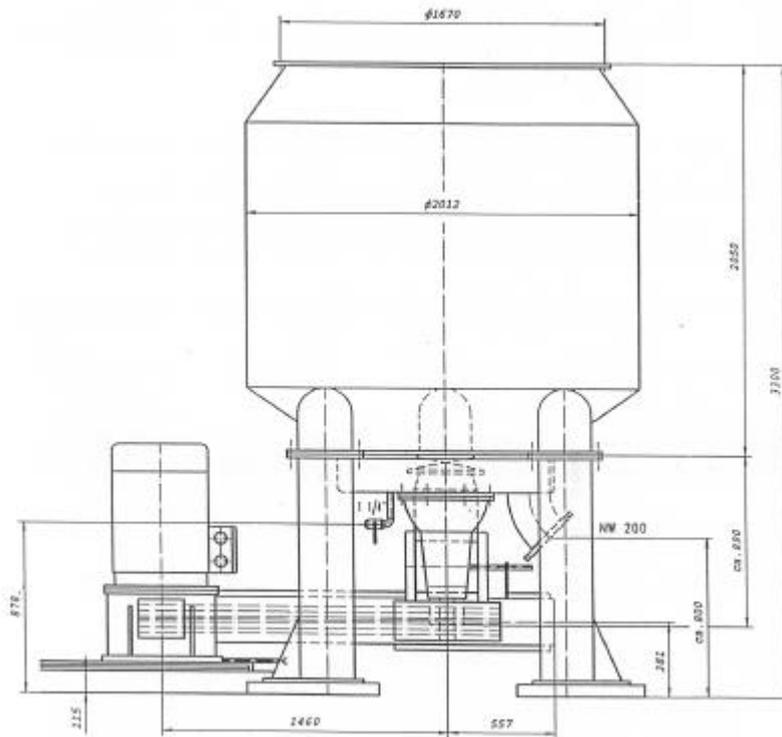
Die organikangereicherte Maische wird im Anaerobfermentor behandelt mit dem Ziel, durch optimierte anaerobe Stoffwandlungsprozesse hohe Abbauraten zu erzielen und am Fermenterboden eine emissionsarme Inertfraktion zur Deponierung ausschleusen zu können. Das entstehende Biogas wird in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zu Strom und Wärmeenergie verwertet.

Der Ablauf des Biogasreaktors wird einer Fest-flüssig-Trennung unterzogen, der Feststoff deponiert und die flüssige Phase als Prozeßwasser zurückgeführt. Ein Teilstrom muß als Abwasser entsorgt werden.

### **115 Naßaufbereitung und Anaerobbehandlung**

Nach der für Restabfallbehandlungsverfahren üblichen Zerkleinerung und Siebung, gegebenenfalls mit Homogenisierungsschritten gekoppelt, werden durch Naßaufbereitung nochmals für den biologischen Abbau nicht zugänglichen Restmüllinhaltsstoffe abgetrennt.

Mit dem Pulper wird dafür eine in der Papierindustrie bewährte Technik eingesetzt (Abbildung 2).



**Abb. 2** Pulper

Durch Zentrifugalkräfte erfolgt die Abtrennung der Sinkstoffe, die über die Schwerstoffschleuse entnommen werden. Nach Abzug der Biomüllmaische können auf dem selben Weg die Schwimmstoffe abgetrennt werden.

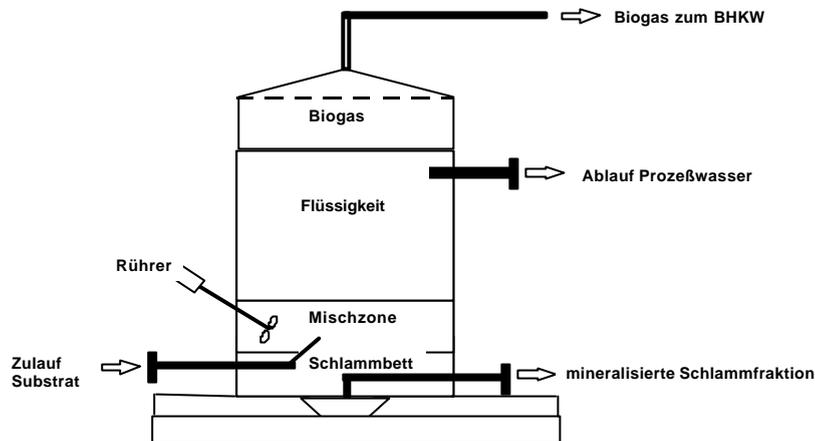
Die Stoffkennwerte beider Trennfraktionen sind in Tabelle 1 am Beispiel eines mechanisch aufbereiteten Materials (Zerkleinerung und Siebung, der Siebdurchlaß 60 mm stellt das Rohsubstrat dar) der Deponie Scharfenberg (Landkreis Wittstock) in Brandenburg zusammengestellt.

**Tab. 1** Stoffkennwerte der Sink - und Schwimmstoffe

Parameter	Einheit	Ausgangs- stoff	Schwimm- stoffe	Sinkstoffe
<u>Originalsubstanz</u>				
TS	%	61,2	49,4	83,8
Glühverlust	% TS	36,6	36,7	4,4
TOC	% TS	8,2	12,7	4,0
<u>Eluat</u>				
pH-Wert		7,7	7,76	7,95
Leitfähigkeit	µs/cm	4630	2510	1210
TOC	mg/l	1100	142	19,5
Ammonium-N	mg/l	95	8,55	0,20
AOX	mg/l	0,34	0,18	0,06

Der Anteil an Schwimmstoffen beträgt etwa 22 % der Trockenmasse, 8 % sind Sinkstoffe. Während die Schwimmstoffe einen relativ hohen Glühverlust aufweisen, sind die Sinkstoffe nicht verwertbar und werden deponiert.

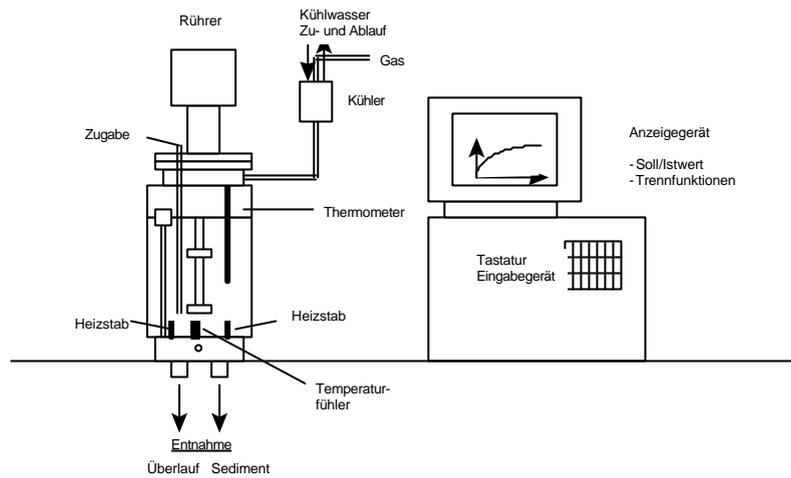
Die Anaerobbehandlung erfolgt weiter stoffstromspezifisch (Abbildung 3).



**Abb. 3** Anaerobfermentor

Die Biogasstufe ist reaktionstechnisch so ausgelegt, daß eine Entkopplung der Verweilzeiten von leicht und schwer utilisierbaren Inhaltsstoffen der Organik realisiert ist, d.h. schwer abbaubare Inhaltsstoffe verbleiben länger im System und sind somit weitestgehend mikrobiell zugänglich.

Die eingemischte Organikfraktion wird im unteren Teil zudosiert, wobei sich die schwer abbaubaren Bestandteile im Schlammbett anreichern. Am Reaktorboden erfolgt die Ausschleusung der deponiefähigen Fraktion aus dem Kreislauf. Der Überlauf wird, optional nach einer aeroben Zwischenbehandlung mit dem Ziel der Schadstoffdestruktion, als Prozeßwasser zum Einmischen zurückgeführt. Zur Ermittlung der Grenzen der Anaerobbehandlung und Erarbeitung der notwendigen Verfahrensparameter wurden im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens Untersuchungen im Laborfermentor durchgeführt (Scherer et al., 1999).



**Abb. 4** Laborfermentorsystem

Die Stoffführung entspricht der entsprechend Abbildung 3. Die Untersuchungsergebnisse aus einem 8 Liter - Laborfermentor sind für das in Tabelle 1 aufgeführte Rohsubstrat sowie einer aufbereiteten Restmüllfraktion der Anlage Quarzbichl (Bayern) mit einem höheren Organikanteil zusammengefaßt (Tabelle 2).

**Tab. 2** Kinetische Parameter der Anaerobbehandlung

Parameter	Einheit	Wittstock	Quarzbichl
mittlere Verweilzeit	d	14	14
Raumbelastung	g oTS/l x d	4	3,4
Gasproduktion	l/d	9	19
Biogasausbeute	l/g oTS	0,25	0,7
oTS-Abbau	%	30	70

Die am Reaktorboden entnommene Feststofffraktion ist nach Zentrifugation durch die in Tabelle 3 aufgeführten Stoffkennwerte charakterisiert.

**Tab. 3** Stoffkennwerte der Feststofffraktion nach anaerober Behandlung und Zentrifugation

Parameter	Einheit	Wittstock	Quarzbichl
<u>Originalsubstanz</u>			
TS	%	76,0	35,8
Glühverlust	% TS	6,7	39,7
TOC	% TS	4,40	18,7
<u>Eluat</u>			
pH-Wert		8,10	7,83
Leitfähigkeit	µs/cm	591	2110
TOC	mg/l	17,5	360
Ammonium-N	mg/l	21,3	74,1
AOX	mg/l	0,06	0,42

Durch die Anaerobbehandlung lassen sich hohe Abbauraten erreichen, die bei hohem Organikanteil im zu behandelnden Restabfall mit 14 Tagen Verweilzeit 70 % und mehr betragen.

Die kaskadenartige Weiterbehandlung führt zu erschöpfenden anaeroben Abbaukapazitäten von 78 %, so dass davon ausgegangen werden kann, daß vom Endprodukt über den Gaspfad vernachlässigbare Emissionen ausgehen. Durch aerobe Vorbehandlung mit Aufschluß lignocellulosehaltiger Organikbestandteile läßt sich der Abbau auf 85 % steigern.

Bei geringem Organikanteil sind die Abbauraten entsprechend niedriger, der geringe Stoffumsatz führt auch zu weniger Biomassebildung, was sich um Glühverlusten im Endprodukt unter 10 % der TS äußert.

## **116 Produktbewertung und Massebilanzen**

Im Rahmen der Produktbewertung werden Stabilisierungsgrößen herangezogen, die Aussagen liefern, ob nach der Ablagerung noch Deponiegas entsteht und wie hoch die organische Sickerwasserbelastung einzuschätzen ist.

Zur Produktbewertung für die biologische Stabilität und Beurteilung der Deponiefähigkeit der Feststoffe werden deshalb die Restgasbildung und der  $AT_4$  - Test herangezogen. Die  $GB_{21}$  - (Gasproduktion in 21 Tagen im Gärtest) und  $AT_4$  - Tests (Sauerstoffverbrauch in 4 Tagen) wurden entsprechend Projektansatz an der FH Hamburg (Professor Scherer) nach den im o.g. Forschungsverbund vereinheitlichten Methoden durchgeführt.

Beim  $GB_{21}$  - Gasbildungstest (37 °C) zeigt sich, daß der Feststoff aus dem Material Wittstock besonders inert mit Werten zwischen 1,0 - 4,8 ml/gTS ist, während der Quarzbichlabfall produzierte Feststoff bei  $\leq 1 - 22,6$  ml/gTS liegt. Der gegenwärtig diskutierte Grenzwert für die biologische Stabilität liegt bei 30 ml/g TS.

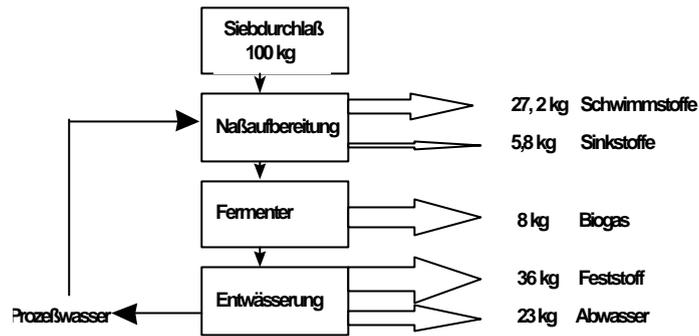
Die  $AT_4$ -Testergebnisse (20 °C) liegen unter Hinzuführung aeroben Impfmateri als bei Wittstock - als auch Quarzbichl - Feststoffen bei 0,5 bis 3,6 mg  $O_2$ /g TS, ohne Impfmateri bei  $\leq 0,1$  mg  $O_2$ /g TS.

Als Grenzwert werden 5 mg  $O_2$ /g TS empfohlen.

Die weitergehende Aufbereitung der in Punkt 3 beschriebenen angelieferten Restabfallfraktionen zeigt folgende Massebilanzen:

Die Sinkstoffe der Naßaufbereitung bestehen im wesentlichen aus Mineralien (Sand, Kies), Glas und Metallen. In den Schwimmstoffen sind die Hauptbestandteile Kunststoffe und Holz.

Die Bilanzierung eines BTA-Stofflösers führte zu ähnlichen Ergebnissen (MÜLLER, 1995). Für die Schwimmstoffe wurde ein Heizwert von 14.000 KJ/kg ermittelt (MÜLLER, 1995). Die Massenbilanz ist in Abbildung 5 beispielhaft zusammengestellt. Für die Vergärungsstufe erfolgt die Bilanzierung auf Basis des oTS-Abbaus.



**Abb. 5** Massebilanz Wittstock

Somit verbleiben aus 100 kg Rohsubstrat 42 kg zur Deponierung.

### 117 Ausblick

In der stoffstromspezifischen Behandlung von Restabfall kann durch Naßaufbereitung die Organikfraktion weiter angereichert werden.

Für die anaerobe Verfahrensstufe zeigen die ermittelten Reaktorleistungen, daß sich mit einer technisch einfach realisierbaren und betriebssicher gestaltbaren Anlagenkonfiguration und zweistufigem Betrieb mit 18,2 Tagen Verweilzeit Abbauraten der organischen Trockensubstanz von 75 % und mehr erzielen lassen.

Für den Feststoff aus dem Ablauf des Biogasreaktors werden als Stabilitätskriterien die Parameter Atmungsaktivität  $AT_4$  und Gasbildung  $GB_{21}$  herangezogen.

Für beide Parameter werden die diskutierten Grenzwerte unterschritten. Die hohen Abbauraten der nativ-organischen Substanz rechtfertigen die Auffassung, daß anaerobe Behandlungsstufen für den technischen Einsatz zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung in Betracht gezogen werden sollten.

### 118 Literatur

Müller, W. (1995): Leistungsfähigkeit der biologischen Restmüllbehandlung und Auswirkungen der biologischen Vorbehandlung auf die Stabilität des zu deponierenden Materials. Studienreihe ABFALL NOW, Band 14, 161 S.

Scherer, P.A.; Vollmer, G.-R.: Entwicklung eines einfachen Hochleistungsverfahrens zur Behandlung von Restmüll. - Müll und Abfall 3 (1999), S. 150 – 158

### Anschrift des Autors:

Prof. Dr. Gerd-Rainer Vollmer  
 BTN Biotechnologie Nordhausen GmbH  
 Kommunikationsweg 11  
 99734 Nordhausen  
 Tel. 03631656961  
 Fax 03631656997