

## **Sand im Getriebe der Vergärung?**



Dipl.-Biol. Kirsten Schu  
Dipl.-Ing. Reinhard Schu,  
EcoEnergy Gesellschaft für  
Energie- und Umwelttechnik mbH  
Walkenried

**2. Internationale Tagung MBA 2007**  
22. – 24. Mai 2007, Hannover

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ENTWICKLUNG DER VERGÄRUNGSTECHNOLOGIE.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>BIO- UND RESTABFALLVERGÄRUNG.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>AUFBEREITUNGSTECHNIK .....</b>	<b>7</b>
	<b>Abfallvorbehandlung.....</b>	<b>7</b>
	<b>Störstoffabscheidung .....</b>	<b>7</b>
	Störstoffabscheidung vor und nach Trockenvergärung .....	7
	Störstoffabscheidung vor und nach Nassvergärung.....	7
	Störstoffabscheidung bei Waschverfahren .....	9
	<b>Weiterentwicklung der Nassmechanischen Trennung.....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>11</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Entwicklung der Vergärungsverfahren	6
Abbildung 2: Prinzipien der Störstoffabscheidung bei der Nassvergärung	8

## 1 Einleitung

Verfahren zur Abscheidung von Störstoffen wie Sand, Kies, Glas, Steine und Kunststoffe werden im Zusammenhang mit Vergärungsverfahren von Bio- und Restabfall vorrangig zum Schutz von Anlagentechnik eingesetzt. Dies trifft vor allem auf Nassvergärungsverfahren, in letzter Zeit vermehrt auch für Trockenvergärungsverfahren zu. Die Bildung von Schwimmschichten ist ein typisches Problem von Nass-vergärungsverfahren, von dem auch die in letzter Zeit entstandenen Vergärungsanlagen für nachwachsende Rohstoffe (NAWARO) betroffen sind.

Die Vergärung von Suspensionen mit Feststoffanteilen hat in den letzten 20 Jahren stark zugenommen. Mit der Ausweitung von Problemen durch Sandablagerungen und Schwimmschichtbildung in Vergärungsanlagen ist die Vergärung von Suspensionen mit Feststoffanteilen generell als geeignete Verfahrenstechnik kritisch zu hinterfragen.

Störstoffe vor der Vergärung zum Schutz der Anlagentechnik abzuscheiden, ist eine maschinentechnische Anforderung und entspringt weder einer energetischen noch abfall- oder emissionstechnischen Motivation.

*„Probleme kann man niemals mit der gleichen Denkweise lösen, durch die sie entstanden sind.“  
Albert Einstein -*

EcoEnergy hat nach einer Analyse der bisherigen Erfahrungen die energetischen sowie abfall- und emissionstechnischen Anforderungen für die Behandlung von Biomasse neu formuliert.

### Energetische Anforderungen an die Biomassebehandlung

Ein grundlegendes Problem bei der Biomassevergärung ist die einseitige Zielstellung der Maximierung der Biogaserzeugung statt einer Trennung der Stoffströme für die Verbrennung bzw. Verwertung und Vergärung aus ökonomischer Sicht.

Bei fast allen Vergärungsverfahren ist die Behandlung des größten Anteils der Organik zwingend vorgesehen. Dabei wird nicht berücksichtigt, dass der energetische Wirkungsgrad einer Vergärung gegenüber einer Verbrennung von dem Parameter anaerobe Abbaubarkeit und dem Parameter Trockensubstanz abhängt. Die Verbrennung von trockenem Holz hat einen höheren energetischen Wirkungsgrad als die Vergärung von trockenem Holz. Es ist jedoch einsichtig, dass die Vergärung von nassen organischen Gewerbeabfällen mit hohen Biogasausbeuten einen höheren energetischen Wirkungsgrad aufweist als die Verbrennung dieser nassen Fraktion.

Organik, die weitestgehend von Inertstoffen und löslicher Organik befreit ist und mittels einfacher Schneckenpressen auf Trockensubstanzgehalte > 50 % TS entwässert werden kann, ist bereits für die energetische Verwertung in einer Verbrennungsanlage geeignet. Liegt der Anteil anaerob abbaubarer Organik unter 50 % wie z. B. bei Rechengut, ist aus wirtschaftlicher und energetischer Sicht für diesen Stoffstrom die energetische Verwertung durch thermische Prozesse wie Verbrennung oder Vergasung, mit oder ohne vorhergehende Trocknung, einer anaeroben Behandlung durch Vergärung vorzuziehen.

### Abfalltechnische Anforderungen an die Biomassebehandlung

Die „drei V“ der Abfallwirtschaft (Vermeiden, Verwerten, Verbrennen) werden zukünftig durch eine 5-stufige Abfall-Hierarchie (Vermeiden, Wiederverwenden, stoffliche Verwertung, energetische Verwertung, Beseitigen) abgelöst. Aus den Biomassen können sowohl die Inertstoffe wie Sand, Kies, Glas und Steine als auch die Faserstoffe bzw. der Kompost stofflich verwertet werden. Eine Minimierung von Schadstoffen, Störstoffen und biologisch leicht abbaubarer Organik

ist Voraussetzung für die Verwertung von Kompost und Faserstoffen. Schadstoffe liegen meist gelöst und in den Feinmineralien vor.

Erst durch aerobe und anaerobe Behandlung werden die Schadstoffe, soweit nicht biologisch abbaubar, in die Biomasse eingebunden. Kompostierungsverfahren generell und auch die meisten Vergärungsverfahren sind nicht zur Schadstoffminimierung geeignet. Zudem sollte der Kompost frei von verschleißenden Stoffen wie Sand sein, damit z. B. durch eine Pelletierung eine verbesserte Logistik und Lagerung möglich ist. Die energetische Verwertung in Kraftwerken, vor allem zur Mitverbrennung in hocheffizienten modernen Kohlekraftwerken, hat ebenfalls vergleichbare Qualitätsanforderungen, wobei vor allem Schwermetalle, Chlor und Ascheanteile wesentliche Qualitätskriterien darstellen. Eine Deponierung ist nur noch möglich, wenn der Stand der Technik keine wirtschaftlich zumutbare Verwertungsmöglichkeit zulässt.

### Emissionstechnische Anforderungen an die Biomassebehandlung

Der Anspruch an Emissionsminimierung gilt auch für die Biomassebehandlung. Elektrische Energie als Eigenbedarf des Behandlungsprozesses und der Verbrauch von Erdgas für Abluftbehandlungssysteme erhöht die CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenso wie die weitgehend ungenutzte Energie des biologischen Abbaus aus Kompostierungsprozessen. Abgasemissionen und Geruchsemissionen, vor allem in unmittelbarer Nähe von Wohnbebauungen, sind ebenso zu vermeiden.

In einem Forschungsprojekt, durchgeführt in den Jahren 2004 bis 2006, konnte Eco-Energy, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und unter wissenschaftlicher Begleitung durch die Universität Duisburg-Essen, eine Technologie zur Biomassebehandlung entwickeln, die eine Vergärungstechnologie von Suspensionen mit Feststoffanteilen und sowie eine Kompostierung überflüssig macht.

## **2 Entwicklung der Vergärungstechnologie**

Im Jahr 1776 wurde erstmals die Entstehung von Sumpfgas im Schlamm von Seen entdeckt, 1821 identifizierte Faraday Methan als Kohlenwasserstoff und Avogadro die chemische Formel für Methan (CH<sub>4</sub>).

Erst Anfang des 20. Jahrhunderts fanden Wissenschaftler heraus, dass die Methanbildung auf der Tätigkeit von Mikroorganismen basiert.

Versuche zur Biogasgewinnung aus Klärschlamm führten in Deutschland in den zwanziger Jahren zur Biogasnutzung im technischen Maßstab.

Durch die Klärschlammfäulung kann der zu entsorgende Klärschlammanteil erheblich gesenkt werden und zudem ist ausgefallener Klärschlamm für die landwirtschaftliche Verwertung wesentlich besser geeignet.

Die Energieerzeugung ist bis heute nicht die wirtschaftliche Motivation der Klärschlammfäulung, sondern die prozesstechnischen Vorteile zur Reduzierung der Entsorgungskosten.

Anfang der 50er Jahre wurden landwirtschaftliche Biogasanlagen zu Demonstrationszwecken gebaut, aber schon Ende der 50er Jahre wurden diese Anlagen wieder stillgelegt, das Interesse flaute durch das billig angebotene Heizöl wieder ab.

Erst die Ölkrise in den 70er Jahren belebte das Interesse an der Biogastechnik neu.

Mit dem Stromeinspeisungsgesetz von 1990 kam der Durchbruch für die Vergärungstechnik, im erweiterten Sinne jedoch noch zur Abfallbehandlung.

Die eingesetzten Substrate beschränkten sich auf Gülle und Co-Substrate, die geeignet waren, zusammen mit Gülle oder Klärschlamm eingesetzt zu werden wie Futterreste, verdorbene Silage, nicht marktfähige Kartoffeln, Fette usw.

In der Zeit von 1992 bis 1995 wurden 5 Vergärungsanlagen nur für kommunale Bioabfälle – keine Co-Vergärung - in Betrieb genommen. 1996 wurden erste Versuche zur Restabfallvergärung in Quarzbichl zur Trockenvergärung, in Münster zur Nassvergärung und in Kahlenberg zur Perkolation durchgeführt.

Die erste Restabfallvergärungsanlage als Teilstrom-Trockenvergärung wurde 1997 in Bassum für Restabfall und Klärschlamm in Betrieb genommen. Bis 2004 wurden insgesamt 35.000 t/a Vergärungskapazität für Restabfall installiert.

Zwischen 2005 und 2006 gingen insgesamt 11 Restabfallvergärungsanlagen mit einer Gesamtdurchsatzleistung von fast 1 Mio. t/a in Betrieb, davon 5 Nassvergärungs-, 3 Trockenvergärungs- und 3 Perkolationsverfahren.

Durch das EEG (ErneuerbareEnergienGesetz) von 2000 und die Novellierung 2004 vor allem für die besondere Förderung von NAWAROS (Nachwachsenden Rohstoffen) erfährt die Vergärungstechnologie einen gewaltigen Aufschwung, auf den die noch junge Technologie nicht im vollen Umfang vorbereitet ist.

### **3 Bio- und Restabfallvergärung**

Die Bio- und Restabfallvergärung ist eine sehr junge Technologie und noch in der Entwicklungsphase. Viele Firmen, die in den letzten 10 Jahren Anlagen bzw. Prozesstechnik geliefert haben, sind aufgrund der Risiken des problematischen Produktes Abfallvergärung insolvent oder haben den Tätigkeitsbereich aufgegeben.

Die Firmen MAT Müll- und Abfalltechnik GmbH, Geotec, farmatic biotech energy ag und Hese Umwelt GmbH hatten aus Gründen, die direkt mit den technischen Risiken des Produktes in Zusammenhang stehen, Insolvenz angemeldet, Firmen wie Noell (Anaergie-Verfahren), Bühler (Kompogas), Thyssen (WAASA), Lurgi/ML (Methakomp), Paques (Prethane-Biopaq), und AN biotec (Aquatherm) u.v.m haben den Bereich Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung geschlossen.

Firmen wie Envital Umweltsysteme GmbH, Herhof Umwelttechnik GmbH und Babcock Borsig Power Environment (Steinmüller-Valorga und DBA-WABIO) hatten aus anderen Gründen Insolvenz angemeldet; der Bereich Umwelttechnik der Linde-KCA, Linde-BRV und die Firma Horstmann wurden jüngst verkauft und die Firmen erwägen, Restabfallvergärungsanlagen, speziell mit nassmechanischer Trennung, zur Zeit nicht mehr anzubieten.

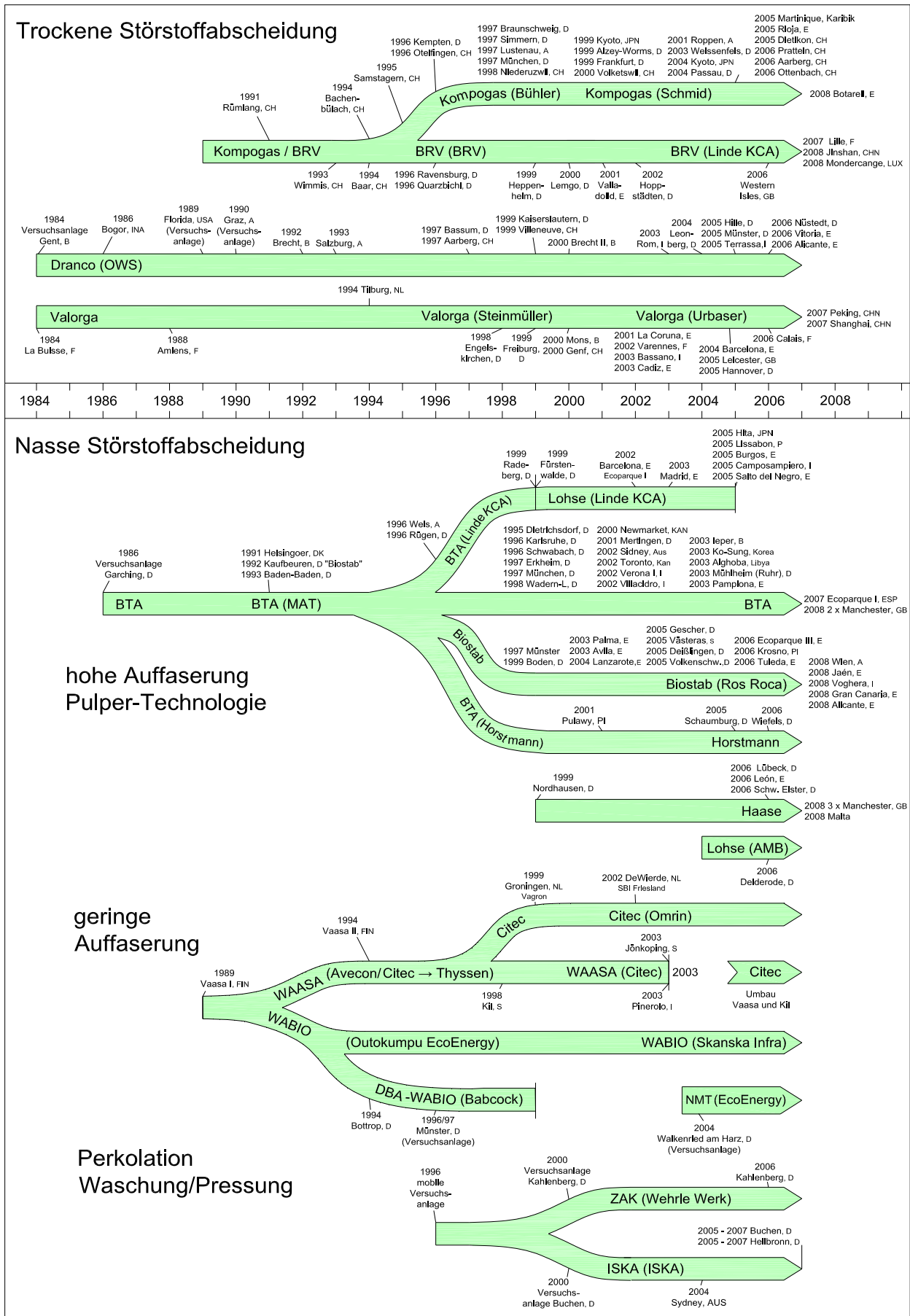


Abbildung 1: Entwicklung der Vergärungsverfahren

## **4           Aufbereitungstechnik**

### **ABFALLVORBEHANDLUNG**

Bio- und Restabfall wird zunächst durch Zerkleinerung oder Siebung bis auf eine Korngröße von < 40 mm bis 120 mm konfektioniert und Metalle werden abgeschieden.

Die weitere Aufbereitung erfolgt je nach Vergärungssystem sehr unterschiedlich.

Die Vergärungsverfahren lassen sich einteilen in trockene und nasse Verfahren, bei denen Feststoffe in die Vergärung eingetragen werden, und Waschverfahren mit anaerober Abwasserreinigung. Zu den Waschverfahren werden auch Perkulations-, Hydrolyse- und Separierverfahren gezählt, die ein mit leicht abbaubarer Organik angereichertes Abwasser erzeugen.

### **STÖRSTOFFABSCHIEDUNG**

#### **STÖRSTOFFABSCHIEDUNG VOR UND NACH TROCKENVERGÄRUNG**

Sand, Steine, Glas, Hartkunststoffe und Folien werden in den Gärbehälter zusammen mit der Biomasse < 40 mm bis 60 mm eingetragen. Bei zu hohen Stein, Kies und Glasanteilen im Abfall werden Hartstoffabscheider, eingesetzt, um die Vergärung und spätere Entwässerung zu schützen. Eine effektive Hartstoffabscheidung aufgrund der Konsistenz des Inputs mit 25 % bis 55 % Feuchte bei hohen Glas- und Kiesanteilen im Restabfall ist nicht möglich. In den Projekten Hille (Dranco), Barcelona Ecoparque II (Valorga) und dem spanischen Rioja (Kompogas) sind Probleme mit Sedimenten beobachtet worden. In den Projekten Rioja und Hille wurde die Kapazität der Schwerstoffabscheidung daraufhin verdoppelt bzw. nachgerüstet, um eine höhere Abscheideleistung zu erzielen. Der Vergärungsanlage in Kaiserslautern (Dranco) ist eine Kugelmühle vorgeschaltet, die Glas und Steine zerkleinert und somit die für die Trockenvergärung relevanten Sedimentationsprobleme beseitigt.

Mit Ausnahme der Teilstrom-Trockenvergärungsanlagen, bei denen der Gärrest nicht entwässert wird, wird bei diesen Verfahren das Sandproblem auf die Entwässerung verlagert. In Hannover (Valorga) wurde eine 3-stufige Separationsanlage zur Gärrest und Prozesswasseraufbereitung installiert. Schneckenpressen zur Entwässerung der Gärreste leiden allgemein sehr unter der hohen Störstofflast, Die meisten Betriebsprobleme der Trockenvergärung entspringen der unzureichenden Funktion der Separationsanlage nach der Vergärung trotz einer aufwendigen Aufbereitung des Restabfalls vor der Vergärung.

In der Bioabfallvergärungsanlage Braunschweig (Kompogas) wurde 1998 eine Sandabscheidung in der Separationsanlage für die Gärreste nachgerüstet.

#### **STÖRSTOFFABSCHIEDUNG VOR UND NACH NASSVERGÄRUNG**

Zur Vermeidung von Sedimentation und Schwimmdeckenbildung in der Nassvergärung wurden zahlreiche Verfahrensvarianten zur Störstoffentfrachtung entwickelt.

Der Auffaserungsgrad der Organik im Mischer als erstem Aggregat der nassen Aufbereitung ist sehr unterschiedlich. Es werden Verfahren mit sehr hoher Auffaserung wie die Pulpertechnologie, entwickelt von BTA in der Versuchsanlage Garching, und Verfahren mit geringer Auffaserung, wie das WABIO Verfahren, entwickelt von Outokumpu Ecoenergy Oy in der Demonstrationsanlage Vaasa, Finnland, unterschieden.

Der Wassergehalt des Abfalls wird über Kreislaufwasserzugabe in einem Mischer soweit erhöht, dass durch Schwimm-Sink-Trennung eine Abscheidung erfolgen kann. Um die Anlagengröße zu minimieren, werden die Störstoffe in mehreren Stufen mit sinkendem Trockensubstanzgehalt abgeschieden.

Die letzte Stufe der Störstoffabscheidung stellt meist ungewollt die Vergärung dar. Durch anaeroben Abbau der Organik hat die Suspension im Gärbehälter einen um ca. 50 % niedrigeren Trockensubstanzgehalt und entsprechend niedrigere Viskosität als die zugeführte Frischsuspension (Abb. 2).

Restabfall wurde erstmals 1989 großtechnisch zusammen mit Klärschlamm in Vaasa, Finnland nach dem WABIO-Verfahren vergoren. Der Abfall wurde < 50 mm gesiebt und in einem einfachen Rührbehälter batchweise angemischt, Leichtstoffe durch einen Skimmer ausgetragen und grobe Steine > 5 mm abgeschieden. Die zweite Stufe der Störstoffabscheidung sollte im Gärbehälter, der einen stark konischen Boden und eine Einrichtung zum Schwimmschichtaustrag auswies, durchgeführt werden. In der Versuchsanlage von BTA, Garching, wurden erstmals 1986 Versuche zur Nassaufbereitung und Vergärung durchgeführt, die Abscheidung erfolgte batchweise und auch hier wurde ein Sandaustrag am Gärbehälter vorgesehen.

Die nicht genügende Beachtung dieses verfahrenstechnischen Zusammenhangs ist in vielen aktuellen Großprojekten Ursache der Problematik. Die Nassaufbereitung vor der Vergärung wurde in allen jüngsten deutschen Projekten weit unterschätzt. Insolvenzen und Firmenverkäufe sind nur eine der Folgen einer nicht ausgereiften Technologie. Die Aufbereitungstechnik in den Projekten Wiefels, Sachsenhagen, Südniedersachsen, Schwarze Elster und Lübeck wurde bzw. wird umgebaut bzw. zusätzlich Abscheidestufen installiert. Im Projekt Barcelona Ecoparque 1 wird die komplette Aufbereitungstechnik ausgetauscht und die Gärbehälter umgebaut. Nach erfolgreicher Umsetzung wird das Vorgehen auf das Projekt Madrid übertragen.

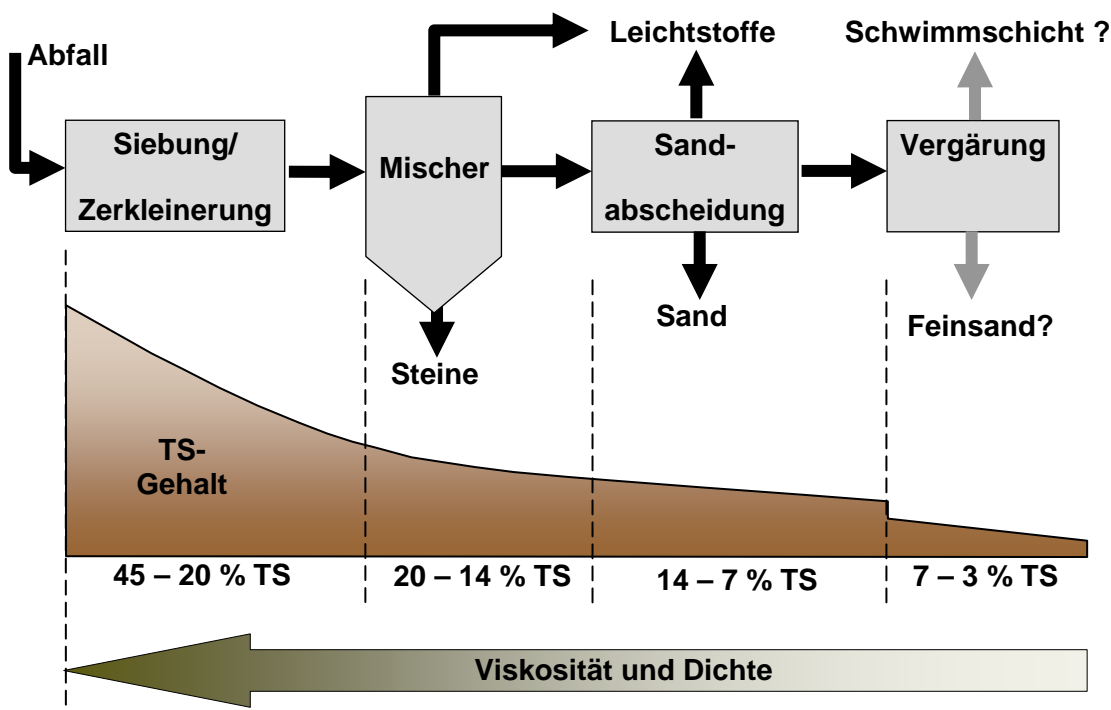


Abbildung 2: Prinzipien der Störstoffabscheidung bei der Nassvergärung



Bei Trockensubstanzgehalten von < 5 % im Gärbehälter hat gerade bei Restabfall die Suspension nur noch ein sehr geringes Haltevermögen, Mischeinrichtungen sind meist für die Vermeidung der langfristigen Schwimm-Sink-Trennung im Gärbehälter unterdimensioniert.

Eine Eindickung der Suspension vor der Vergärung kann das Haltevermögen der Suspension erhöhen. Bei Bioabfall ist dies im Vergleich zu Restabfall nicht ohne Flockungshilfsmittel möglich. Eine Eindickung wird vor allem bei der Pulpertechnologie durch die hohe Auffaserung erschwert. Hohe Faserdichten sind maßgeblich für die Viskosität der Suspension verantwortlich.

Verfahren mit geringer Auffaserungsenergie wie das WABIO- oder WAASA-Verfahren können daher bei höheren Trockensubstanzgehalten Störstoffe abscheiden. Das WAASA-Verfahren wurde in den niederländischen Projekten Groningen und De Wierde zu einem dreistufigen kontinuierlichen Störstoffabscheideverfahren optimiert. Der Patentinhaber des WAASA-Verfahrens, die schwedische Firma CiTec wird das Verfahren aufgrund der Störstoffproblematik zur Vergärung von Suspensionen mit Feststoffanteilen nicht mehr weiter führen und hat die Anlagen Vaa-sa (FI) und Kil (S) so umgebaut, dass nur noch eine weitgehend von Feststoffen befreite Suspension bzw. Presswasser in die Vergärung bzw. anaerobe Abwasserreinigung gelangt.

### **STÖRSTOFFABSCHIEDUNG BEI WASCHVERFAHREN**

Waschverfahren überführen die gelöste Organik in eine von Feststoffen befreite Flüssigphase. Mit Technologien der anaeroben Abwasserreinigung wird die Flüssigphase mit Abbauleistungen von > 95 %, abhängig vom refraktären CSB, gereinigt und Biogas erzeugt. Verfahrensabhängig werden unterschiedliche Lösungswirkungsgrade erzielt. Abhängig vom Löseverfahren erfolgt vor oder nach dem Löseverfahren eine Störstoffentfrachtung.

Vor der Fest-Flüssig-Trennung wird bei festen Abfällen meist ein Hydrolse- oder Perkollationsverfahren durchgeführt. Für die Vergärung von festen Abfällen wurden in den letzten 15 Jahren die Waschverfahren Aquatherm, Prethane-Biopaq, IMK, BTA zweistufig, angepasstes WAASA- sowie NMT-Verfahren und die Perkollationsverfahren ZAK und ISKA durchgeführt.

Bei dem Prethane-Biopaq-Verfahren der Firma Paques, installiert 1992 in Breda (NL), wurde erstmalig ein UASB-Reaktor zur Vergärung des Waschwassers aus der Hydrolyse von Marktäb-fällen eingesetzt. Eine bereits im Jahr 1996 genehmigte Anlage in Leiden für 75.000 t/a Restab-fall wurde nicht realisiert. Die Störstoffentfrachtung wurde als zu risikoreich beurteilt. 1995 wurde eine Anlage nach dem Aquatherm-Verfahren der Fa. AN biotec in Ganderkesee aufgebaut, die aus einer mit heißem Wasser betriebenen Waschschnecke mit Abpressung und einer U-ASB-Vergärung des Presswassers bestand. Die Verweilzeit in der Perkollation betrug sechs Stunden. 1996 wurde in Herten eine Bioabfallvergärungsanlage nach dem IMK-Verfahren, äh-nlich dem Aquatherm Verfahren, in Betrieb genommen. Die Erwärmung wurde durch eine aerobe Hydrolyse, die Waschung innerhalb der dreitägigen Aufenthaltszeit täglich durch Abpressung, Wiederbefeuchtung und Mischung erreicht. Eine Herausforderung stellte der Verschleiß an den Schneckenpressen und Pumpen dar. Das Prozesswasser wurde im Kreislauf gereinigt.

1996 wurden in Kahlenberg Versuche zur Perkollation aufgenommen, 2000 wurde eine De-monstrationsanlage gebaut und 2006 eine Großanlage für einen Durchsatz von 100.000 t/a. Das Verfahren stellt eine Mischung aus dem Aquatherm- und dem IMK-Verfahren dar. In einer großen Paddelmischschnecke wird der gesiebte und von groben Steinen über einen ballisti-schen Sichter befreite Restabfall eingetragen, kontinuierlich gemischt und gewaschen. Das Waschwasser wird vor dem Eintrag in die Vergärung in einer dreistufigen nassmechanischen Trennanlage gereinigt. Der Feststoff wird nach der Perkollation mit einer Schneckenpresse ent-wässert. Die Feststoffe werden wie beim Trockenstabilatverfahren biologisch getrocknet und - auch entsprechend dem Trockenstabilatverfahren - nach einer Trennung in fünf Fraktionen über

Luftherde von Steinen, Glas und Kies gereinigt. Das Verfahren besteht aus einer Abfallaufbereitung wie vor und nach einer Trockenvergärung, einer aufwendigen Kreislaufwasserbehandlung wie bei einer Nassvergärung und einer zusätzlichen Brennstoffaufbereitung wie bei einem Trockenstabilisierverfahren, es scheint aber den Aufwand zu rechtfertigen. Das ISKA-Verfahren ist mit dem ZAK-Verfahren 1996 gemeinsam gestartet, nach den ersten Versuchen hat ISKA eine Demonstrationsanlage in Buchen gebaut und nicht wie das ZAK-Verfahren auf Verwertung, sondern auf Beseitigung des Abfalls auf einer Deponie gesetzt. Nach dem ISKA-Verfahren wurden in Deutschland zwei Großanlagen gebaut, Buchen und Heilbronn. Die Anlagen Buchen und Heilbronn werden nach Ankündigung der EnBW 2007 geschlossen.

## **WEITERENTWICKLUNG DER NASSMECHANISCHEN TRENNUNG**

In Abbildung 1 ist die Entwicklung der Störstoffabscheidung bei der Vergärung von festen Abfällen dargestellt. Das DBA-WABIO-Verfahren wurde von Babcock nach dem Zusammenschluss der Umwelttechnik mit Steinmüller 1999 aufgegeben. EcoEnergy hat die Philosophie der Aufbereitungstechnik mit geringer Auffaserungsenergie des DBA-WABIO-Verfahrens zu einem Waschverfahren weiterentwickelt.

Durch eine dreistufige Inertstoffabscheidung mit der Erzeugung von drei Fraktionen Organik, die kaskadenförmig gewaschen werden, gelingt es, Organikfraktionen zu erzeugen, die frei von abrasiven Sandpartikeln sind. Zudem liegen die organischen Fraktionen getrennt nach den Korngrößen 100 µm bis 10 mm, 10 mm bis 30 mm und 30 mm bis 80 mm vor. Die organischen Fraktionen werden einzeln mit Schneckenpressen entwässert. Die separate Verpressung der Einzelfraktionen verhindert, dass aufgrund der Kraftübertragung über grobe harte Bestandteile, die Presskraft nicht gleichmäßig für die Entwässerung zur Verfügung steht.

Eine zusätzliche Besonderheit des NMT-Verfahrens ist die Aufwärmung des Kreislaufwassers auf > 65 °C, um die Zellwände für einen besseren Aufschluss bei der mechanischen Entwässerung zu destabilisieren. Diese Instabilität gerade bei Temperaturen zwischen 65 °C und 75 °C hängt mit der Struktur der Zellwände zusammen. Zellwände sind im Wesentlichen aus Fibrillen aufgebaut. Fibrillen bestehen aus schwer biologisch abbaubarer Zellulose, eingebettet in eine Matrix aus Hemizellulosen, Lignin und Pektin.

Die Fibrillen untereinander sind über intermolekulare Wasserstoffbrückenbindungen miteinander verbunden. Wasserstoffbrückenbindungen werden bei Temperaturen > 65 °C instabil und es genügen dann bereits geringe Scherkräfte um die Zellen aufzubrechen.

EcoEnergy ist es gelungen, mit einer einfachen Schneckenpresse Restabfall und Bioabfall ohne vorherige Vergärung, Perkolation oder Hydrolyse inertstofffrei auf 60% Trockensubstanz zu entwässern, da das Zellwasser durch die Thermo-Mechanische-Zellyse ebenfalls erfasst wird.

Neben dem Vorteil der hohen Lösung von leichtabbaubarer Organik durch die Thermo-Mechanische-Zellyse (TMZ) wird auch die native Organik quasi zerlegt auf Fasergrößen < 5 mm. Fossile Organik lässt sich in der Korngröße nicht durch die Thermo-Mechanische-Zellyse beeinflussen. Durch eine Siebung nach der Pressung können die Hartkunststoffe und Kunststofffolien von der nativen Organik getrennt werden.

Eine weitgehende Entwässerung der Inertfraktion ist auch ohne Trocknung möglich. Die Inertstoffe werden im Verfahren soweit mit Kreislaufwasser und Frischwasser gereinigt, dass sie einer Verwertung zugeführt werden können.

Der Schadstoffgehalt in den Biomassefraktionen ist verfahrensbedingt gering. Chlor ist durch die Kunststoffabtrennung nicht als PVC enthalten und kann nur als Salz gelöst im Wasser vorhanden sein. Durch den hohen Entwässerungsgrad ohne thermische Trocknung werden alle

löslichen Schadstoffe mit dem Press- und Waschwasser, je nach Waschwasseraufbereitungs- und Presskonzept, zu 50 % bis 90 % ausgetragen.

Die Schadstoffe gelangen in die Vergärung des Kreislaufwassers und werden dort in den anaeroben Schlamm eingebunden und zur Entsorgung ausgetragen.

In einem Versuch konnte nachgewiesen werden, dass 65 % bis 80 % des Biogasertrages, der bei einer Vollstromvergärung erreicht worden wäre, auch bei dem NMT-Verfahren mit einer Hochleistungsvergärung entsteht.

Die getrocknete und gesiebte organische Fraktion (BioFluff®) wird entsprechend dem vorgesehenen Verwertungsweg konfektioniert. BioFluff® ist eine schadstoffreduzierte, trockenstabilisierte, aufgefaserete Biomasse und als Rohstoff vielseitig einsetzbar. Für eine Verwertung als Trockendünger ist eine Pelletierung, zur direkten energetischen Verwertung eine Brikettierung oder Pelletierung vorgesehen. BioFluff® kann ebenso werkstofflich weiter verarbeitet werden zu Dämmstoffen, Baustoffen oder Filterstoffen aufbereitet oder sogar zu Ethanol vergoren werden. Eine Pelletierung oder Brikettierung ist in den meisten Anwendungen aus Transportgründen wegen der geringen Dichte von BioFluff® erforderlich.

In dem Forschungsprojekt Nassmechanische Trennung von Abfällen (NMT-Verfahren), gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und mit wissenschaftlicher Begleitung durch die Universität Duisburg-Essen, konnte EcoEnergy zeigen, dass mit den aufgezeigten biologischen, physikalischen und maschinentechnischen Möglichkeiten Kompostierungsverfahren und die Vergärung von abscheidbaren Feststoffen in Zukunft nicht mehr technisch begründbar sind.

## 5 Literaturverzeichnis

- |   |      |   |
|---|------|---|
| Archer, E.; et al.                          | 2005 | Mechanical-Biological-Treatment – A Guide for Decision Makers. Processes, Policies & Markets, In: Juniper Consultancy Services Ltd, März 2005, Download: <a href="http://www.sitatrust.org.uk/resources/documents/Annex%20D.pdf">http://www.sitatrust.org.uk/resources/documents/Annex%20D.pdf</a> , Stand: 10.04.2007    |
| Deutsche Babcock Anlagen GmbH               | 1997 | Kombi-Anlagen zur biologischen Abfallbehandlung. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Hersteller- und Dienstleistungskatalog 1997/98. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, Firmenpräsentation im Rahmen des 9. Kasseler Abfallforums, 1. Auflage 1997, Seite 57 – 61   |
| Doedens, H.; Gallenkemper, B.; Ketelsen, K. | 2006 | Einhaltung der Ablagerungskriterien durch MBA-Anlagen – Ergebnisse der ASA-Umfrage. In: Wiemer u. Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung – stofflich, energetisch, 2006, S. 575-584  |
| Hasenkamp, P.                               | 1997 | Umsetzung der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung in der Praxis, Modell Münster - Aufbruch in eine neue Konzeption. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, Fachbuchreihe Abfall-Wirtschaft des Witzenhausen-Instituts, 1. Auflage 1997, Seite 551 – 564 |
| Ibrahim, H. A.                              | 1998 | Untersuchungen zu In- und Outputströmen bei der Restabfallvergärung und Vergleich mit der Kompostierung. Diplomarbeit, Universität Paderborn, Höxter, Juni 1998, Download: <a href="http://home.germany.net/101-242715/mba/dipl_mba.pdf">http://home.germany.net/101-242715/mba/dipl_mba.pdf</a> , Stand: 10.04.2007      |

- Insinger, B., Ludwig, A. 2006 Erste Betriebserfahrungen mit der Vollstromvergärung „MBA Schaumburg“ in Sachsenhagen. In: 6. ASA Abfalltage, 01.02.2006 bis 03.02.2006, Seite 153 - 159
- Mata-Alvarez, J. 2006 Digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos - Implementación a nivel industrial. In: Miniforo iberoeoka, 19.-21.04.2006
- Ministerium für Umwelt und Verkehr BW 1996 Hohe Kompostqualität ist möglich. Heft 2 der Reihe Boden FE, 1996
- Niedersächsisches Umweltministerium 2006 Bericht vom MBA-Workshop am 6.9.2006 in Hannover. 24.11.2006, Download: [http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C29408791\\_L20.pdf](http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C29408791_L20.pdf), Stand: 10.04.2007
- Rettenberger, G. 2005 Demonstrationsanlage nach dem ZAK-Verfahren, wissenschaftliche Begleitung – Endbericht. Juni 2005, Download: [http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/17038/projekt14\\_bericht.pdf?command=downloadContent&filename=projekt14\\_bericht.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/17038/projekt14_bericht.pdf?command=downloadContent&filename=projekt14_bericht.pdf), Stand: 10.04.2007
- Schalk, P. 1998 Das BIOPERCOLAT®-Verfahren - ein Baustein für variable und wirtschaftliche Abfallkonzepte. In: Bilitewski, B.; Werner, P.; Weltin, D. (Hrsg.): Anaerobe biologische Abfallbehandlung. Fachtagung vom 2./3. Februar 1998, 1. Auflage 1998, Seite 126 – 133
- Schu, R. 2006 Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von fossiler und nativer Organik aus organischen Stoffgemischen; AZ 10 2006 042 161.2, Anmeldung 2006
- Schu, R. 2006 Zukunftsfähige MBA-Konzepte – Vision 2020; in: Energie aus Abfall, Band 1 (Hrsg.: K.J. Thomé-Kozmiensky, M. Beckmann), TK Verlag, Neuruppin, 2006, S. 265-298
- Schu, R. 2003 „Verfahren und Vorrichtung zur nassmechanischen Behandlung eines Stoffgemisches, insbesondere von Abfall jeder Art“, DE 103 54 627 A1, Anmeldung 2003
- Schu, R. 1998 „Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung von Abfall“ EP 0 909 586 A1, Anmeldung 1998
- Westphal 1997 Das Aquathermverfahren der AN biotec. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Hersteller- und Dienstleistungskatalog 1997/98. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, Firmenpräsentation im Rahmen des 9. Kasseler Abfallforums, 1. Auflage 1997, Seite 9 – 15