

# Sand im Getriebe der Vergärung?

Dipl.-Biol. Schu, Kirsten,

EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH, Walkenried am Harz

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>
<b>2</b>	<b>Entwicklung der Vergärungstechnologie</b>
<b>3</b>	<b>Bio- und Restabfallvergärung</b>
<b>4</b>	<b>Aufbereitungstechnik</b>
4.1	ABFALLVORBEHANDLUNG
4.2	STÖRSTOFFABSCHIEDUNG
4.2.1	<i>Störstoffabscheidung vor und nach Trockenvergärung</i>
4.2.2	<i>Störstoffabscheidung vor und nach Nassvergärung</i>
4.2.3	<i>Störstoffabscheidung bei Waschverfahren</i>
4.3	WEITERENTWICKLUNG DER NASSMECHANISCHEN TRENNUNG
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1:</i>	<i>Störstoffabscheidung bei Vergärungsverfahren</i>
<i>Abbildung 2:</i>	<i>Entwicklung der Trockenvergärung mit Störstoffabscheidung</i>
<i>Abbildung 3:</i>	<i>Trockenvergärung mit Störstoffabscheidung am Beispiel des Valorga-Steinmüller Konzeptes</i>
<i>Abbildung 4:</i>	<i>Trockenvergärung mit Störstoffabscheidung Bühler Kompogas®</i>
<i>Abbildung 5:</i>	<i>Entwicklung der Nassvergärung mit Störstoffabscheidung</i>
<i>Abbildung 6:</i>	<i>Aufbereitung bei der Nassvergärung mit dem BTA-Verfahren</i>
<i>Abbildung 7:</i>	<i>Prinzipien der Störstoffabscheidung bei der Nassvergärung</i>
<i>Abbildung 8:</i>	<i>Aufbereitung bei der Nassvergärung WAASA- und WABIO-Verfahren</i>
<i>Abbildung 9:</i>	<i>Entwicklung der Perkulations-, Hydrolyse- und Waschverfahren</i>
<i>Abbildung 10:</i>	<i>Aufbereitung und Verweilzeiten bei Wasch- und Perkulationsverfahren</i>
<i>Abbildung 11:</i>	<i>Das NMT-Verfahren</i>

## 1 Einleitung

Vergärungsverfahren haben sich neben der Kompostierung in den letzten 20 Jahren zunehmend etabliert. Die vergorenen Substrate reichen von Klärschlamm bis zu Restabfall. Der technische Aufwand steigt dabei in Abhängigkeit vom Störstoffanteil:

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.

Bei der Vergärung von Suspensionen mit Feststoffanteilen, also im Bereich der Restabfallvergärung, stoßen die bisher etablierten Verfahren der Störstoffabtrennung jedoch vielfach an ihre Grenzen und es kommt sehr häufig zu Störungen. Die Bildung von Schwimmschichten ist ein weiteres, typisches Problem von Nassvergärungsverfahren, von dem auch die in letzter Zeit entstandenen Vergärungsanlagen für nachwachsende Rohstoffe (NAWARO) betroffen sind. 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.

Diese Beobachtungen waren der Ausgangspunkt für diesen Beitrag. Wir haben daher die zurzeit implementierten Verfahren im Hinblick auf Störstoffabtrennung untersucht und eine Darstellung des Status Quo der Störstoffproblematik unternommen. Als Ergebnis der Bestandsaufnahme steht die Erkenntnis, dass zur Lösung dieser Probleme zunächst die Zielstellung der Störstoffabtrennung zu hinterfragen ist. Um es mit Einstein zu sagen:

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

Störstoffe vor der Vergärung zum Schutz der Anlagentechnik abzuscheiden, ist eine maschinentechnische Anforderung und entspringt weder einer energetischen noch abfall- oder emissionstechnischen Motivation. Im Rahmen einer produktorientierten Sichtweise der Abfallwirtschaft kann man demgegenüber folgende energetische, abfallwirtschaftliche und emissionstechnische Anforderungen an die Restabfallbehandlung formulieren, denen auch die Restabfallvergärung genügen muss:

## Energetische Anforderungen an die Biomassebehandlung

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

Statt nur die Maximierung des Biogasertrags zum Maßstab zu nehmen, ist daher eine Betrachtung des energetischen Gesamtwirkungsgrades sinnvoll. Dies hätte zur Konsequenz, dass möglichst nur die vergärbaren Anteile in die Vergärung gehen und Stoffströme zur Verbrennung und Verwertung vorher abgetrennt werden.

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 „Trockensubstanzgehalt“ abhängt. Die Verbrennung von trockenem Holz hat einen höheren energetischen Wirkungsgrad als die Vergärung von trockenem Holz. Es ist ebenso einsichtig, dass die Vergärung von nassen organischen Gewerbeabfällen mit hohen Biogasausbeuten einen höheren energetischen Wirkungsgrad aufweist als die Verbrennung dieser nassen Fraktion. Überspitzt formuliert würde niemand ernsthaft eine Verbrennung von Gülle oder eine Vergärung von Holz vorschlagen.

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

Im gesamten abfallwirtschaftlichen Kontext sollte die stoffliche Verwertung Vorrang haben, wie es auch in der Novelle der Abfallrahmenrichtlinie gefordert ist. 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.

Für eine Trennung der Stoffströme vor der Behandlung spricht weiterhin, dass die meist gelöst oder in der Feinmineralik vorliegenden Schadstoffe bei der biologischen Behandlung in die Biomasse eingebaut werden. Die Qualität der erzeugten Produkte, ob Kompost oder Brennstoff, leidet entsprechend. Gelöste Schadstoffe und Salze werden daher besser durch mechanische Entwässerung vor einer Behandlung abgetrennt als durch Behandlung und anschließende Trocknung.

Kompostierungsverfahren generell und auch die meisten Vergärungsverfahren sind nicht zur Schadstoffminimierung geeignet. Zudem sollte ein 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, stellt 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. Verwertbare organische Fraktionen sollten daher nicht biologisch behandelt werden.

#### Emissionstechnische Anforderungen an die Biomassebehandlung

Der Anspruch der Emissionsminimierung gilt auch für die Biomassebehandlung. Elektrische Energie als Eigenbedarf des Behandlungsprozesses und der Verbrauch von Erdgas für Abluftbehandlungssysteme erhöhen die CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenso wie die weitgehend ungenutzte Energie des biologischen Abbaus aus Kompostierungsprozessen. Ein weiterer Aspekt ist das Ziel der Minimierung der Geruchsemissionen, dies wird vor allem bei der Kompostierung zur Herausforderung. Restmüllkompostierung ist auch aus diesen Gründen nicht die Technologie der Wahl.

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 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 ( $\text{CH}_4$ ). Erst Anfang des 20. Jahrhunderts fanden Wissenschaftler heraus, dass die Methanbildung auf der Tätigkeit von Mikrobakterien 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 ausgefaulter 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.

Nach der Etablierung der Klärschlammvergärung entstanden in den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts einige Versuchs- und Demonstrationsanlagen zur Vergärung von Feststoffen. Zum Durchbruch für die Vergärungstechnik in Deutschland kam es jedoch mit dem Stromeinspeisungsgesetz, im erweiterten Sinne allerdings 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 waren insgesamt 35.000 t/a Vergärungskapazität für Restabfall installiert.

Durch das EEG (ErneuerbareEnergienGesetz) von 2000 und die Novellierung 2004 vor allem für die besondere Förderung von NAWAROS (Nachwachsenden Rohstoffen) erfuhr die Ver-

gärungstechnologie einen gewaltigen Aufschwung, auf den die junge Technologie nicht im vollen Umfang vorbereitet war.

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. Seit 2006 kann man eine Häufung von Problemen im Betrieb der Anlagen beobachten, die zu Verlängerungen von Inbetriebnahme bzw. Probebetrieb über häufige Stillstände, Umbauten und Probleme mit der Outputqualität bis zu Firmenverkäufen, Aufgabe des Geschäftszweigs und sogar Insolvenzen führten und führen.

### **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, Hese Umwelt GmbH und Horstmann GmbH & Co. KG 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 und Linde-BRV wurden jüngst an STRABAG verkauft und die Firmen erwägen, Restabfall-Nassvergärungsanlagen zurzeit nicht mehr anzubieten.

## 4 Aufbereitungstechnik

### 4.1 Abfallvorbehandlung

Vergärungsverfahren werden in der Regel nach einer mechanischen Vorbehandlung eingesetzt, in der das Material vorzerkleinert, auf ca. 80 mm gesiebt und von Metallen befreit wird. Die weitere Vorbehandlung richtet sich dann nach dem jeweiligen Verfahren.

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. Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Schritte der Störstoffabscheidung bei Trocken- und Nassvergärung sowie bei Waschverfahren.

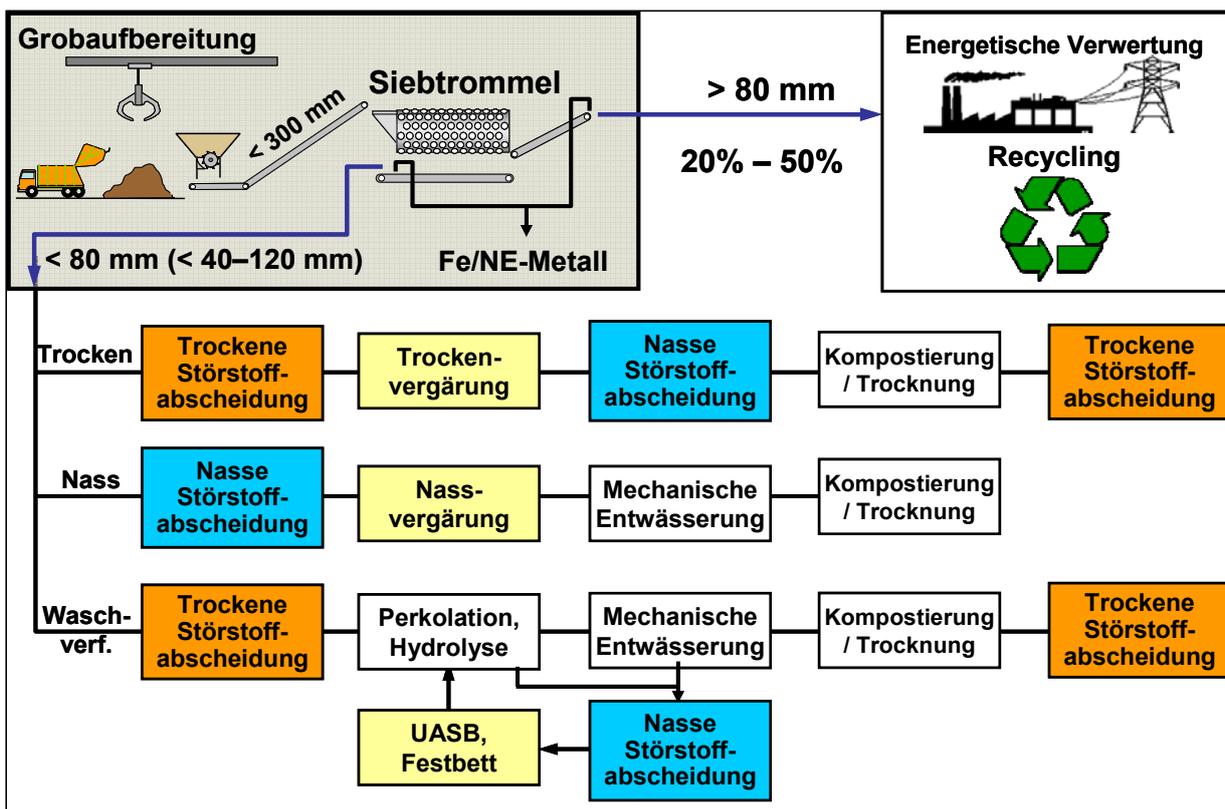


Abbildung 1: Störstoffabscheidung bei Vergärungsverfahren

Trockenen Verfahren ist teilweise eine trockene Störstoffabtrennung vorgeschaltet, die Störstoffe werden ansonsten mit in die Vergärung eingetragen. Die Störstoffabtrennung wird dann

auf die Entwässerung des Gärrestes und eventuell eine weitere trockene Störstoffabscheidung nach der Trocknung des Gärrestes verlagert.

In der Nassvergärung ist die Abtrennung von Störstoffen zur Vermeidung von Sedimentation, Schwimmdeckenbildung und Anlagenverschleiß vor der Vergärung in jedem Fall erforderlich.

Waschverfahren, zu denen auch Hydrolyse- und Perkolationsverfahren zählen, können ebenfalls mit einer trockenen Störstoffabscheidung ausgestattet sein, bei Waschverfahren wird nur die flüssige Fraktion vergoren, nachdem der Sand abgeschieden wurde. Auch der Gärrest muss nach der biologischen Trocknung bzw. Rotte nochmals von Störstoffen befreit werden.

## 4.2 Störstoffabscheidung

### 4.2.1 Störstoffabscheidung vor und nach Trockenvergärung

Die Entwicklung der trockenen Vergärungsverfahren ist in Abbildung 2 anhand eines Zeitstrahls dargestellt. Es gibt grundsätzlich zwei Verfahrenstypen: Kompogas/BRV mit horizontalem Reaktor und Dranco und Valorga mit vertikalem Reaktor.

Kompogas und BRV haben bisher, von Versuchsanlagen abgesehen, keine Restmüllvergärungsanlagen in Deutschland errichtet.

Mit dem Dranco-Verfahren sind die meisten für Restabfallvergärung in Deutschland gebauten Anlagen als Teilstromvergärung ohne Gärrestaufbereitung, wie Bassum, Hille und Münster, ausgeführt. Die Anlage Kaiserslautern wurde für Bioabfall erstellt und später auf Restabfall umgestellt. Nach dem Valorga-Verfahren ist die Anlage in Hannover von Hese errichtet worden.

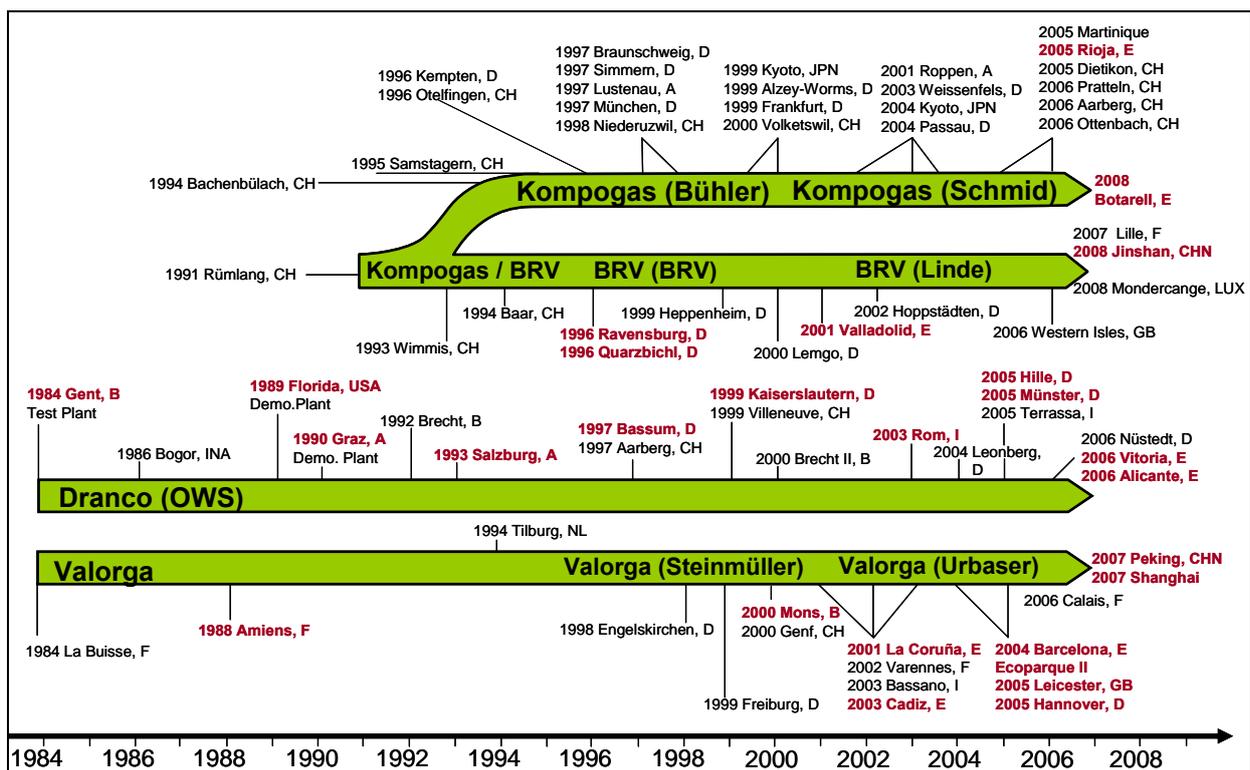


Abbildung 2: Entwicklung der Trockenvergärung mit Störstoffabscheidung

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. nachgerü-

tet, um eine höhere Abscheideleistung zu erzielen. Der Vergärungsanlage in Kaiserslautern (Dranco) war bisher eine Kugelmühle vorgeschaltet, die Glas und Steine zerkleinerte und somit die für die Trockenvergärung relevanten Sedimentationsprobleme beseitigte. Aktuell wird diese durch eine VM-Press (Vezzani) ersetzt.

Allgemein werden bei der Trockenvergärung Sand, Steine, Glas, Hartkunststoffe und Folien 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.

Mit Ausnahme der Teilstrom-Trockenvergärungsanlagen, bei denen der Gärrest nicht entwässert wird, wird bei den Trockenvergärungsverfahren 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.

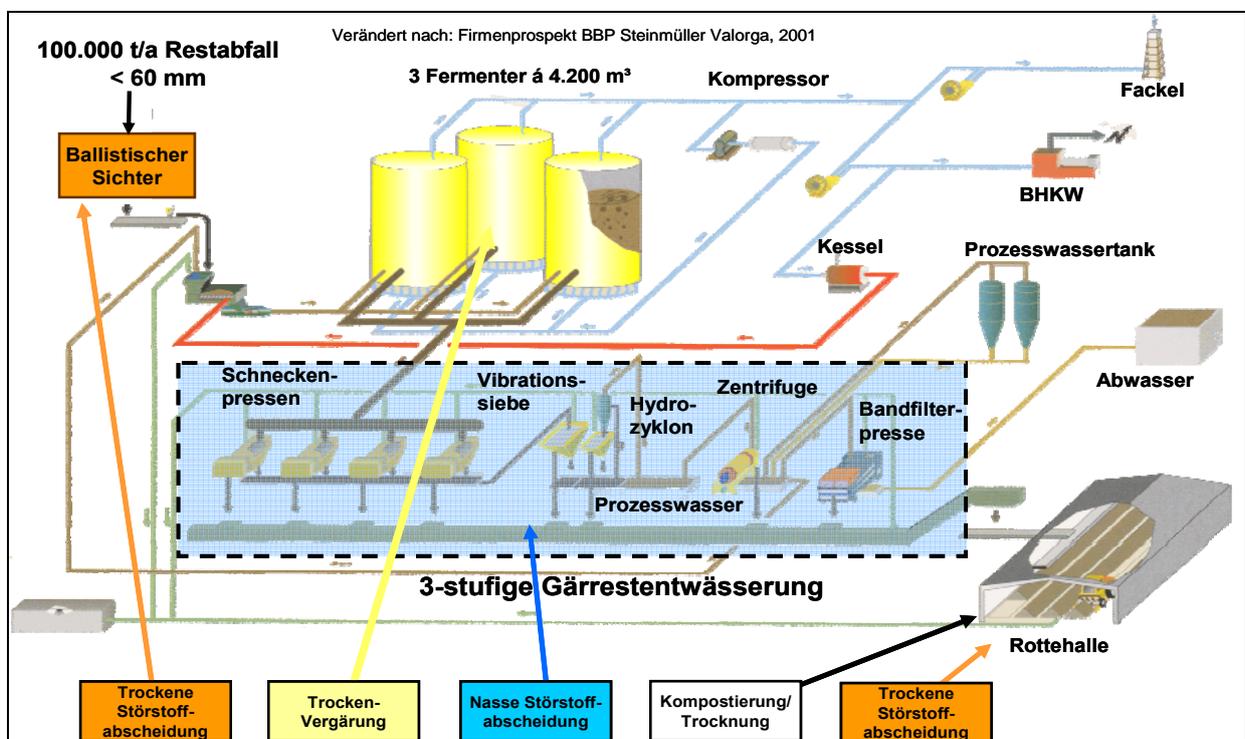


Abbildung 3: Trockenvergärung mit Störstoffabscheidung am Beispiel des Valorga-Steinmüller Konzeptes

Am Beispiel einer Bühler Kompogas Anlage ist in Abbildung 4 gezeigt, dass auch für Bioabfall zur Entwässerung des Gärrestes eine Sandabscheidung erforderlich ist. Nach der Vergärung wird der Gärrest zunächst in einer Schneckenpresse entwässert, das Prozesswasser ist jedoch immer noch mit Sand beladen. In der Bioabfallvergärungsanlage Braunschweig wurde daher 1998 zum Schutz der Zentrifuge eine Sandabscheidung in der Separationsanlage für die Gärreste nachgerüstet.

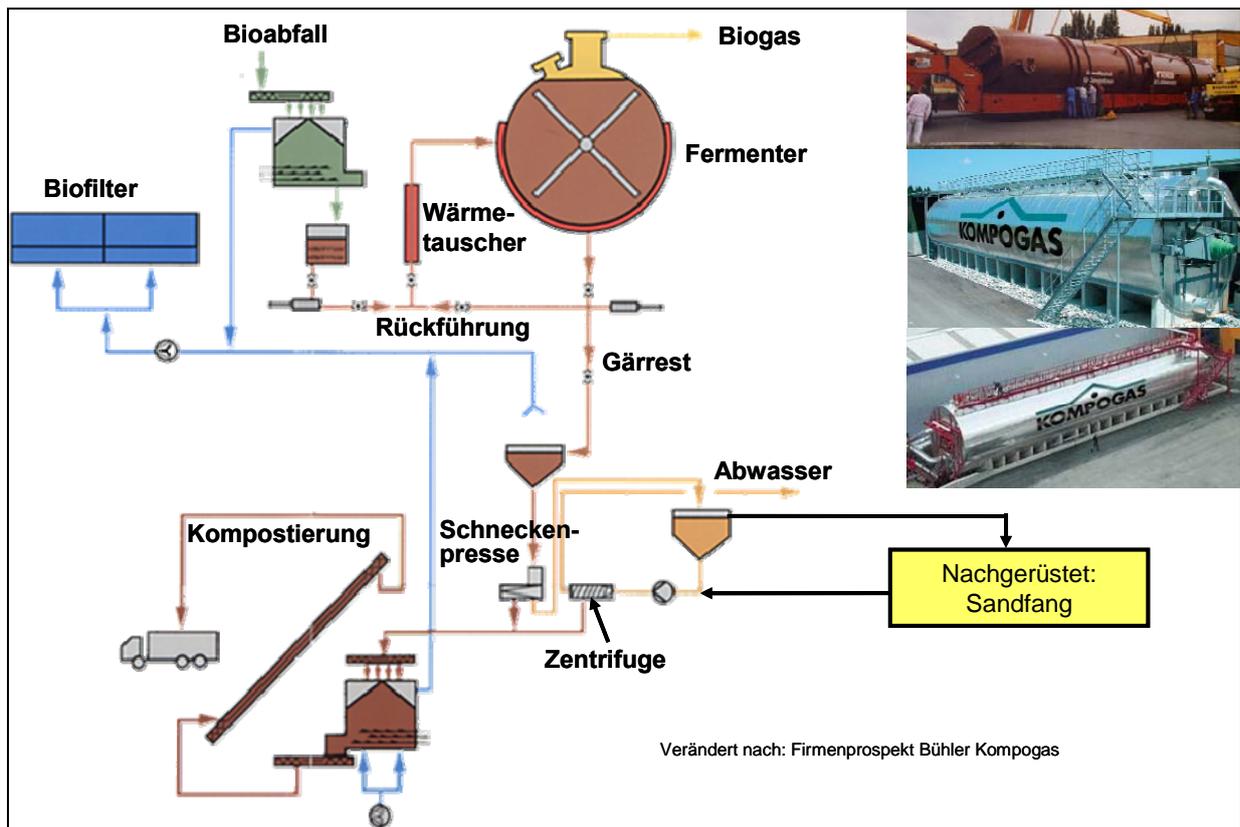


Abbildung 4: Trockenvergärung mit Störstoffabscheidung Bühler Kompogas®

#### 4.2.2 Störstoffabscheidung vor und nach Nassvergärung

Im Bereich der Nassvergärung haben sich eine Reihe von Verfahren etabliert, die auf zwei verschiedenen Aufbereitungsprinzipien aufbauen. Der Auffaserungsgrad der Organik im Mischer als erstem Aggregat der nassen Aufbereitung ist dabei sehr unterschiedlich. Es werden Verfahren mit sehr hoher Auffaserung wie die Pulpertechnologie, entwickelt von BTA, und Verfahren mit geringer Auffaserung, wie das WABIO Verfahren, entwickelt von Outokumpu Ecoenergy Oy in der Demonstrationsanlage Vaasa, Finnland, unterschieden.

Verfahren, die mit einem Pulper arbeiten, beruhen auf dem 1986 in Garching von BTA entwickelten Prinzip. Hier wird das zu vergärende Material in einem Pulper zu einer Suspension

vermischt und durch die eingetragene Mischenergie gleichzeitig selektiv zerkleinert und aufgefasernt. Das BTA-Verfahren ist ein Batch-Verfahren. Von den Firmen Linde, Horstmann, Haase und AMB teilweise in Zusammenarbeit mit Lohse wurde das Verfahren für Restabfall zu kontinuierlichen Verfahren weiterentwickelt.

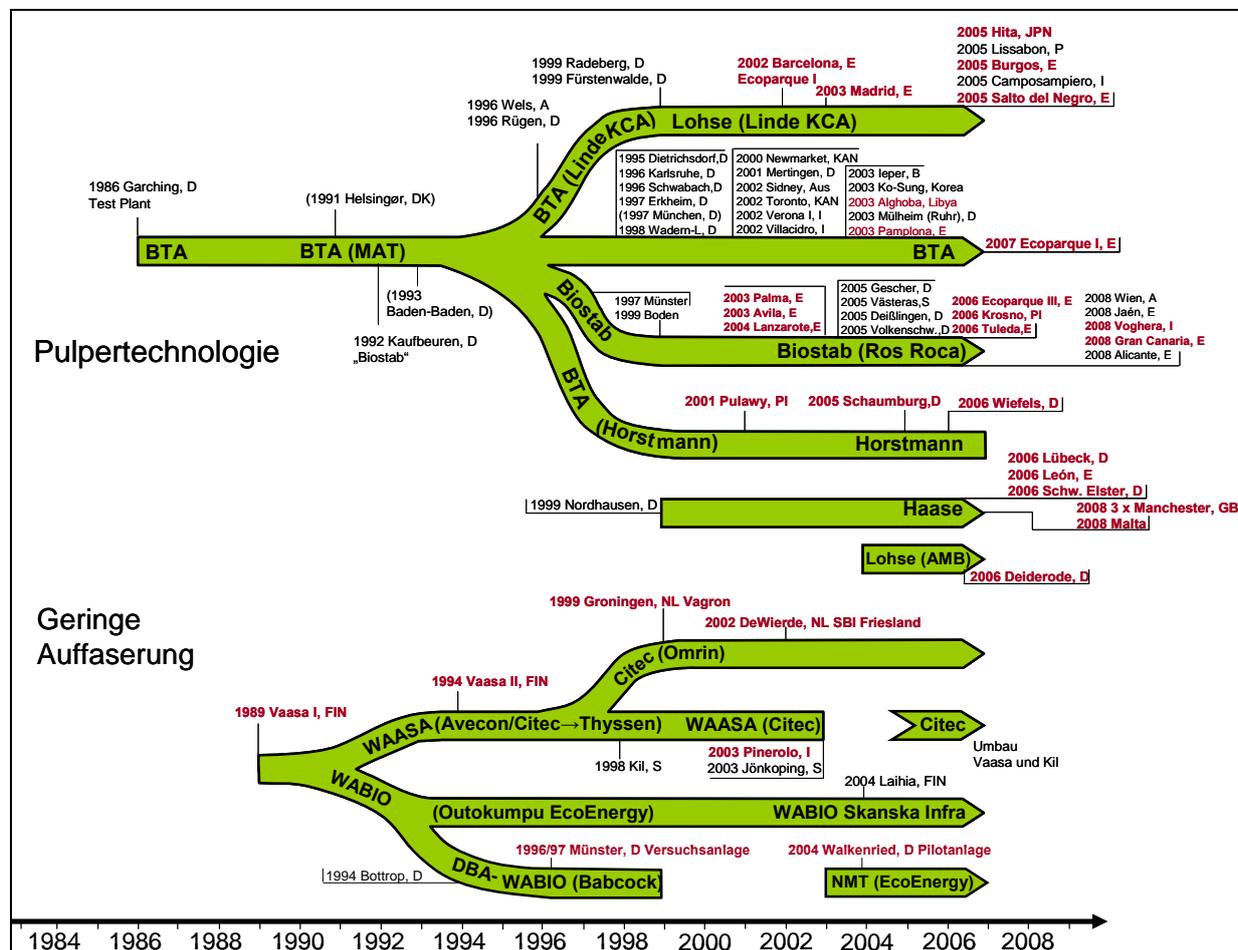


Abbildung 5: Entwicklung der Nassvergärung mit Störstoffabscheidung

Restabfall wurde erstmals 1989 großtechnisch zusammen mit Klärschlamm in Vaasa, Finnland nach dem WABIO-Verfahren nass vergoren. Der Abfall wurde auf < 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 aufwies, durchgeführt werden.

In der Versuchsanlage von BTA in Garching, wurden erstmals 1986 Versuche zur Nassaufbereitung und Vergärung durchgeführt, die Abscheidung erfolgte batchweise und auch hier wurde ein Sandaustrag am Gärbehälter vorgesehen.

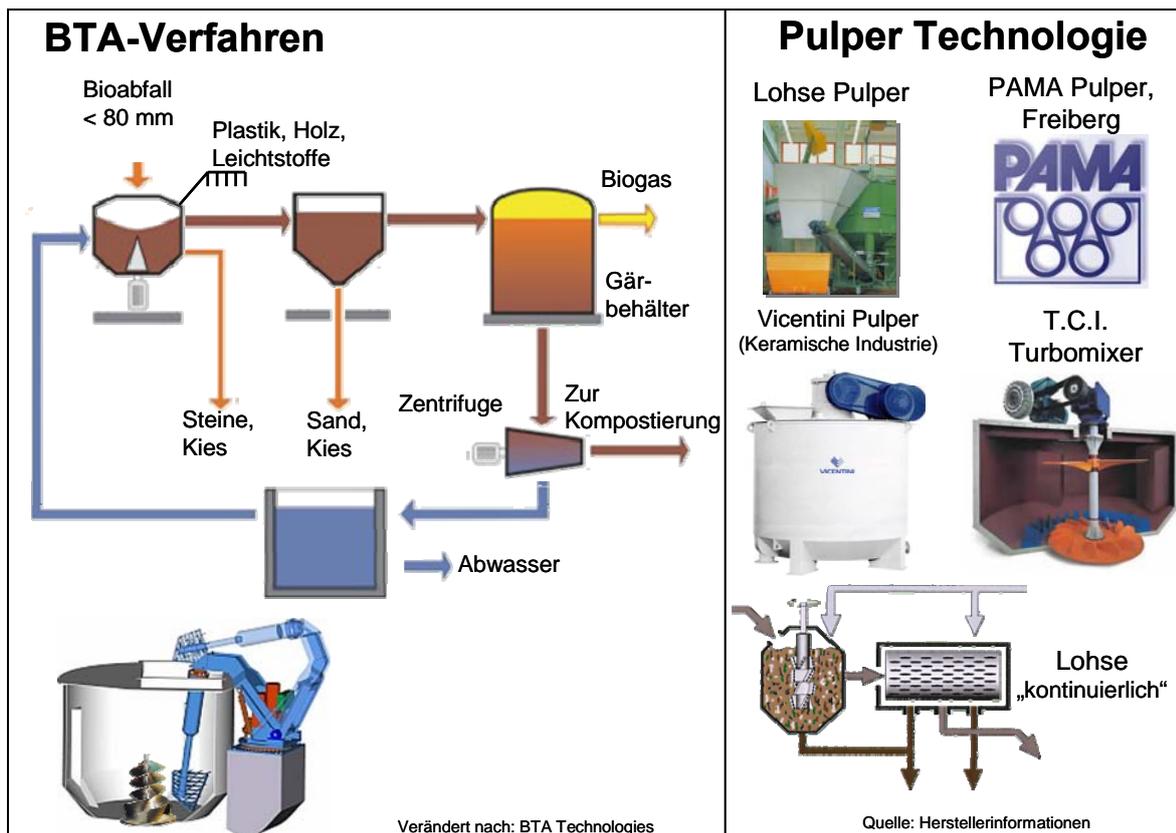


Abbildung 6: Aufbereitung bei der Nassvergärung mit dem BTA-Verfahren

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

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 (Abbildung 7).

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 I wird die komplette Aufbereitungstechnik ausgetauscht und die Gärbehälter umgebaut. Nach erfolgreicher Umsetzung wird das Vorgehen auf das Projekt Madrid übertragen.

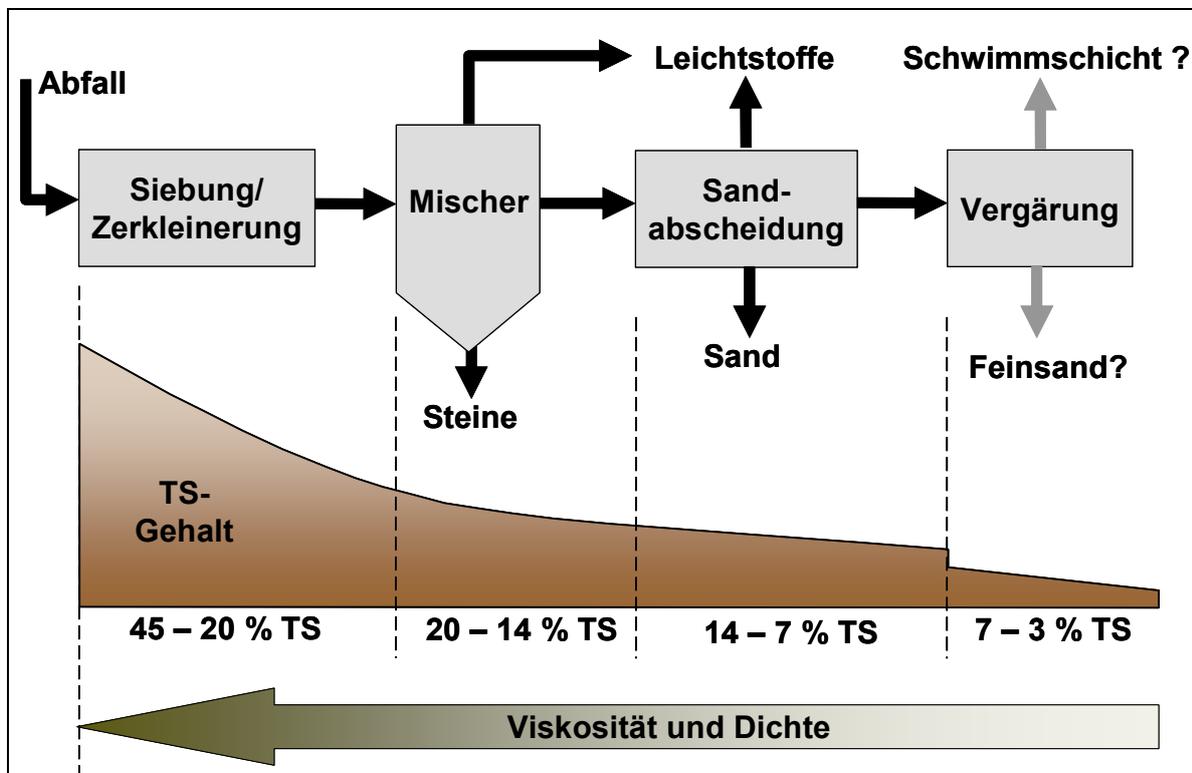


Abbildung 7: Prinzipien der Störstoffabscheidung bei der Nassvergärung

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 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 Verfahren wurde als Co-Vergärung von Klärschlamm und Restabfall als Batchverfahren konzipiert. Zur Aufbereitung und Störstoffabtrennung wird nur geringe Mischenergie eingetragen, so dass keine Auffaserung erfolgt. Das WAASA-Verfahren wurde in den niederländischen Projekten Gro-

nungen und De Wierde zu einem dreistufigen kontinuierlichen Störstoffabschreibeverfahren ausgebaut, es gibt jedoch Probleme mit Sedimentation und Schwimmdeckenbildung. 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 Vaasa (FI) und Kil (S) so umgebaut, dass nur noch eine weitgehend von Feststoffen befreite Suspension bzw. das Presswasser in die Vergärung bzw. anaerobe Abwasserreinigung gelangt.

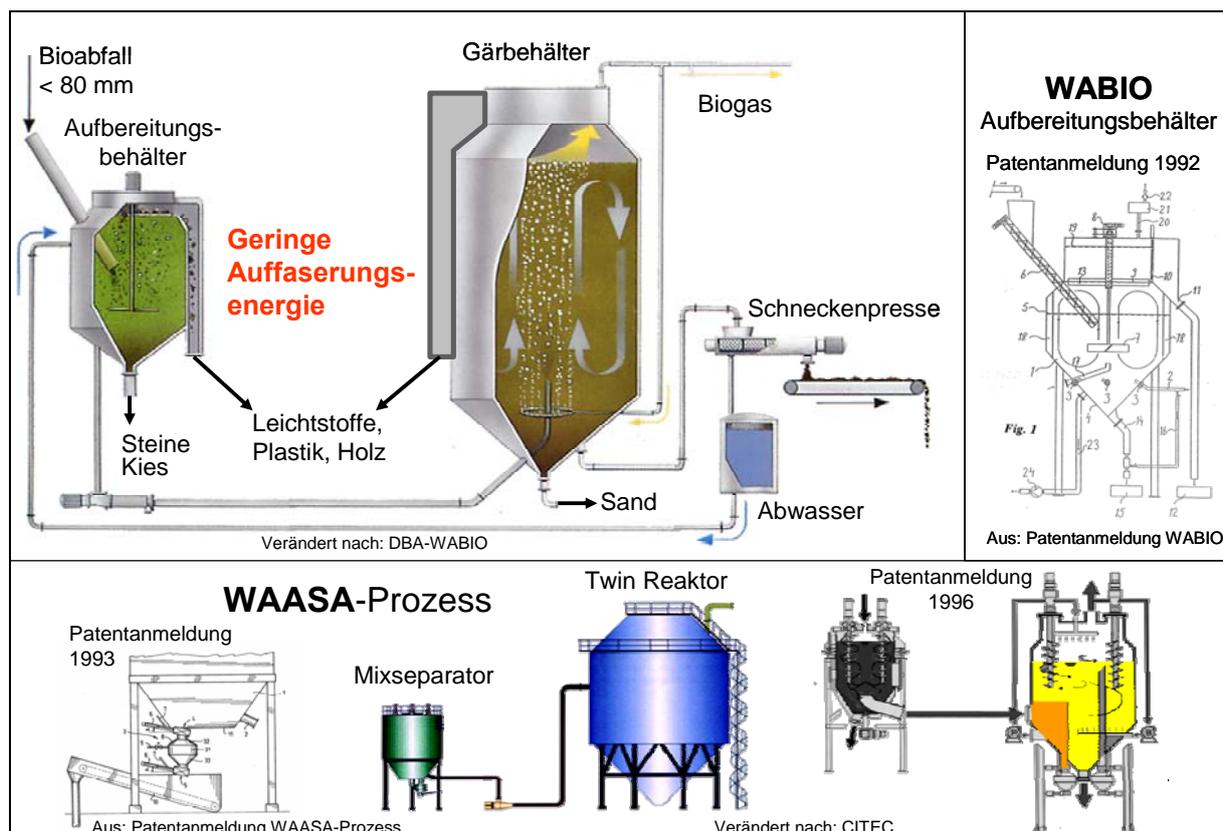


Abbildung 8: Aufbereitung bei der Nassvergärung WAASA- und WABIO-Verfahren

Die Anlage Bottrop nach dem WABIO-Verfahren war die erste Anlage für reinen Bioabfall in Deutschland. Das Verfahren sollte in der Versuchsanlage in Münster für Restabfall noch modifiziert werden, wurde aber aufgrund der Insolvenz der Firma Babcock nicht weitergeführt. Heute sind keine weiteren Bio- oder Restabfallvergärungsanlagen mit dem Verfahren bekannt.

Das Verfahren wurde von der Firma Ecoenergy weiterentwickelt und seit 2004 in einer Versuchsanlage betrieben.

### 4.2.3 Störstoffabscheidung bei Waschverfahren

Der Ansatz, möglichst alle Störstoffe vor der Vergärung abzuscheiden, führte zu mehreren parallelen Verfahrensentwicklungen. Wasch-, Perkulations- und Hydrolyse-Verfahren haben als gemeinsames Merkmal die Vergärung der gelösten Stoffe in UASB- oder Festbettreaktoren.

Waschverfahren überführen die gelöste Organik in eine von Feststoffen befreite Flüssigphase. Mit Technologien der anaeroben Abwasserreinigung wird die Flüssigphase mit Abbauleistungen von ca. 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 Hydrolyse- oder Perkulationsverfahren durchgeführt.

Ein zweistufiges BTA-Verfahren mit Hydrolyse wurde 1991 in Helsingör gebaut. Im zweistufigen BTA Verfahren mit Hydrolyse wird die Flüssigphase vergoren, die vergärbaren Stoffe werden im Hydrolyse-Reaktor mit Prozesswasser ausgewaschen. Die Feststoffe werden hier nach Entwässerung in die Hydrolyse geführt.

Die Firma Paques hat zur selben Zeit ein Hydrolyse-Verfahren entwickelt. Weiter zu nennen sind das Aquatherm-Verfahren der Firma AN Biotec, 1995 sowie das IMK-Verfahren in Herthen 1995 bzw. 1998. Die Perkulationsverfahren ZAK und ISKA wurden seit 1996 entwickelt.

Das Verfahren der Firma Citec wurde von einem Nassvergärungsverfahren zu einem Waschverfahren geändert. Das Verfahren der Firma EcoEnergy ist ebenfalls als Waschverfahren konzipiert.

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 Markt- abfällen eingesetzt. Eine bereits im Jahr 1996 genehmigte Anlage in Leiden für 75.000 t/a Restabfall wurde nicht realisiert. Die Störstoffentfrachtung wurde als zu risikoreich beurteilt.

Eine Anlage nach dem Aquatherm-Verfahren der Fa. AN biotec in Ganderkesee wurde 1995 aufgebaut. Das Aquatherm-Verfahren beruhte auf der Beobachtung, dass im Hydrolysereaktor der größte Teil der organischen Stoffe im Prozesswasser schon in den ersten Stunden ausgetragen wurde. Der Hydrolysebehälter wurde daraufhin durch eine Waschschnecke ersetzt, die mit 80°C warmem Prozesswasser gespült wurde. Die Verweilzeit zur Hydrolyse konnte so

von 2-4 Tagen auf 6 Stunden reduziert werden. In die Vergärung gelangte das Washwasser, die Feststoffe wurden entwässert und kompostiert.

1996 wurde in Herten eine Bioabfallvergärungsanlage nach dem IMK-Verfahren, ähnlich 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. Zur Hydrolyse wird der Feststoff im Batchbetrieb 3mal gewaschen und mit einer Schneckenpresse entwässert. Zur Vergärung gelangt hier ebenfalls das Prozesswasser. Eine Herausforderung stellte der Verschleiß an den Schneckenpressen und Pumpen dar. Das Prozesswasser wird im Kreislauf gereinigt. Das IMK-Verfahren wird seit 1998 in Herten großtechnisch zur Vergärung und Kompostierung von Bioabfall eingesetzt.

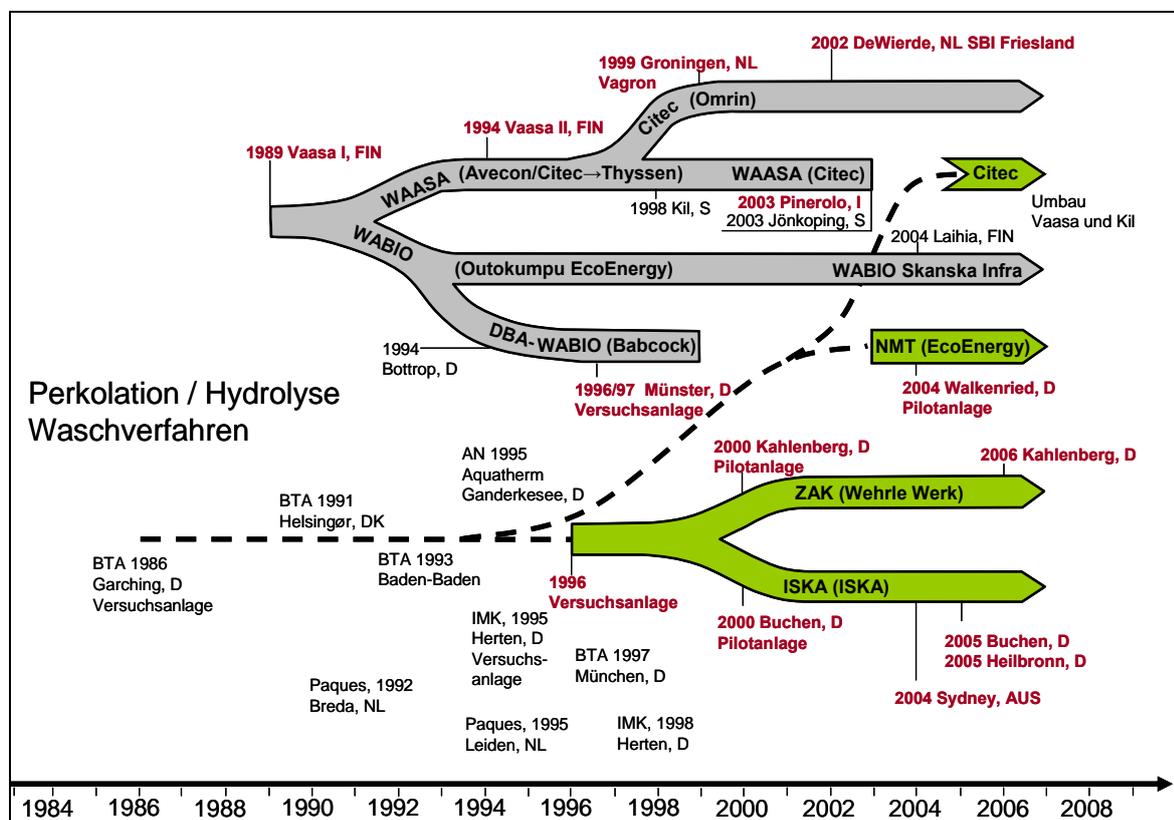


Abbildung 9: Entwicklung der Perkulations-, Hydrolyse- und Waschverfahren

In Kahlenberg wurden 1996 Versuche zur Perkolation aufgenommen, 2000 wurde eine Demonstrationsanlage 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 über einen ballistischen Sichter von groben Steinen 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 Perkolation mit einer Schneckenpresse entwässert. 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 Trockenstabilatverfahren, 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.

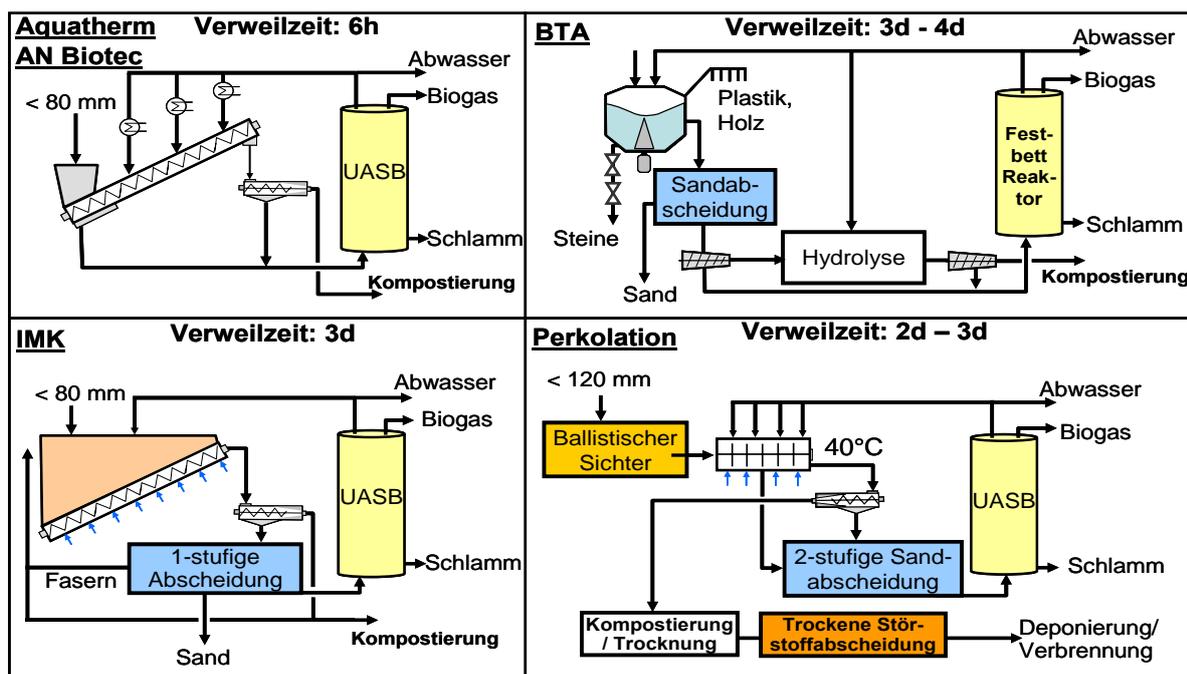


Abbildung 10: Aufbereitung und Verweilzeiten bei Wasch- und Perkolationsverfahren

### 4.3 Weiterentwicklung der Nassmechanischen Trennung

Ausgehend von den Erfahrungen mit dem DBA-WABIO-Verfahren und der Analyse der bisherigen Erfahrungen mit Vergärungsverfahren entwickelt EcoEnergy seit 2000 ein eigenes dreistufiges Verfahren zur nassmechanischen Trennung mit dem Ziel, die vergärbaren Be-

standteile in das Prozesswasser zu überführen und verwertbare Inertstoff- und Organikfraktionen zu erzeugen.

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.

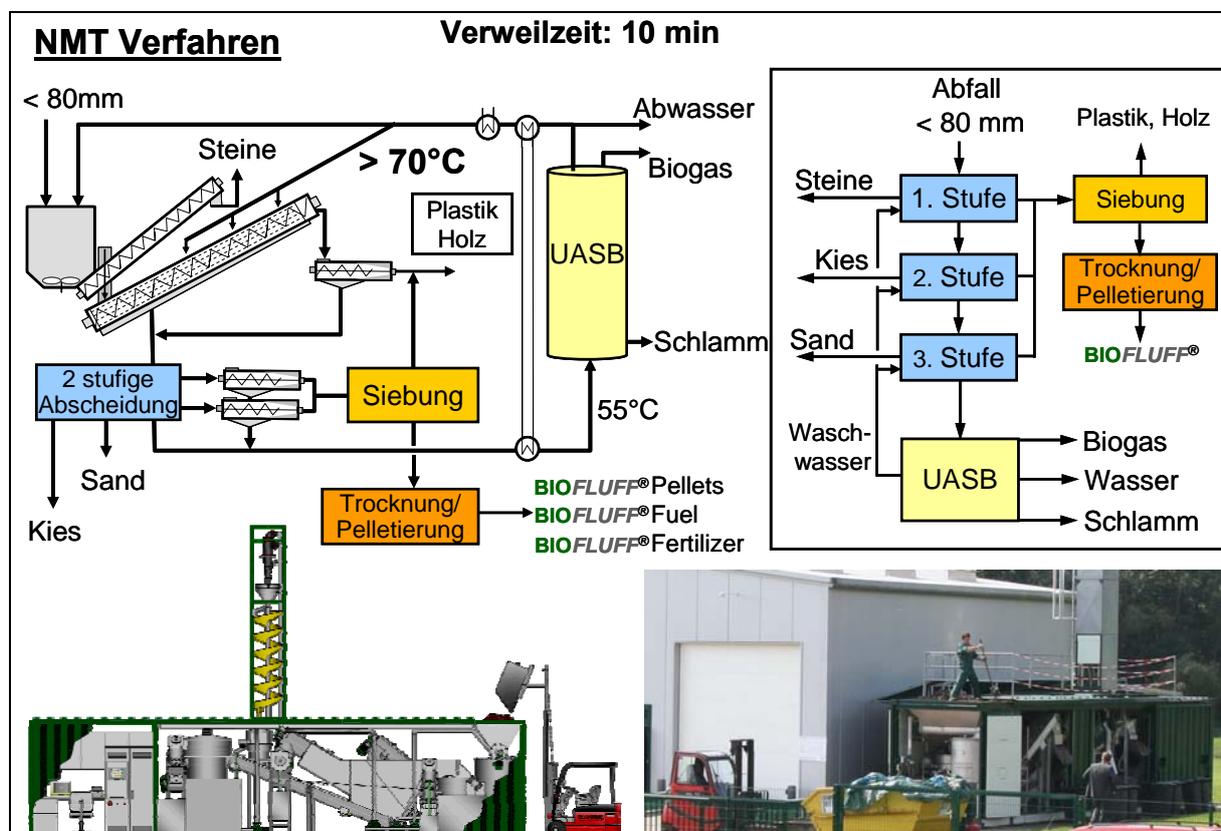


Abbildung 11: Das NMT-Verfahren

Eine zusätzliche Besonderheit des NMT-Verfahrens ist die Aufwärmung des Kreislaufwassers auf  $> 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , um die Zellwände für einen besseren Aufschluss bei der mechanischen Entwässerung zu destabilisieren. Diese Instabilität gerade bei Temperaturen zwischen  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  und  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  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 und teilweise auch die Matrix sind untereinander über intermolekulare Wasserstoffbrückenbindungen verbunden. Wasserstoffbrückenbindungen werden bei Temperaturen  $> 65\text{ °C}$  instabil und es genügen dann bereits geringe Scherkräfte um die Zellen aufzubrechen.

Es gelingt uns im Verfahren, mit einer einfachen Schneckenpresse inertstofffreie Organikfraktionen mit einem TS-Gehalt von 60% zu erzeugen. Durch die Temperatur in Verbindung mit der Scherwirkung in den Schneckenpressen werden die Zellwände zerstört und das Zellwasser in die lösliche Fraktion überführt. Dadurch können sehr hohe Trockensubstanzgehalte realisiert werden.

Im Verfahren kann mit einer Verweilzeit von 10 min ein schadstoffreduziertes, hygienisiertes Material erzeugt werden.

Neben dem Vorteil der hohen Lösung von leichtabbaubarer Organik durch die Thermo-Mechanische-Zellyse (TMZ) wird auch die native Organik quasi zerlegt auf Fasergrößen  $< 5\text{ mm}$ . Fossile Organik lässt sich in der Korngröße nicht durch die Thermo-Mechanische-Zellyse beeinflussen. Durch eine Siebung bei ca. 5 mm 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 lösliche 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<sup>®</sup>) wird entsprechend dem vorgesehenen Verwertungsweg konfektioniert. BioFluff<sup>®</sup> ist eine schadstoffreduzierte, trockensta-

bilisierte, aufgefaserte 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 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**

- [1] Archer, E.; et al.: Mechanical-Biological-Treatment – A Guide for Decision Makers. Processes, Policies & Markets, In: Juniper Consultancy Services Ltd, März 2005 Download: <http://www.sitatrust.org.uk/resources/documents/Annex%20D.pdf> Stand: 10.04.2007
- [2] Deutsche Babcock Anlagen GmbH: Kombi-Anlagen zur biologischen Abfallbehandlung. In: Wiemer, Kern (Hrsg.): Hersteller- und Dienstleisterkatalog 1997/98. Witzenhausen: M.I.C. Baeza-Verlag, Firmenpräsentation im Rahmen des 9. Kasseler Abfallforums, 1. Auflage 1997, S. 57 – 61
- [3] Doedens, H.; Gallenkemper, B.; Ketelsen, K.: Einhaltung der Ablagerungskriterien durch MBA-Anlagen – Ergebnisse der ASA-Umfrage. In: Wiemer, Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung – stofflich, energetisch. 2006, S. 575-584
- [4] Greuel, M.: MBA ZAK Kaiserslautern – erste Betriebserfahrungen mit der mechanischen Vorbehandlung nach dem VM-Press-Verfahren. In: In: Wiemer, Kern (Hrsg.): Bio- und Sekundärrohstoffverwertung II – stofflich, energetisch. 2007, S. 651-657
- [5] Hasenkamp, P.: 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, S. 551 – 564

- [6] Ibrahim, H. A.: Untersuchungen zu In- und Outputströmen bei der Restabfallvergärung und Vergleich mit der Kompostierung. Diplomarbeit, Universität Paderborn, Höxter, Juni 1998, Download: [http://home.germany.net/101-242715/mba/dipl\\_mba.pdf](http://home.germany.net/101-242715/mba/dipl_mba.pdf), Stand: 10.04.2007
- [7] Insinger, B., Ludwig, A.: Erste Betriebserfahrungen mit der Vollstromvergärung „MBA Schaumburg“ in Sachsenhagen. In: 6. ASA Abfalltage, 01.02.2006 bis 03.02.2006, S. 153 - 159
- [8] Mata-Alvarez, J.: Digestión anaerobia de residuos sólidos urbanos - Implementación a nivel industrial. In: Miniforo iberoeka, 19.-21.04.2006
- [9] Ministerium für Umwelt und Verkehr BW: Hohe Kompostqualität ist möglich. In: Heft 2 der Reihe Boden FE, 1996
- [10] Niedersächsisches Umweltministerium: 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
- [11] Rettenberger, G.: Demonstrationsanlage nach dem ZAK-Verfahren, wissenschaftliche Begleitung – Endbericht. Juni 2005, Download:  
<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/17038/projekt14bericht.pdf?command=downloadContent&filename=projekt14bericht.pdf>,  
Stand: 10.04.2007
- [12] Schalk, P.: 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, S. 126 – 133
- [13] Schu, K.; Schu, R.: Sand im Getriebe der Vergärung? In: Kühle-Weidemeier (Hrsg.): Internationale Tagung MBA 2007, Tagungsband, Göttingen, Cuvillier Verlag, 2007, S. 494-506
- [14] Schu, R.: Zukunftsfähige MBA-Konzepte – Vision 2020. In: Thomé-Kozmiensky, Beckmann (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 1. Neuruppin: TK Verlag, 2006, S. 265-298
- [15] Schu, R.: Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von fossiler und nativer Organik aus organischen Stoffgemischen. Patentanmeldung 2006, AZ 10 2006 042 161.2

- [16] Schu, R.: Zukunftsfähige MBA-Konzepte – Vision 2020. In: Thomé-Kozmiensky, Beckmann (Hrsg.): Energie aus Abfall, Band 1. Neuruppin: TK Verlag, 2006, S. 265-298
- [17] Schu, R.: Verfahren und Vorrichtung zur nassmechanischen Behandlung eines Stoffgemisches, insbesondere von Abfall jeder Art. Patentanmeldung 2003, DE 103 54 627 A1
- [18] Schu, R.: Verfahren und Vorrichtung zur Aufbereitung von Abfall. 1998 EP 0 909 586 A1, Anmeldung 1998
- [19] Westphal: Das Aquathermverfahren der AN biotec. In: Wiemer, K.; Kern, M. (Hrsg.): Hersteller- und Dienstleisterkatalog 1997/98. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, Firmenpräsentation im Rahmen des 9. Kasseler Abfallforums, 1. Auflage 1997, S. 9 – 15

#### **Anschrift des Verfassers**

Dipl.-Biol. Kirsten Schu

EcoEnergy Gesellschaft für Energie- und Umwelttechnik mbH

Bei dem Gerichte 9

D-37445 Walkenried

Telefon +49 5525 20 96 11

Telefax +49 5525 20 96 33

E-Mail: EcoEnergy@t-online.de

Web: [www.EcoEnergy.de](http://www.EcoEnergy.de)