

# Auswirkungen auf den Biogasprozess durch den Einsatz eines Separators



Robert Jung

Wedringer Straße 12

39124 Magdeburg

0152 54675977

robertjung@hotmail.de

Fachhochschule

Magdeburg-Stendal

Studiengang: Elektrotechnik

Vertiefung: Regenerative  
Energien

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>3</b>
1.1 Nutzung regenerativer Energien .....	3
1.2 Problemstellung und Zielsetzung .....	7
<b>2. Grundlagen der Biogaserzeugung</b> .....	<b>9</b>
2.1 Beginn der Biogasnutzung .....	9
2.2 Entstehung von Biogas .....	10
2.3 Aufbau einer Biogasanlage .....	14
<b>3. Die Separation im Allgemeinen</b> .....	<b>23</b>
3.1 Begriff Separation .....	23
3.2 Ziele der Separation.....	23
3.3 Separationstechniken .....	25
<b>4. Die Separation der Biogasanlage Barleben</b> .....	<b>28</b>
4.1 Aufbau des mobilen Separators .....	28
4.2 Aufbau des fest installierten Separators .....	29
4.3 Funktionsweise .....	30
<b>5. Auswirkungen der Separation auf den Biogasprozess</b> .....	<b>34</b>
5.1 Auswirkungen auf den Eigenstromverbrauch .....	34
5.2 Auswirkungen auf die Lagerung .....	36
5.3 Auswirkungen auf den Gasertrag .....	41
5.4 Auswirkungen auf den Gärrestverwertung .....	43
<b>6. Zusammenfassung</b> .....	<b>45</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>47</b>
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	<b>48</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>49</b>

## Abbildungsverzeichnis

Grafik 1:	Entwicklung der Bruttostromerzeugung erneuerbarer Energien in Deutschland.....	5
Grafik 2:	Strommix in Deutschland 2014.....	6
Grafik 3:	Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland 1992 - 2014.....	8
Grafik 4:	Die 4 Phasen der Biogaserzeugung.....	10
Grafik 5:	Die 4 Verfahrensschritte einer Biogasanlage .....	14
Grafik 6:	Aufbau Siebbandpresse .....	25
Grafik 7:	Aufbau Dekanter.....	26
Grafik 8:	Aufbau Pressschnecke .....	26
Grafik 9:	Tagesstromverbrauch der BGA Barleben .....	35
Grafik 10:	Trockensubstanzgehalt Substrat .....	39
Grafik 11:	Tägliche Gaseinspeisung der BGA Barleben .....	41
Bild 1:	Silagesilo .....	15
Bild 2:	Fütterungsbunker mit Förderschnecke / QZ mit Zuführschnecke .....	15
Bild 3:	Pumpenhalle .....	16
Bild 4:	Fermenter .....	17
Bild 5:	Gärrestlager .....	17
Bild 6:	Gasfackel.....	18
Bild 7:	Motor mit Ölbehälter eines Stabrührwerkes .....	19
Bild 8:	Entschwefelungskolonne mit nachgeschaltetem Aktivkohlefilter .....	20
Bild 9:	PP-Füllkörper mit abgesetztem festem Schwefel.....	20
Bild 10:	Blockheizkraftwerk vom Typ MWM .....	21
Bild 11:	Mobiler Separator von AgriKomp.....	28
Bild 12:	Separator mit Presswasserbehälter und Silowand.....	29
Bild 13:	Pressschnecken mit Ölausgleichsbehälter, Druckluftanlage und Substratausgleichsbehälter .....	30
Bild 14:	Exzentrerschneckenpumpe für Substratzufuhr (rechts) und Abfuhr (links) .....	31
Bild 15:	Presskegel und Faltenbalg .....	32
Bild 16:	Fester Gärrest mit Lagerplatz .....	32
Bild 17:	Doosan DL300 beim Beladen von festem Gärrest.....	33
Bild 18:	Gülle-LKW bei der Abholung von flüssigem Gärrest .....	44

# 1. Einleitung

## 1.1 Nutzung regenerativer Energien

Energie wird seit Anbeginn der Menschheit, insbesondere für Wärme und Nahrung, benötigt. Nachdem anfänglich diese Energie zum Großteil durch Muskelkraft von Mensch und Tier bereitgestellt worden war, wurde schnell erkannt, dass sich Holz als guter Energieträger eignet, aus dem später auch höherwertige Holzkohle gefertigt werden konnte. Nach der Entdeckung von Braun- und Steinkohle im Zeitalter des Altertums lernte der Mensch die Energie fossiler Rohstoffe zu nutzen. Mit Beginn der industriellen Revolution im 18. Jahrhundert konnten durch Erfindungen, wie der Dampfmaschine und verschiedener Motoren, auch Erdöl und Erdgas energetisch nutzbar gemacht werden und man konnte die steigenden Bedürfnissen nach Kraft und Wärme stillen. Die Energiewirtschaft war ab diesem Zeitpunkt über Jahrzehnte darauf ausgerichtet, mit diesen steigenden Bedürfnissen, die Energieproduktion zu steigern. Diese Steigerung hatte starke Auswirkungen auf die Umwelt: Der über mehrere Millionen Jahre unterirdisch gespeicherte Kohlenstoff gelang nun durch Verbrennung der Braun- und Steinkohle innerhalb weniger Jahrzehnte, in Form von Kohlenstoffdioxid, in die Atmosphäre, welches weitreichende Auswirkungen, durch den daraus resultierenden Treibhauseffekt, für diese zur Folge hatte und noch hat.

Ein weiteres Problem wurde in den 1950er Jahren durch den Geologen Marion King Hubbert erkannt: Erdöl, sowie die weiteren fossilen Rohstoffe, haben ein Fördermaximum. Dieses Maximum wurde nach seinem Entdecker „Hubbert Peak“ bzw. „Peak-Oil“ benannt. Der Begriff wurde für Gas („Peak-Gas“) und Kohle („Peak-Coal“) übernommen. Nach dem Energierohstoffbericht des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) reichen die Kohleressourcen noch bis zu 1000 Jahren. Die Erdgasressourcen stehen nach diesem Bericht nur noch knapp 70 Jahre zur Verfügung. (9)

Um dem Problem der sinkenden Erdgasressourcen entgegen zu wirken, kam in den letzten Jahren mehr und mehr das Thema „Fracking“ auf. Bei diesem Verfahren wird Erdgas aus Tongesteinsschichten, auch Schiefergestein genannt, aus Tiefen von bis zu fünf Kilometern gewonnen, indem nach der Tiefenbohrung in den Gesteinsschichten horizontal weiter gebohrt wird. Zur Erdgasgewinnung wird mit extrem hohem Druck eine Mischung aus Wasser, Quarzsand und verschiedenen

Chemikalien durch die Bohrung gepresst, wobei die Gesteinsschichten aufgesprengt und somit gasdurchlässig werden. Fracking ermöglicht zwar die Nutzbarmachung weiterer Erdgasvorkommen aus tieferen Gesteinsschichten, allerdings sind die Auswirkungen auf das Grundwasser, die Ausgasung und die Versiegelung der Bohrlöcher nicht geklärt. Es wird zwar ein Teil der genutzten chemischen Einsatzstoffe zurückgewonnen, aber längst nicht alles. Die Entsorgung dieser umweltgefährdenden Zusammensetzung ist ebenfalls ungeklärt. Fracking ist somit keine optimale Lösung um die Abnahme der Gasressourcen zu stoppen.

Die Vorkommen des Erdöls sind noch deutlich geringer. Die Wissenschaftler sind sich heute uneinig, ob der „Peak-Oil“ bereits überschritten ist oder ob uns dieser Punkt kurz bevorsteht. Laut dem Postulant Hubbert liegt dieser Punkt bereits seit einigen Jahren hinter uns.

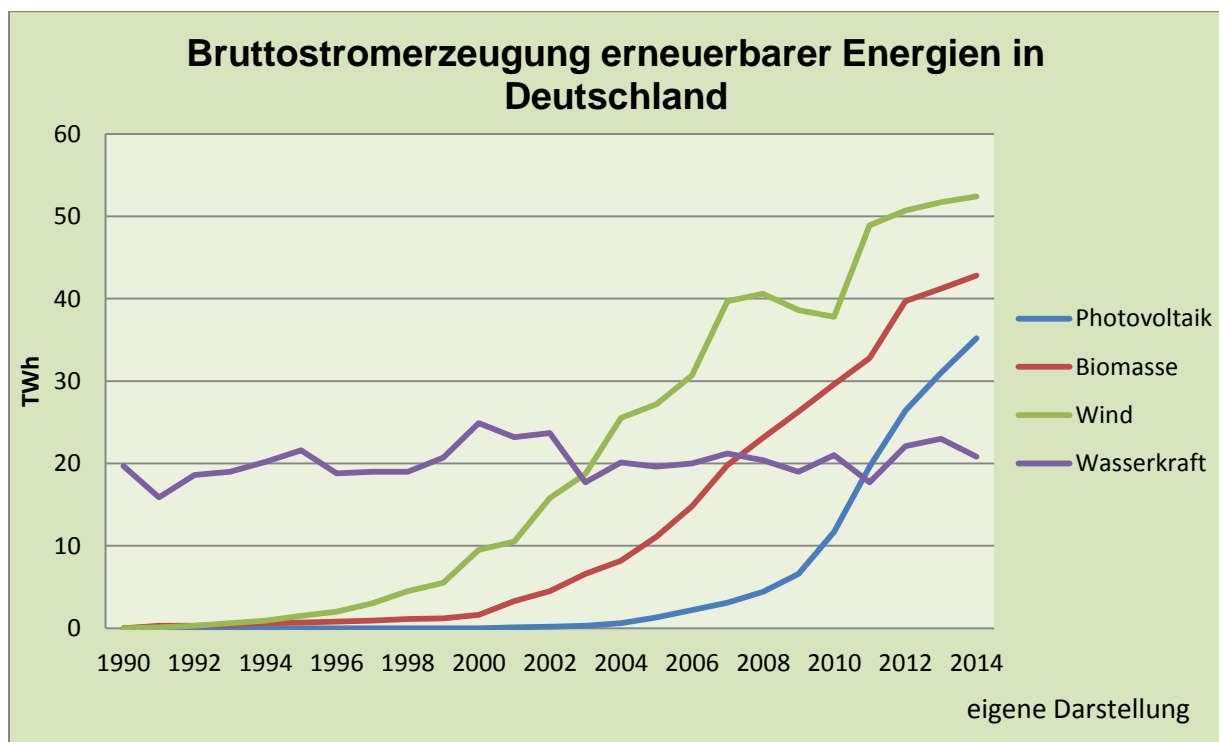
Der gleichzeitig stetige Anstieg der Bevölkerung und der damit wachsende Energiebedarf verlangt nach einer Alternative.

Mit dem Beginn der Nutzung der Kernenergie zu Anfang des 20. Jahrhunderts konnten zwar große Energiemengen aus geringen Mengen Kernbrennstoff gewonnen werden, doch die Unfälle in Tschernobyl und Fukushima haben aufgezeigt, dass Kernenergie keine sichere Lösung ist und im Falle eines Unglücks die Natur im großräumigen Umkreis nachhaltig geschädigt wird. Dazu kommt das Problem des radioaktiven Abfalls, der im Prozess der Kernenergiegewinnung anfällt. Bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es keine Lösung für die Endlagerung dieses Abfalls. Das Umdenken zu alternativen, nachhaltigen Lösungen ist durch die bestehenden Probleme und der bevorstehenden Ressourcenknappheit unausweichlich.

Seit den 90er Jahren werden mehr und mehr erneuerbare Energien genutzt um den Atomausstieg voran zu treiben und den Klimawandel zu stoppen. Regenerative Energien haben gegenüber den herkömmlichen fossilen Energieträgern einige Vorteile. Der größte Vorteil ist, dass die Energie aus erneuerbaren Quellen unerschöpflich ist, da die Sonne als Energieträger so viel Energie zur Erde überträgt, dass der Mensch sie nicht aufbrauchen kann und diese auch noch Jahrtausende zur Verfügung steht. Diese Energie ist auch der Grundstein für alle weiteren Quellen, wie Wind, Wasser und Biomasse. Weiterer Vorteil ist, dass die Nutzung dieser sehr umweltschonend ist, da nahezu keine Emissionen entstehen, d.h. weder Treibhausgase, noch andere Schadstoffe. Außerdem sind die Ressourcen für grüne

Energie heimisch und man ist nicht auf Stromexporte von Öl oder Gas angewiesen, weshalb auch eine relativ lange Preisstabilität geboten werden kann. Der Nachteil ist, dass erneuerbare Energien eine deutlich geringere Energieausbeute haben als die fossilen Energieträger, daher werden großflächigere und mehr Anlagen benötigt, die dezentral betrieben werden, um höhere Leistungen zu erreichen. Zusätzlich gibt es besonders bei Wind- und Solarenergie, je nach Wetterbedingungen starke Schwankungen, wodurch mit dieser Art der Energieerzeugung keine stabile Grundlast zur Verfügung gestellt werden kann.

Gegenüber der Kernenergie und den fossilen Energieträgern überwiegen allerdings die Vorteile, daher sind die technologische Weiterentwicklung zur Minimierung der Nachteile und der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien auch in Zukunft unverzichtbar.

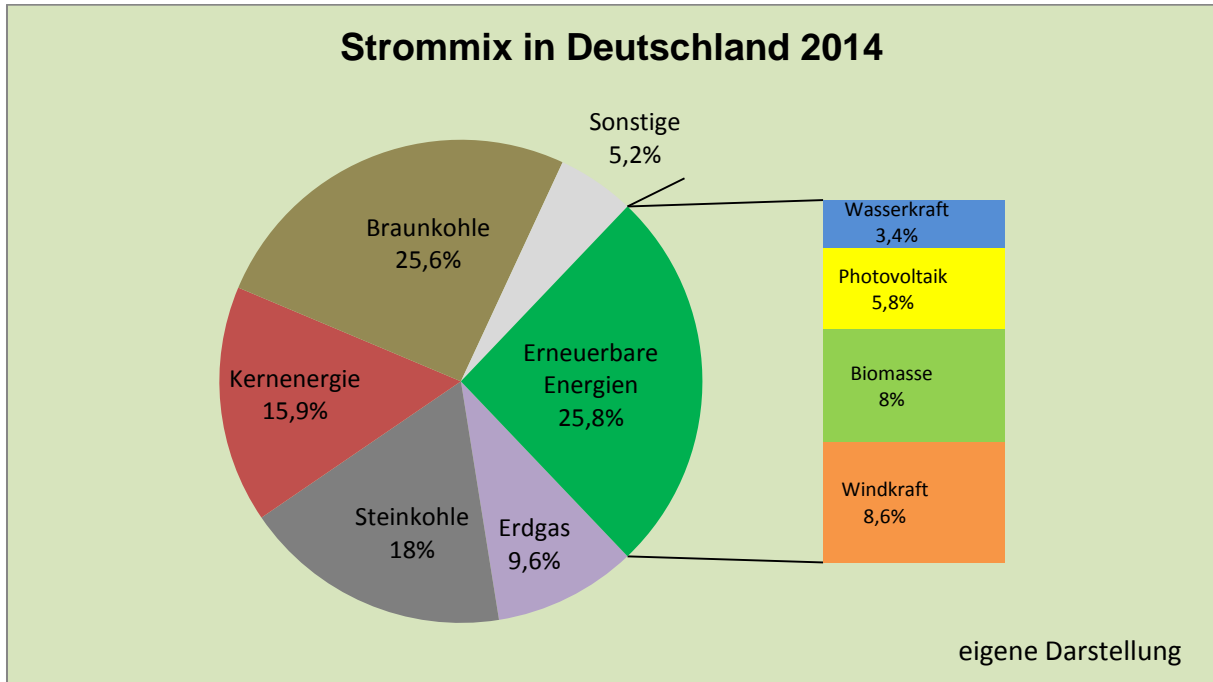


Grafik 1

Diese Entwicklung ist in der Grafik 1 seit Beginn der 90er Jahre, in der Größenordnung Terrawattstunden (TWh), gut nachzuvollziehen.

Besonders seit der Einführung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 ist ein deutlicher Anstieg von Windenergie, Photovoltaik und Biomasse zu verzeichnen, wohingegen Wasserkraft relativ gleich geblieben ist, da in Deutschland die natürlichen Voraussetzungen, wie große Höhenunterschiede, für Wasserkraft

nicht oder sehr wenig gegeben sind. Das EEG wurde 2004, 2009 und 2012 stets erweitert um den Ausbau der nachhaltigen Energieträger weiter voran zu treiben. Ziele des Gesetzes sind der schonende Übergang von den fossilen Brennstoffen zu den erneuerbaren Energieressourcen, der Umwelt- und Klimaschutz, das Vorantreiben der Technologien zur Erzeugung von regenerativen Energien, sowie das Vorantreiben des Atomausstiegs. Die beiden Hauptgrundsätze des EEG zum Erreichen dieser Ziele ist zum einen die Abnahmepflicht des erzeugten Strom für die Netzbetreiber und zum anderen die staatlichen Zuschüsse pro eingespeiste Kilowattstunde (kWh). Der Beschluss des EEG 2014 hingegen hat die Voraussetzungen für die Entwicklung und Ausbau regenerativer Energien deutlich verschlechtert, weshalb der Zubau neuer Anlagen in allen erneuerbaren Bereichen stark zurückging. Dies ist zum einen auf den Rückgang der Zuschüsse auf die eingespeiste Kilowattstunde zurückzuführen und zum anderen sind an den Bau neuer Anlagen, immer mehr Auflagen geknüpft. Für Anlagen, die vor dem EEG 2014 errichtet wurden, gilt das jeweilige EEG, welches zum Zeitpunkt des Baus in Kraft gewesen ist.



Grafik 2; Stand: 12/2014

Das politische Hauptziel des EEG ist es, den Anteil von regenerativen Energien an der Gesamtstromerzeugung bis 2025 auf 40 bis 45% und bis 2035 auf 55 bis 60% zu erhöhen.

Die Grafik 2 zeigt den Strommix im ersten Halbjahr des Jahres 2014. Die nachhaltige Energieerzeugung nimmt mit 25,8%, mittlerweile über einen Viertel des Bruttostromverbrauchs ein. Damit war der Anteil 10% höher als der, der Kernenergie, und hat im Vergleich auch die fossilen Energieträger Erdgas, Steinkohle und auch Braunkohle überholt. Vergleicht man die einzelnen erneuerbaren Energien an, so erkennt man, dass die Windenergie (Onshore) den größten Teil einnimmt, dicht gefolgt von Biomasse, noch vor Photovoltaik und Wasserkraft.

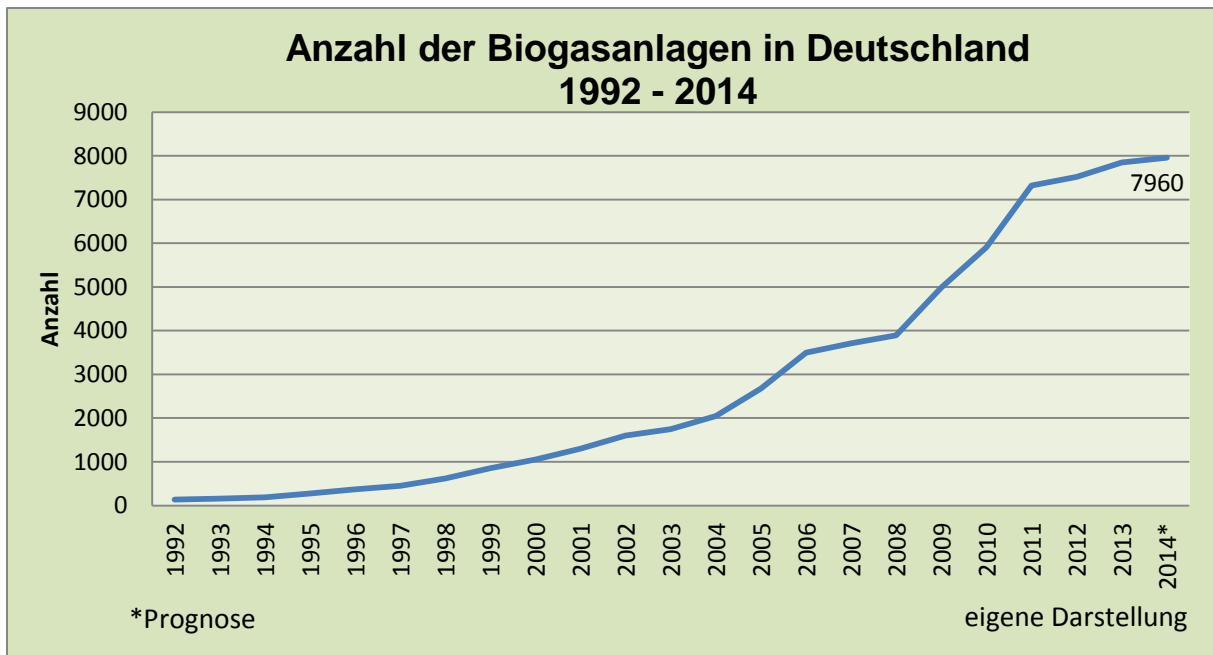
Der Grundstein ist gelegt und die ersten Schritte sind gemacht, um die Ziele des EEG in den nächsten Jahrzehnten zu erreichen. Sollten sich allerdings die Reglements des EEGs in den nächsten Jahren weiter verschlechtern, wie im Jahr 2014 und die Förderung von erneuerbaren Energien abnehmen, ist es fraglich, ob der Anstieg, so wie in den letzten Jahren, fortgeführt werden kann oder ob der Zubau neuer Anlagen abnehmen wird.

## **1.2. Problemstellung und Zielsetzung**

Der Biogaszweig ist in den letzten 10 Jahren einer der am stärksten gestiegenen der erneuerbaren Energien. Allerdings wurden mit dem EEG 2014 die Voraussetzungen zum Bau neuer Biogasanlagen besonders verschlechtert: Seit dem Inkrafttreten sind Anlagen, die nach dem 01.08.2014 an das Netz gehen und eine Leistung von mehr als 500kW erbringen, zur Direktvermarktung verpflichtet. Anlagen, die nach dem 01.01.2016 an das Netz gehen sollen schon ab einer Leistung von 100kW zur Direktvermarktung verpflichtet werden (EEG2014, §37). Die Direktvermarktung gab es auch schon im EEG 2012, betraf allerdings nur Anlagen mit einer Leistung von über 750kW und wird nun nach und nach weiter herabgesetzt, wodurch ebenfalls die Einspeisevergütung begrenzt wird. Dieser Rückschritt seitens des EEG ist in der Grafik 3 vom Jahr 2013 zu 2014 deutlich erkennbar.

Laut der Prognose des Fachverband Biogas e.V. vom November 2014 beträgt der Neubau gerade einmal 94 Anlagen bei einer Leistung von 41MW. Endgültige Zahlen für das Jahr 2014 gibt es laut dem Fachverband erst Mitte des Jahres 2015 und können daher für diese Arbeit noch nicht verwendet werden.





Grafik 3

Der im Vergleich zum Anlagenzubau etwas höhere Leistungsanstieg ist auf die Erweiterung der bestehenden Anlagen zurückzuführen.

Im Jahr 2015 soll der Neubau von Biogasanlagen laut dem Fachverband weiter stagnieren und laut Schätzungen nur noch rund 60 neue Anlagen mit einer zusätzlichen Bemessungsleistung von 8MW betragen. Im Vergleich dazu, im Jahr 2011 betrug die elektrische Leistung der zugebauten Anlagen noch 600MW.

Um diesen momentanen Trend entgegen zu wirken wird versucht, die technologische Funktionsweise von Biogasanlagen weiter zu optimieren und damit unter anderem wirtschaftlicher arbeiten zu können, um weniger von Zuschüssen abhängig zu sein.

In der folgenden Arbeit wird der Einsatz einer Separationsanlage am Beispiel der Biogasanlage Barleben und die damit verbundenen Veränderungen im Biogasprozess untersucht und ausgewertet. Der Einbau der Anlage erfolgte im Frühjahr 2014, aber auch vorher wurde bereits mit einem mobilen Separator versuchsweise separiert um eine Prognose zu treffen. Das erwartete Hauptziel ist die Verringerung des Trockensubstanzgehaltes im Substrat und die damit sinkende Stromaufnahme der Rührwerke in den Behältern, wodurch der Eigenstromverbrauch der Anlage gesenkt werden soll. Außerdem soll die Lagerkapazität der Endlager durch die Volumenverminderung der Gärrückstände vergrößert und der anfallende feste Gärrest vermarktet werden, um industriellen chemischen Dünger zu ersetzen.

Um die Auswirkungen der Separation nachvollziehen zu können gilt es, die Arbeitsweise einer Biogasanlage zu verstehen.

## 2. Grundlagen der Biogaserzeugung

### 2.1. Beginn der Biogasnutzung

Die ersten Ideen, das entstehende Gas bei Vergärungsprozessen für die Energiegewinnung zu nutzen, gab es bereits im 18. Jahrhundert. In Italien experimentierte der Naturforscher Alessandro Volta (1745 – 1827) bereits mit dem im Schlamm von Seen enthaltende Sumpfgas und verbrannte es. Ähnliche Versuche führte der Physiker Faraday durch, bis 1821

Avogadro die chemische Formel für Methan ( $CH_4$ ) herausfand. Der Begriff Biogas trat das erste Mal 1884 auf, als Bakteriologe Pasteur als Erster dieses Gas aus Mist gewann und vorschlug, dieses zur Stromproduktion der Straßenbeleuchtung in Paris zu verwenden.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts hielten die vorangegangenen Erkenntnisse in Deutschland Einzug, als die ersten Abwasserreinigungsanlagen durch den Klärtechniker Imhoff gebaut wurden. Diese Grundlagen brachten die Entwicklung der Biogasgewinnung schnell voran und wurden stets weiterentwickelt, sei es durch Rührwerke oder auch Heizsysteme, die den Gärungsprozess vorantrieben. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde das landwirtschaftliche Potential für Biogas, ebenfalls von Imhoff, erkannt, wodurch 1947 die erste Biogasanlage an der TU Darmstadt entwickelt und ebenda gebaut wurde. Seitdem wurden die verschiedensten Anlagentypen gebaut, in denen der ablaufende Gärungsprozess immer wieder abgewandelt und die verschiedensten Prozesstechniken ausprobiert wurden.

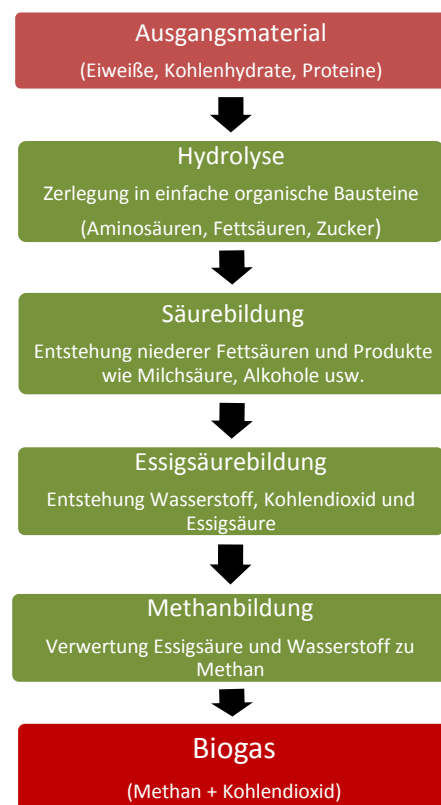
Von diesen wurden einige wieder verworfen und andere beibehalten beziehungsweise weiterentwickelt. Die Biogasanlagen, die wir heute kennen haben mit den Anfängen der Biogaserzeugung nur noch wenig zu tun. Nachdem 1990 das Stromeinspeisegesetz erlassen wurde, aus dem die heutigen Novellierungen des EEGs resultieren, und der Anlagenbau stetig zunahm, hat sich an dem Grundaufbau einer Biogasanlage wenig geändert, sondern nur der Prozess wurde stets verbessert, um eine höhere Ausbeute zu erhalten.

## 2.2. Entstehung von Biogas

Biogas entsteht durch den Prozess der anaeroben Fermentation, das bedeutet unter Abschluss von Sauerstoff. Die Grundlagen hierfür findet man auch häufig in der Natur, wie zum Beispiel in den Mooren am Grund von Seen oder anderen Gewässern, sowie in Güllegruben oder in Pansen von Wiederkäuern. Bei diesem Prozess wird organisches Material fast vollständig in Gas, das sogenannte Biogas, umgewandelt. Während des Ablaufes entsteht nicht nur Gas, sondern es wird auch Energie in Form von Wärme abgegeben. Diese Wärme wird direkt für den Abbauprozess genutzt und beschleunigt diesen. Das Gasprodukt besteht zu über der Hälfte aus Methan ( $CH_4$ ), zu 25-50% aus Kohlendioxid ( $CO_2$ ) und aus sehr geringen Mengen Wasserstoff ( $H_2$ ), Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ), Ammoniak ( $NH_4^+$ ), sowie anderen verschwindend geringen Anteilen von Spurengasen. Die genaue Zusammensetzung wird von verschiedenen

Aspekten beeinflusst, wie zum Beispiel das eingesetzte Ausgangsmaterial oder welche Verfahren bei der Fermentation angewendet werden. Die vier Phasen der Biogasbildung sind die Hydrolyse, die Säurebildung, die Essigsäurebildung und die anschließende Methanbildung. (Grafik 4) Bei der Hydrolyse wird das verwendete Substrat von seinen festen Verbindungen (Eiweiße, Fette, etc.) durch die von Bakterien freigesetzten Enzyme in einfache organische Verbindungen, wie zum Beispiel Aminosäuren oder Zucker, zersetzt. In der Phase der Säurebildung, auch Acidogenese genannt, werden die bei der Hydrolyse entstandenen Produkte durch säurebildende Bakterien zu niederen Fettsäuren abgebaut.

Hier entsteht bereits ein Teil des Wasserstoffs und des Kohlendioxids. Diese werden bei der darauffolgenden Phase der Essigsäurebildung in die Vorsubstanzen des eigentlichen Biogases umgewandelt.



Grafik 4 / eigene Darstellung

Bei diesem Prozess ist es wichtig, dass der Wasserstoffgehalt gering bleibt, da ansonsten die Umsetzung der Produkte aus der Versäuerungsphase und somit die Methanbildung gehemmt wird. Damit die Acetatbildung reibungslos ablaufen kann, ist es notwendig, dass die wasserstoffbildenden Bakterien mit den methanogenen Ursprungsbakterien (Archaeen) eng verbunden sind, da diese den Wasserstoff zusammen mit dem Kohlendioxid bei der Methanbildung verbrauchen. Die abschließende Phase der Biogasentstehung ist die Methanogenese, bei der das Endprodukt Biogas entsteht.

Hier werden Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid durch die anaeroben methanogenen Archaeen zu Methan umgewandelt. Diese Umwandlung findet durch zwei parallel laufende Prozesse statt. Zum einen entsteht Methan aus Wasserstoff und Kohlendioxid, durch die hydrogenotrophen (wasserstoffoxidieren) Methanogene, und zum anderen durch die Essigsäurespaltung der acetoclastischen Methanbildner. In landwirtschaftlichen Biogasanlagen wird der größte Teil des Biogases über den Weg der Wasserstoffverwertung erzeugt, wohingegen bei der Klärschlammvergärung fast 75% des entstandenen Biogases aus der Essigsäurespaltung entsteht.

Die gesamten 4 Phasen der Biogaserzeugung laufen zeitlich parallel als einstufiger Prozess ab. Da allerdings die einzelnen Bakterien in den unterschiedlichen Phasen auch etwas unterschiedliche Milieubedingungen benötigen, zum Beispiel im pH- oder Temperaturbereich, wurde bereits probiert, den Prozess in einen zweistufigen aufzuteilen, in dem man die Hydrolysestufe und die Säurebildung räumlich trennt. Dies ist in der Praxis allerdings schwierig, da, auch wenn sich in der Hydrolyse ein geringer pH-Wert einstellt, ein kleiner Anteil an Methan entsteht. Methan stellt aufgrund seiner Eigenschaften ein Sicherheitsrisiko dar und ist in hohem Maße umweltgefährdend, da es leichter als Luft ist, steigt es in die Atmosphäre und wirkt als Treibhausgas. Aus diesem Grund müsste bei der zweiphasigen Prozessführung das entstehende Hydrolysegas aufbereitet werden, um den Methangehalt in diesem zu eliminieren, was gleichzeitig einen größeren Aufwand und höhere Kosten bedeuten würde.

Die Entstehung von Biogas in diesem Prozess ist an bestimmte Milieubedingungen gebunden: Wichtig ist, dass der gesamte Prozess in einer anaeroben Umgebung stattfindet, da Sauerstoff die methanbildenden Bakterien hemmt oder sogar absterben lässt. Eine gänzlich sauerstofffreie Umgebung ist bei der Fermentation nicht realisierbar, weil es kein komplett abgeschlossenes System gibt, da allein

durch die Beschickungsanlage ein geringer Anteil an Sauerstoff in die Fermenter gelangt. Solange dieser Sauerstoffgehalt relativ gering bleibt, wird die Gasproduktion nicht gestört, denn die methanogenen Bakterien leben in enger Verbindung mit den sauerstoffverbrauchenden Bakterien aus den vorhergehenden Phasen, die geringe Sauerstoffanteile abbauen können.

Ein weiterer wichtiger Einflussfaktor ist die Temperatur. Die bei der Biogasentstehung beteiligten Mikroorganismen haben unterschiedliche Temperaturen, bei denen sie optimal arbeiten. Man unterscheidet hier psychrophile, mesophile und thermophile Bakterien. Psychrophile haben ihr Optimum unterhalb von 25°C, mesophile im Bereich von etwa 37°C bis 42°C und thermophile zwischen 50°C und 60°C. Der größte Teil der heute betriebenen Biogasanlagen arbeiten im mesophilen Temperaturbereich, da die meisten der bekannten Methanbildner hier ihr Wachstumsoptimum haben und dadurch die Gasausbeute am größten ist. Der mesophile Bereich lässt sich außerdem technisch, ohne großen Aufwand, realisieren. Weiterhin ist zu beachten, dass während des Prozesses eine möglichst konstante Temperatur zu halten ist, da schnelle beziehungsweise starke Veränderungen schädigende Auswirkungen auf die Bakterien haben und diese absterben lassen.

Besonders im Winter bei sehr niedrigen Außentemperaturen ist daher eine Begleitheizung nötig um nicht in den psychrophilen Temperaturbereich abzusinken. Einige der Mikroorganismen erzeugen z.B. beim Kohlehydratabbau eigene Wärme, die ebenfalls kontrolliert werden muss, damit das Milieu im Behälter sich nicht zu sehr aufheizt.

Die dritte wichtige Milieubedingung ist der pH-Wert. Auch hier gibt es wie bei der Temperatur verschiedene Optimalwerte. In den ersten beiden Phasen sollte der pH-Wert zwischen 5,2 und 6,3 liegen, obwohl ein geringfügig höherer Wert im Substrat noch zu verwerten ist, wohingegen beim weiteren Prozess zwingend ein pH-Wert im neutralen Bereich nötig ist, der zwischen 6,5 und 8 liegt. Da der größte Teil der Biogasanlagen der einstufigen Gaserzeugung folgt, wird ein neutraler pH-Wert angestrebt, der in allen 4 Phasen den Bakterienabbau unterstützt. Der sich einstellende pH-Wert ist abhängig von der Nährstoffversorgung, doch nicht nur dieser wird davon beeinflusst.

Die Menge des entstehenden Biogases wird von der Menge der Proteine, Kohlenhydrate und Fette in den gefütterten Substraten gesteuert. Um einen stabilen Prozess zu erreichen, sollte ein ausgewogenes Verhältnis zwischen den Makro- und

Mikronährstoffen im Milieu vorherrschen. Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) sind verantwortlich für die Enzyymbildung und werden somit am meisten benötigt. Ist das Gleichgewicht zwischen beiden nicht gegeben, kann es bei zu viel Kohlenstoff zur Verringerung der Methanausbeute kommen, da dieser nicht komplett umgesetzt werden kann. Zu viel Stickstoff hingegen würde die Ammoniakbildung fördern, welches die Bakterien am Wachstum hindert und den gesamten Prozess gefährdet. Um einen stabilen Ablauf zu garantieren sollte das C/N-Verhältnis zwischen 10:1 und 30:1 liegen. Weitere notwendige Nährstoffe sind Phosphor und Schwefel, die als Makronährstoffe fungieren, sowie Kobalt, Nickel, Molybdän und Selen als Mikronährstoffe. Auch Magnesium, Eisen und Mangan werden als Mikronährstoffe genutzt, die für den Elektronentransport und die Funktionalität bestimmter Enzyme von Nutzen sind. Die Anwendung der meisten Mikronährstoffe erfolgt vor allem bei der Monovergärung, das bedeutet, es wird nur eine Sorte Energiepflanzen zu Biogaserzeugung genutzt.

In manchen Biogasanlagen reichen diese Spurenelemente der hinzugefügten Rohstoffe nicht aus, um ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Makro- und Mikronährstoffen zu erreichen. Deshalb werden in den Anlagen künstlich Spurenelemente hinzugefügt, wobei vorher anhand der Makroorganismen ermittelt werden muss, wie viel zugegeben werden darf, um die Konzentration dieser nicht zu hoch zu treiben und den damit verbundenen Grenzwert im anfallenden Gärrest zu überschreiten. Wird der zulässige Grenzwert im Gärrest für die landwirtschaftliche Nutzung überschritten, zählt dieser nicht mehr zu den organischen Düngern und darf demzufolge nicht mehr als solcher auf die Äcker ausgebracht werden.

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Methanausbeute ist der entstehende Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ), der schon in sehr geringen Konzentrationen den Abbauprozess der Bakterien hemmen kann. Hierbei gilt, je niedriger der pH-Wert, desto höher der  $H_2S$ -Gehalt, wodurch die Gefahr der Prozesshemmung zunimmt. Um einen steigenden Schwefelwasserstoffanteil entgegen zu wirken, wird in der Regel Eisensulfid in die Fütterung zugegeben.

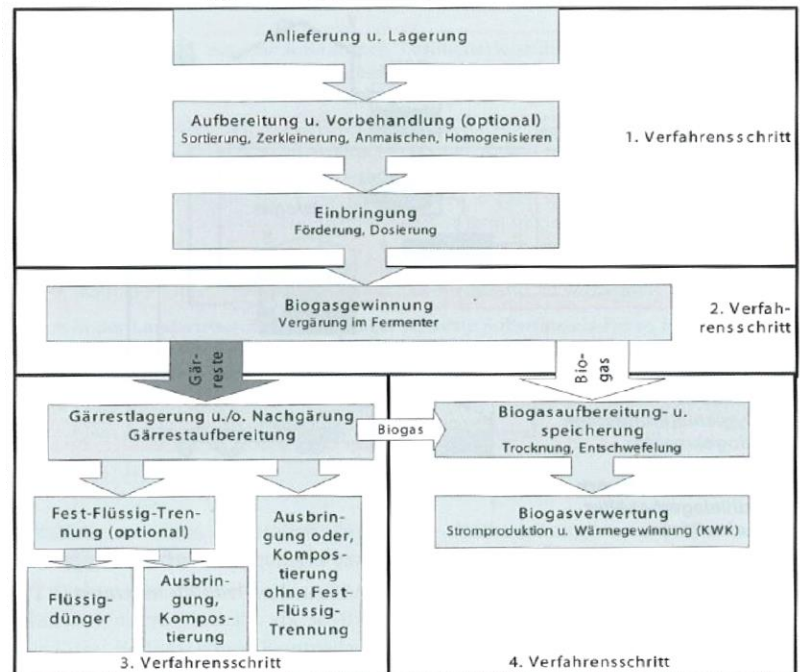
Generell ist zu sagen, dass bei der Biogaserzeugung sehr viele Faktoren eine wichtige Rolle spielen und es kaum möglich ist, den Prozess so genau zu steuern, sodass die maximale Ausbeute an Biogas erreicht wird und damit ein größtmögliches Erzeugnis an Strom und Wärme produziert werden kann.

## 2.3. Aufbau einer Biogasanlage

Der Grundaufbau der heutigen Biogasanlagen ergibt sich aus vier Verfahrensschritten:

Zum ersten Schritt gehören die Anlieferung, Lagerung und Einbringung, sowie in manchen Anlagen die Aufbereitung beziehungsweise

Vorbehandlung. Im zweiten Schritt erfolgt die Biogasgewinnung in den Fermentern, im dritten die Nachgärung und Lagerung mit anschließender Ausbringung, und im vierten die Biogasaufbereitung sowie die



Grafik 5 / Quelle: Leitfaden Biogas, BMELV

Einspeisung in das Strom-, Gas- oder Wärmenetz. (Grafik 5)

Abhängig von der Größe haben einige Anlagen zur optimalen Gasausbeute nach dem Fermenter noch einen oder mehrere Nachgärer und im Anschluss die Gärrestlager. Andere wiederum haben ausschließlich ein Gärrestlager dem Fermenter nachgeschaltet. In der weiteren Erklärung wird die Biogasanlage Barleben im Ortsteil Ebendorf als Vergleichsanlage beleuchtet. In dieser Anlage wird das Nassgärungsverfahren angewandt. Das bedeutet, dass die Beschickung des Fermenters ausschließlich pumpfähiges Material verwendet wird, welches einen Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von höchstens 12-15% haben sollte. Substrate, die diesen Wert überschreiten, werden als stapelbares Material in Trockenvergärungsanlagen genutzt.

In der BGA Barleben wird zum größten Teil Mais für die Biogaserzeugung genutzt, aber auch Rohstoffe wie Hirse, Gras oder Ganzpflanzensilage (GPS) werden verbraucht.

Zusätzlich werden die Rohstoffe anteilig mit Hähnchen- und Putenmist, sowie Hühnertrockenkot (HTK) gemischt. Die Anlieferung erfolgt durch umliegende Bauern oder Lohnunternehmer und hängt zeitlich von äußeren Einflüssen, wie zum Beispiel

der Erntezeit des jeweiligen Substrates, ab. Daher ist es notwendig Lagerungsmöglichkeiten zu schaffen. Auf der betrachteten Anlage stehen hierzu drei Silagesilos in einer Größe von 80x22m Fläche und 4m Wandhöhe zur Verfügung.

(Bild 1) Von dort gelangt das Material mit Hilfe eines Radladers in die Fütterungsbunker, die sogenannte Beschickung.



Bild 1: Silagesilo

Die Beschickungsbunker der Biogasanlage in Ebendorf transportieren das eingefüllte Substrat über hydraulische Schubböden zu den Förderschnecken, die das Material weiter in den Querstromzerspanner (QZ) führen. (Bild2) Die Aufgabe des QZ's ist die

Zerkleinerung des recht groben Substrats und der enthaltenen Störstoffe, wie Steine. Nach der Zerkleinerung gelangt der Rohstoff zur Biomixpumpe, in die parallel dazu Schweinegülle aus dem Güllebehälter oder Rezirkulat gepumpt wird. Die Gülle wird ebenfalls in



Bild 2: links: Fütterungsbunker mit Förderschnecke  
rechts: QZ mit Zuführschnecke

regelmäßigen Abständen aus einer, in der Nähe liegenden, Schweinezuchtanlage angeliefert.

In der Biomixpumpe befindet sich eine Exzentrerschnecke, die das feste und flüssige Material zu einer pumpfähigen Masse mischt. Das entstandene Substratgemisch wird über Pumpen, die durch Elektromotoren betrieben werden, in die Fermenter befördert. Die gesamten Pumpen mit den dazugehörigen elektronisch angesteuerten Absperrschiebern befinden sich zentral in einer Pumpenhalle. (Bild 3)



Die Gerätschaften sollten gut zugänglich sein, damit Reparatur- und Wartungsarbeiten ohne Abschalten der Anlage durchgeführt werden können. In der betrachteten Anlage werden Exzentrerschneckenpumpen verwendet, die zu den Verdrängerpumpen



Quelle:  
eigenes Foto

gehören. Bei diesen läuft [Bild 3: Pumpenhalle](#)

ein korkenzieherförmiger Rotor auf einem elastischen Stator, dessen Drehbewegung einen Hohlraum erzeugt und das Substrat somit transportiert.

Die Beschickung in Ebendorf ist redundant ausgelegt, das bedeutet, alle Anlagenteile sind zweifach vorhanden, die abwechselnd laufen.

Der Vorteil ist, dass bei dem Ausfall einer Fütterung die zweite genutzt werden kann, um einen kontinuierlichen Prozess zu gewährleisten.

Bei der Beschickung werden, je nach Anlage, zwei verschiedene Verfahren verwendet. Das Durchflussverfahren wurde in der Vergangenheit in dem größten Teil der Anlagen angewendet. Hierbei wird mehrmals täglich Substrat in die Fermenter befördert, während die gleiche Menge, vom im Behälter enthaltenen Substrat in die Gärrestlager oder auch Nachgärer, abgepumpt wird. Die Fermenter sind somit dauerhaft gefüllt und werden ausschließlich für Wartungs- und Reparaturarbeiten geleert. Das Durchflussverfahren bietet durch diese Verfahrensweise eine gleichmäßige Gasproduktion. Der Nachteil dieses Verfahrens ist, dass frisch eingeführtes Material beim parallelen Abpumpen direkt wieder ausgebracht wird. Die Gärrestlager sind in diesem Verfahren nach oben hin offen wodurch im fermentierten Substrat enthaltenes Methan in die Atmosphäre entweicht. Seit dem EEG 2009 ist gesetzlich geregelt, dass Lagerungsbehälter geschlossen sein müssen. Hieraus wurde das Durchfluss-Speicher-Verfahren entwickelt, in dem die jeweiligen Behälter geschlossen sind. Das hier entstehende Biogas kann gespeichert und danach weiter verwertet werden. Das Durchfluss-Speicher-Verfahren wird im Zusammenhang mit einer kontinuierlichen Beschickung wie beschrieben in der Biogasanlage Barleben

angewendet. Eine andere Möglichkeit ist die diskontinuierliche Beschickung, auch Batchverfahren genannt. Bei diesem Prinzip wird der Fermenter einmal komplett mit frischem Substrat gefüllt und wird während des gesamten Biogasentstehungsprozesses nicht weiter befüllt oder abgepumpt. Erst nach Beendigung der Verweilzeit wird der Behälter entleert und daraufhin neu befüllt, wobei ein kleiner Anteil der vorhergehenden Füllung zur „Animpfung“ der neuen genutzt wird. Die Gasproduktion entwickelt sich in Kurvenform bis zum Maximum und schwächt anschließend wieder ab. Mit einem Fermenter ist somit keine konstante Gasproduktion möglich, weshalb bei der Anwendung des Batchverfahrens mehrere notwendig sind, die abwechselnd befüllt werden. Für herkömmliche Biogasanlagen wird dieses Verfahren, auch Wechselbehälterverfahren genannt, nicht angewendet, sondern ausschließlich für die Feststoffvergärung.



Bild 4: Fermenter

Das in Barleben angewandte Durchfluss-Speicher-Verfahren wird realisiert durch zwei Fermenter mit je einer Höhe von 15m und einem Durchmesser von 18m (Bild 4), zwei Nachgärern zur optimalen Gasausbeute mit 6m Höhe und 23,5m Durchmesser



Bild 5: Gärrestlager

und drei Gärrestlager mit 8m Höhe und 32m Durchmesser realisiert (Bild 5).

Die Gärrestlager sind besonders über den Winter wichtig, wenn laut Düngemittelverordnung kein organischer Dünger auf die Felder ausgebracht werden darf, um die anfallenden Substratreste zu lagern.

Die Fermenter haben in diesem Fall starre Dächer, wohingegen die anderen Behälter ein Tragluftdach aus Folie haben. Die Gasproduktion ist durch verschiedene Einflussfaktoren nicht komplett konstant und es gibt Leistungsspitzen, während die Abnahme durch das Blockheizkraftwerk (BHKW) und der Gasaufbereitung im Regelbetrieb gleichmäßig erfolgt. Aus diesem Grund sind Gasspeicher erforderlich. Für die Speicherung werden die Gasdächer der Nachgärer und Gärrestlager genutzt.

Die dabei eingesetzten Folienhauben müssen druckfest, UV-, temperatur- und witterungsbeständig sein, um eine einwandfreie Speicherung zu garantieren. Die Anwendung wird durch eine äußere und eine darunter liegende Folie realisiert, zwischen denen über Gebläse Luft eingelassen wird.

Als Sicherheitseinrichtung sind an allen Behältern mit Tragluftdach Überdrucksicherungen angebracht, um bei überschüssigem Gas ein Ablass zu ermöglichen.

Da das im Biogas enthaltene Methan umweltgefährdend ist, sollten die Überdrucksicherungen nur im äußersten Notfall genutzt werden. Bevor die Überdrucksicherungen zum Einsatz kommen, sollte das überschüssige Gas über eine installierte Notfackel (Grafik 6) verbrannt und damit unschädlich gemacht werden. Die Gasfackel ist mittlerweile als relevante Sicherheitseinrichtung vorgeschrieben.

Für die Durchmischung in den Behältern sind Rührwerke notwendig, die für die Animpfung des

Frischsubstrates durch das bereits enthaltene aktive Substrat, eine gleichmäßige Verteilung von Wärme und Nährstoffen, gutes Ausgasen des Biogases und die Vermeidung von Schwimm- und Sinkschichten innerhalb der Behälter verantwortlich sind. Das frisch eingebrachte Substrat trägt ebenfalls zur Durchmischung bei, reicht aber alleine nicht aus. Mechanische Rührwerke gibt es in verschiedenen Varianten, die je nach ihrer Arbeitsweise unterschieden werden. In der BGA Barleben werden ebenfalls verschiedene Rührtechniken verwendet. Im Güllebehälter befindet sich ein 15kW Tauchmotorrührwerk und in den Fermentern sind jeweils ein Zentralrührwerk mit 18,5kW, auch Axialrührwerke genannt, verbaut.

In den beiden Nachgärern befinden sich je drei kleinere Stabrührwerke, auch Langachsrührwerke genannt, je zwei FR1 von SUMA mit einer Leistung von 7,5kW und je ein FR4 mit 15kW.



Quelle:  
eigenes Foto

Bild 6: Gasfackel

Die in den Gärrestlagern verbauten Rührwerke sind mit einer Nennleistung von 28kW so Leistungsstark, dass eines pro Behälter ausreichend ist. (Bild 7)

Die Auslegung der Rührtechnik ist abhängig von der Viskosität und dem erwarteten TS-Gehalt vom Substrat in den Behältern. Das Verhalten der Rührtechnik in Abhängigkeit vom Feststoffgehalt des Substrates wird an späterer Stelle dieser Arbeit genauer durchleuchtet, denn diese steht im



direkten Zusammenhang mit der [Bild 7: Motor mit Ölbehälter eines Stabrührwerkes](#) Fest-Flüssig-Trennung und der daraus resultierenden Änderung der Substrateigenschaften.

Die Separation schließt sich dem Gasentstehungsprozess unmittelbar an.

Das im Prozess entstehende Biogas enthält neben Methan und Kohlenstoffdioxid auch zahlreiche andere Stoffe, deshalb ist abhängig von der Art der Vermarktung eine Gasreinigung und/oder Aufbereitung nötig. Das Biogas enthält je nach Zusammensetzung der Fütterung einen nicht geringen Anteil an Schwefelwasserstoff, der toxische und hoch korrosive Eigenschaften hat, was schädliche Auswirkungen für die weitere Verarbeitung des Biogases haben kann.

Für die Reinigung gibt es verschiedene Verfahren, die unterschieden werden in biologische, chemische und physikalische Reinigung.

Auf der BGA in Ebendorf wird die biochemische Gaswäsche über einen externen Reaktor angewendet und ist eine Mischung aus biologischer und chemischer Entschwefelung.

Bei diesem Verfahren wird mit Hilfe eines Waschmediums und der Zugabe von Sauerstoff der Schwefelwasserstoff absorbiert. Die Kolonne ist ein sogenannter Biorieselbettreaktor, der mit Polypropylen-Füllkörpern bestückt ist auf denen Mikroorganismen angesiedelt werden. Die Mikroorganismen sorgen für die biochemische Oxidation der organischen und anorganischen Verbindungen, dessen Produkte ungefährlich sind.

Dieses Verfahren ist sehr effektiv und kann  $H_2S$ -Konzentrationen von über 1000ppm bis auf unter 50ppm senken. (Bild 8) Auf den PP-Füllkörpern im Reaktor kann es zu Ablagerungen von Schwefel in fester Form kommen, weshalb eine regelmäßige Spülung notwendig ist. Bei starken Ablagerungen ist in Ausnahmefällen die Spülung nicht ausreichend, weswegen es Vorkommen kann, dass die Füllkörper gewechselt werden müssen. Dieses Problem trat bereits auf der BGA Barleben auf.



Bild 8: Entschwefelungskolonne mit nachgeschaltetem Aktivkohlefilter

Im Bild 9 sind die Füllkörper mit dem abgelagerten Schwefel zu sehen.

Bei der Masse an festem Schwefel verringert sich die Entschwefelungsleistung drastisch und der Wechsel der PP-Stoffe ist sehr aufwendig und kostenintensiv.

Zur Vermeidung werden in neueren Kolonnen die Füllkörper gestapelt und durchlässige Zwischenböden eingezogen. Dadurch soll eine größere Angriffsfläche geschaffen werden und die Verdichtung der Füllkörper verhindern.



Bild 9: PP-Füllkörper mit abgesetztem festem Schwefel

Da die Vorgabe des maximal zugelassenen Schwefelwasserstoffgehaltes von den Herstellern von BHKW's und Gasaufbereitungsanlagen meist so gering ist, dass es die Entschwefelungskolonne nicht

schaftt, ist dieser noch ein Aktivkohlefilter, als sogenannter Polizeifilter, nachgeschaltet, der für die Feinentschwefelung zuständig ist. Die Schwefelkonzentration nach der Filterung durch Aktivkohle sollte annähernd 0ppm betragen. Im Regelfall muss die Aktivkohle ungefähr alle 6 Monate gewechselt werden. In der BGA Barleben ist vor allem durch den zu 30% gefütterten Puten- und Hähnchenmist der Schwefelwasserstoffanteil so hoch, dass diese alle drei bis vier

Wochen gewechselt werden muss. Um das Problem zu lösen ist bereits eine zweite Entschwefelungskolonne in Planung, die in den nächsten Monaten in Betrieb genommen werden soll. Die Nutzung des aufbereiteten Biogases ist von der jeweiligen Anlage abhängig, da einige ausschließlich Gas oder Strom einspeisen und andere beide Einspeisungsarten parallel verwenden. Die Beispielanlage nutzt beide Einspeisemöglichkeiten.

Dadurch gelangt ein Teil über Rohrleitungen zur Gasaufbereitungsanlage in der das Biogas verdichtet, gekühlt, aufbereitet und anschließend getrocknet wird. Nach der Aufbereitung liegt reines Biomethan vor, welches in einer Liefermenge von 350nm<sup>3</sup> der Biogaseinspeiseanlage zugeführt und dort in das öffentliche Erdgasnetz weitergeleitet wird.

Die BGA Barleben hat neben der Gaseinspeisung noch ein 600kW Blockheizkraftwerk zu Kraft-Wärme-Kopplung (Bild 10). Hierunter versteht man die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme durch die Verbrennung des Biogases.



Verwendet wird hierfür, ein für den Gasbetrieb umgebauter Ottomotor,

Bild 10: Blockheizkraftwerk vom Typ MWM

der ausschließlich mit Biogas läuft. Ein mit dem Verbrennungsmotor gekoppelter Generator verstromt die entstehende Energie, die anschließend durch eine Trafostation in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Bei diesem Prozess wird jedoch nicht nur Strom, sondern ein nicht geringer Anteil von Motorabwärme erzeugt, der in den heutigen Biogasanlagen meist nicht mehr ungenutzt bleibt.

Bei kleineren Anlagen wird die entstehende Wärme für die Beheizung der Gärbehälter genutzt. Die zusätzliche Erwärmung dieser ist jedoch meist ausschließlich im Winter bei niedrigen Temperaturen nötig, sodass ansonsten ein Wärmeüberschuss vorherrscht.

Anlagen mit größeren BHKW's haben sowohl bei hohen, als auch bei niedrigen Außentemperaturen einen Wärmeüberschuss, der bei Nichtverwendung über die Notkühler abgelassen wird.

Um einen höheren Nutzungsgrad zu erreichen ist es daher sinnvoll diese Wärme zu vermarkten und öffentliche Gebäude wie zum Beispiel Schulen oder Kindergärten in der näheren Umgebung zu beheizen. Von der Biogasanlage Barleben geht eine Wärmeleitung zu einem nahegelegenen Hotel, welches die Motorabwärme zum Heizen ihres Gebäudes nutzt. Dadurch bleibt die sowieso erzeugte Wärme nicht ungenutzt, sondern wird sinnvoll verwendet, wodurch sich der Nutzungsgrad der BGA erhöht und zusätzliche Einnahmen die Anlage wirtschaftlicher arbeiten lassen.

Alle Gerätschaften einer Biogasanlage, ob Beschickung, Pumpen, Rührwerke, Gasaufbereitung etc. sind einem Prozessleitsystem (PLS) aufgeschaltet und werden zentral von der Leitwarte und im Regelbetrieb automatisiert gesteuert. Lediglich bei Reparatur- und Wartungsarbeiten werden einzelne Geräte in den Handbetrieb geschaltet, beziehungsweise abgeschaltet. Ansonsten sind Biogasanlagen dafür ausgelegt, im Normalbetrieb kontinuierlich durchzulaufen, um eine stabile Gas-, Strom- und Wärmeproduktion zu garantieren.

Anlagen zur Biogaserzeugung folgen einem sehr komplexen Aufbau, weshalb es viele Angriffspunkte gibt, den Prozess weiter zu entwickeln und zu verbessern.

Mögliche Optimierungsmöglichkeiten gibt es zum Beispiel bei der Auswahl der Maschinen in der Beschickungsebene, Erhöhung des Auslastungsgrades des Blockheizkraftwerkes oder die Anwendung eines Elektrolyseurs zur Steigerung des Methananteils im Biogas. Der nachfolgend untersuchte Optimierungsfaktor ist der Einsatz eines Separators auf der Biogasanlage Barleben und deren positive Auswirkungen auf den gesamten Prozess.

### **3. Die Separation im Allgemeinen**

#### **3.1. Begriff Separation**

Der Begriff der Separation stammt vom lateinischen Wort separatio ab und bedeutet übersetzt „Absonderung“ oder „Trennung“. Verwendet wird der Begriff in vielen Bereichen, wobei im Biogassektor damit die Fest-Flüssig-Trennung des Substrats aus den Fermentern und Gärrestlagern gemeint ist. In Abhängigkeit der Anteile der stapelfähigen Rohstoffe und der Gülle stellen sich unterschiedliche TS-Gehalte im Substrat ein. Die Durchmischung durch die Rührwerke soll für einen relativ konstanten Trockensubstanzgehalt innerhalb der Behälter sorgen, der in vielen Anlagen allerdings relativ hoch liegt. Die Notwendigkeit, einen Großteil an stapelbaren Feststoffen zu füttern, ergibt sich hierbei aus den Milieubedingungen für die Biogasentstehung. Aus diesem Grund können sich einige Probleme ergeben, weshalb die Separation nicht nur wirtschaftlich, sondern auch technologisch sinnvoll ist

#### **3.2. Ziele der Separation**

Zu hohe TS-Gehalte, beziehungsweise langfaseriges Material, können Ursache für Schwimmdecken in den Behältern sein. Diese bilden sich, in dem grobes Material aufschwimmt und durch Verfilzung eine feste Schicht bildet. Die gebildeten Schichten können mehrere Meter dick werden, wenn nicht rechtzeitig Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Schwimmdecken können nur durch regelmäßige Kontrollen durch die Sichtfenster festgestellt werden, da diese nicht durch automatisierte Sicherheitseinrichtungen erkannt werden. Solange die Schichten noch relativ dünn sind kann man diese mit Hilfe der Rührwerke wieder aufbrechen und verrühren, aber bei sehr dicken ist dies meistens nicht mehr möglich.

Ist das der Fall, muss der jeweilige Behälter geöffnet und manuell mit Hilfe von Baggern geleert werden, was mit sehr großem Aufwand und Kosten verbunden ist. Durch die Fest-Flüssig-Trennung des Substrates soll der TS-Gehalt verringert und die Gefahr für Schwimmschichten minimiert werden.



Im Zusammenhang mit dem Trockensubstanzgehalt steht die Leistung der Rührwerke.

Je dicker das Material in den Behältern ist, desto mehr Kraft benötigen die Rührwerke um das Material durchzumischen und dementsprechend höher ist auch der Stromverbrauch.

Der Einsatz eines Separators soll zusätzlich der Optimierung der Anlage dienen und den Eigenstromverbrauch senken und damit die Wirtschaftlichkeit erhöhen.

Ein weiterer wichtiger Faktor betrifft die Lagerung von Gärrest: Die aktuelle Düngeverordnung (DüV) verbietet die Ausbringung von Gärrest als organischen Dünger auf Ackerflächen im Zeitraum vom 01. November bis 31. Januar. In diesem Zeitraum sind Biogasanlagen dazu verpflichtet, den Gärrest zu lagern.

Der Entwurf der neuen DüV vom August 2014 sieht vor, diese Ausbringsperre um einen Monat, ab dem 01. Oktober, zu verlängern. Viele Bestandsanlagen bekommen bei Inkrafttreten dieser Verordnung das Problem, dass das bisherige Lagervolumen in vorhandenen Gärrestlagern nicht ausreicht, um diese Zeit zu überbrücken. Durch den Einsatz von Separatoren in diesen Anlagen könnte dieses Problem gelöst werden, da das Volumen des anfallenden flüssigen Gärrests mit der Abscheidung des Feststoffes stark verringert wird. Die zweite Lösung für das Lagerungsproblem wäre der Bau zusätzlicher Lagerbehälter, allerdings ist diese Lösung sehr aufwendig und kostenintensiv, wohingegen die Einbindung eines Separators in die Anlage im Vergleich kostengünstig ist.

Das vierte Ziel ist die Aufbereitung des entstehenden Gärrückstandes. Bei der Separation wird nicht nur der Feststoff vom Flüssigen getrennt, sondern auch die Nährstoffe werden aufgespalten. Der lösliche, mineralische Stickstoff bleibt in den flüssigen Bestandteilen enthalten und der organisch gebundene Anteil vom Stickstoff und Phosphor wird zusammen mit dem Feststoffanteil abgeschieden. Sowohl der feste als auch der flüssige Anteil können noch weiter, sei es zum Beispiel durch Kompostierung oder Trocknung, aufbereitet werden oder direkt als Dünger ausgebracht werden.

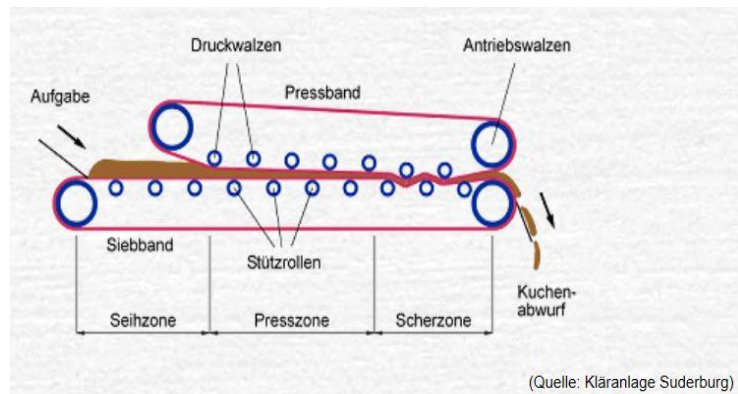
Inwieweit die Ziele der Separation erreicht werden, wird im Folgenden anhand der Biogasanlage Barleben genauer untersucht.

### 3.3. Separationstechniken

Um den Feststoff vom Flüssigen abzuscheiden kommen verschiedene Systeme zur Anwendung. Verwendet werden können Siebbandpressen, Zentrifugen, auch Dekanter genannt und Schrauben- beziehungsweise Schneckenseparatoren.

Die Siebbandpresse erreicht die Fest-Flüssig-Trennung durch Druckfiltration.

In der Grafik 6 ist der schematische Aufbau einer Siebbandpresse dargestellt. Bestandteile sind das Trägergerüst mit den dazugehörigen Umlenkwalzen in verschiedenen Größen, sowie zwei Endlos-Seihbänder.



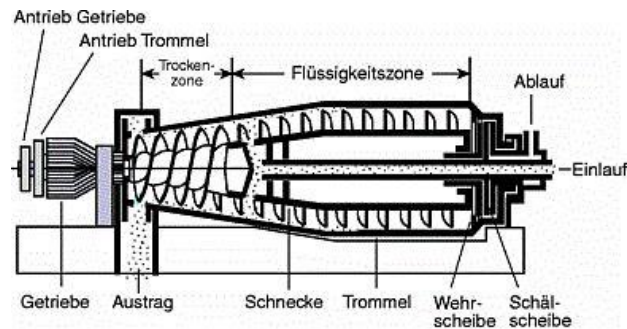
Grafik 6: Aufbau Siebbandpresse

Das zu trennende Substrat

wird kontinuierlich auf das untere Förderband gegeben. Im Bereich der Seihzone fließt ein Teil der Flüssigkeit durch das für Flüssigkeiten durchlässige Band in einen Auffangbehälter. In der sich anschließenden Presszone drückt das zweite Band von oben auf das beförderte Material, wodurch weitere Flüssigkeit ausgepresst wird. Im Anschluss läuft das Material durch die Scherzone. Hier wird der Druck auf das Substrat zwischen den Bändern noch einmal erhöht, um noch feiner zu filtrieren. Die abgepresste Flüssigkeit der drei Zonen wird in einem darunter installierten Behälter gesammelt und dem Biogasprozess zurückgeführt. Der übrigbleibende Feststoff wird nach der Scherzone ausgeworfen und zum Beispiel in einem extra Silo gesammelt und gelagert. Die Menge des Durchsatzes der Siebbandpressen kann durch die Bandgeschwindigkeit und die Höhe des Drucks gesteuert werden. Die Anlage gibt es mit verschiedenen Bandbreiten im Bereich von ein bis drei Metern, wodurch ein variabler Durchsatz von 2 bis 30m<sup>3</sup> pro Stunde erreicht werden kann.

Die zweite Möglichkeit zur Fest-Flüssig-Trennung ist die Anwendung eines Dekanters, welcher nach der Funktionsweise einer Zentrifuge arbeitet. Das Funktionsprinzip der Zentrifuge ist im Bereich der Chemie seit langer Zeit bekannt und mittlerweile wird dieses System auch für die Fest-Flüssig-Trennung von Substrat in Biogasanlagen genutzt.

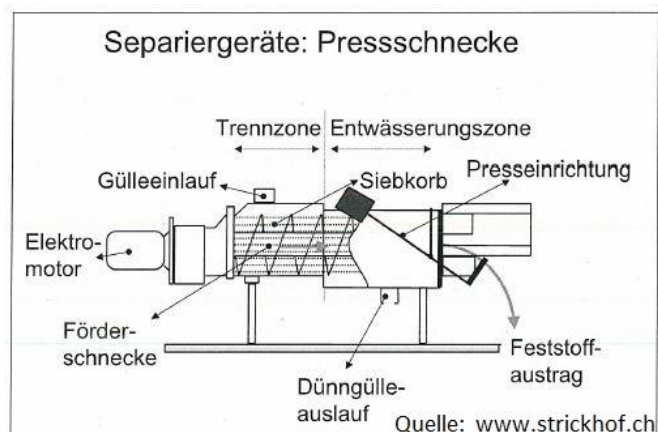
Das zu separierende Material gelangt durch ein Zulaufrohr in den Einlaufraum, in dem es bereits vorbeschleunigt wird, und von dort aus über Verteileröffnungen in die Trommel (Grafik 7). Diese hat eine zylindrisch-konische Form und rotiert mit einer Drehzahl, die je nach gewünschten Anforderungen, einstellbar ist. Durch diese Umdrehungen wird die volle Umfangsgeschwindigkeit des Substrates erreicht, welches sich dabei



Quelle: www.roempp.thieme.de

Grafik 7: Aufbau Dekanter

an den Trommelmantel anlegt. Die enthaltenen Feststoffe setzen sich durch die wirkende Zentrifugalkraft an der Trommelinnenwand ab und werden durch die Schnecke, die eine langsamere Drehzahl hat, in Richtung des verengten Trommelendes transportiert. Durch Veränderung der Differenzdrehzahl der Schnecke kann die Aufenthaltszeit des Materials in der Trommel eingestellt werden, was wiederum Auswirkungen auf den im Endeffekt gewünschten TS-Gehalt hat. Am konisch geformten Ende der Trommel wird der Feststoff in das Gehäuse abgeschleudert und fällt von dort aus dem Dekanter in das darunter positionierte Lager. Die übriggebliebene Flüssigkeit fließt in die Richtung des Trommelendes. Dort befinden sich die Öffnungen, in denen sich die Wehrscheibe zur Justierung der Teichtiefe befindet. Über diese Öffnungen läuft die Flüssigkeit in das Ablaufgehäuse, wo es aufgefangen und anschließend abgeleitet wird. Bei der Anwendung der Wehrscheibe läuft die Flüssigkeit drucklos ab, weshalb im Anschluss zur Beförderung Pumpen verwendet werden müssen. Alternativ zu dieser Möglichkeit kann statt der Wehrscheibe eine verstellbare Schäl-scheibe angewendet werden, durch die der flüssige Substratanteil unter Druck abgeführt wird, was die Nutzung von anschließenden Pumpen erspart. Am häufigsten kommen in Biogasanlagen Schnecken-, genauer beschrieben



Quelle: www.strickhof.ch

Grafik 8: Aufbau Pressschnecke

Pressschneckenseparatoren, zum Einsatz (Grafik 8).

Diese werden genau wie Dekanter durch einen Elektromotor angetrieben.

Auf der Pressschnecke ist bei den meisten Anlagen ein Ausgleichsbehälter installiert, in den das zu separierende Material hineingepumpt wird. Aus diesem wird es kontinuierlich, je nach Einstellungen, in den Einlaufbereich der Schnecke befördert. Durch den eingebauten Siebkorb wird hier das Material aufgefangen und vorentwässert. Der flüssige Anteil sammelt sich unten im Gehäuse. Der Feststoff wird durch die Schnecke innerhalb des Siebs horizontal zum Einlauf nach vorne zur Presseinrichtung befördert. Die Presseinrichtung kann zum Beispiel ein Klappsystem sein, die auf den beförderten Feststoff drückt und somit weitere Flüssigkeit herauspresst. Der Druck wird durch ein Gewicht am Deckel der Klappe und eine Feder, die von oben nach unten wirkt, ausgelöst. Eine alternative zum Klappsystem ist ein Presszylinder, der ebenfalls bereits praktische Anwendung findet. Die abgetrennte Flüssigkeit läuft über den Gülleauslauf in einen Auffangbehälter und der rausgedrückte Feststoff fällt am Ende in ein gewünschtes Behältnis oder Zusatzsilo. Je nach Anwendung ist es möglich, die Größe des Siebes zu ändern, um damit den Durchsatz einzustellen. Um den Abscheidegrad zu ändern, kann man den Druck des Klappsystems beziehungsweise Presszylinders variieren, die Siebweite ändern und/oder die Größe der Sieblöcher größer oder kleiner dimensionieren. Abhängig von diesen Varianten verändert sich der Trockensubstanzgehalt des Feststoffs und der Flüssiggülle.

In der Biogasanlage Barleben wird die Pressschneckentechnik verwendet.

Durch die Größe der Anlage fällt eine sehr große Menge an Substratresten an. Deshalb werden zwei Pressschnecken parallel genutzt, um einen möglichst hohen Durchsatz am Separator zu erreichen.

## 4. Die Separation der Biogasanlage Barleben

### 4.1 Aufbau des mobilen Separators

Die Biogasanlage Barleben wurde 2011 errichtet und im Frühjahr 2012 in Betrieb genommen. Seit der Inbetriebnahme lief der Biogasprozess ohne Separation ab.

Bereits nach einem Jahr Betrieb gab es die ersten Ideen zur weiteren Optimierung der Anlage. Um die Möglichkeiten und Auswirkungen eines Separators zu testen, wurde im Sommer 2013 ein mobiler Separator installiert. Der mobile Separator der Firma agriKomp ist kompakt auf einem PKW Planenanhängen aufgebaut. (Bild 11)

Die mobile Variante besteht hierbei aus den gleichen Bestandteilen, wie der daraus entwickelte fest installierte Separator auf der BGA. Er besteht aus zwei parallel arbeitenden Pressschnecken, die bei dem Hersteller die Bezeichnung Quetschprofi haben.



Die Substratzufuhr wird durch eine Exenterschneckenpumpe mit 7,5kW realisiert, die das zu separierende Substrat in den Ausgleichsbehälter befördert, von dem es in die Pressschnecken gelangt. Für das abgepresste Wasser ist ein Sammelbehälter, sowie für den festen Gärrest ein PVC-Förderband auf dem Anhänger installiert.

Das Förderband hat eine Länge von 4,5m und eine Überladehöhe von 3,20m. Zur Stromversorgung und Ansteuerung ist ein Elektrosteuerschrank mit Frequenzumrichter für die Substratzuführpumpen eingebaut.

Der mobile Quetschprofi ist für den alternierenden Einsatz auf verschiedenen Anlagen gedacht und für den dauerhaften Betrieb an einem Standort weniger geeignet.

Ein Grund hierfür ist die Menge der Gerätschaften auf einem Raum von 460x194x240cm, den der PKW-Anhänger zur Verfügung stellt. Dadurch werden

Reinigungs- und Instandsetzungsarbeiten umständlicher. Der zweite Grund ist das geringe Lagervolumen.

Die maximale Höhe des Förderbandes ermöglicht nur eine geringe Silofläche, die sehr oft geleert werden muss. Der Presswassersammelbehälter ist ebenfalls relativ klein dimensioniert, um diesen mit auf dem Anhänger unterzubringen.

Der mobile Separator ist daher nur für den kurzzeitigen Einsatz geeignet und wurde aus diesem Grund auch nur für die Testphase und die Zeit der Planung bis zum Baubeginn des fest installierten Separators eingesetzt.

#### 4.2. Aufbau des fest installierten Separators

Nach einer erfolgreichen Testphase mithilfe des mobilen Separators wurde zu Beginn 2014 ein fest installierter Separator gebaut und im Mai des Jahres in Betrieb genommen.

Um eine große Menge flüssigen Gärrests aufzunehmen, wurde zuerst ein Presswasserbehälter aus Beton errichtet, der einen Durchmesser von 2,50m und eine Höhe von 3m hat. Damit fasst der Behälter knapp 30m<sup>3</sup> Presswasser und bietet auch bei einem sehr hohen Durchlass ausreichend Auffangvolumen. (Bild12)



Bild 12: Separator mit Presswasserbehälter und Silowand  
Quelle: eigenes Foto

Im Behälter befindet sich eine

Dreistabsonde, die dem Prozessleitsystem aufgeschaltet ist, um bei Unter- oder Überfüllung eine Warnung abzusetzen. Auf dem Behälter befindet sich ein Betondeckel mit Absturzsicherung und Treppenaufstieg. Für Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten ist im Betondeckel ein Mannloch, das durch eine Luke abgesichert ist. Der eigentliche Separator befindet sich, um Platz zu sparen, ebenfalls auf dem Presswasserbehälter. Wie auf dem Bild 13 zu sehen besteht der Quetschprofi aus zwei Pressschnecken, der Druckluftanlage und dem Ausgleichsbehälter.

Die Pressschnecken werden jeweils durch ein 3kW Strinradtriebemotor betrieben, die zur Schmierung mit einem zusätzlichen Ölausgleichsbehälter bestückt sind. Von dem Gehäuse der Pressschnecke führen PVC-Rohre ab, die die abgepresste Flüssigkeit in den Betonbehälter unterhalb abfließen lassen.



Bild 13: Pressschnecken mit Ölausgleichsbehälter, Druckluftanlage und Ausgleichsbehälter zur Substratzufuhr

An der Vorderseite der Schnecken ist ein Förderband mit einer Länge von 3m angebracht. Durch die Position des Separators und des Förderbandes wird eine Gesamthöhe von 4m erreicht. Der Auffang für den Feststoff ist von drei Silowänden, deren Höhe der des Presswasserbehälters gleicht, begrenzt. Durch eine Tiefe von 3m und einer Breite von 8m wird eine hohe Kapazität erreicht, um den Feststoff, selbst bei einer großen Durchflussmenge und permanenten Betrieb 12 bis 15 Stunden, zu sammeln und zu lagern.

Separat zum Quetschprofi befinden sich in der Pumpenhalle zwei Exzentrerschneckenpumpen zu je einer Leistung von 11kW. Eine Pumpe ist für die Zuführung des zu separierenden Materials aus dem jeweiligen Behälter zuständig, wohingegen die andere das flüssige Substrat aus dem Presswasserbehälter zurück in den gewünschten Nachgärer oder Endlager pumpt.

Der Schaltschrank mit dem zur Steuerung notwendigen Frequenzumrichter befindet sich ebenfalls in der Pumpenhalle. Von hier aus ist der gesamte Separationsprozess auf das Prozessleitsystem der Anlage aufgeschaltet und wird im Normalbetrieb automatisiert betrieben.

### 4.3. Funktionsweise

Bei der Fermentation werden die gesamten eingesetzten Rohstoff- und Güllemengen für die Biogaserzeugung benötigt. Daher wird hauptsächlich das Substrat aus einem der Nachgärer separiert.

Das Substrat kann aber auch aus allen anderen Behältern, über die Hauptverteilung, separiert werden. Das ist sinnvoll, wenn der TS-Gehalt zum Beispiel in den Gärrestlagern zu hoch wird und Schwimmschichten drohen.

Für die Zuführung des Materials ist eine Exzentrerschneckenpumpe vom Typ KL50S 114.0 von Wangen installiert worden, die das Substrat aus dem jeweiligen Behälter über die Hauptverteilung direkt in den Ausgleichsbehälter des Separators befördert. Die Zuführung wird automatisiert über das Prozessleitsystem gesteuert und pumpt das Material in zyklisch abwechselnden Stufen aus den Nachgärern beziehungsweise Gärrestlagern. Im

Bild 14 ist auf der rechten Seite die Zuführungspumpe mit eingehender Substratleitung und auf der linken Seite die Pumpe, die den abgepressten Flüssiganteil zurück in den gewünschten Behälter befördert, zu sehen. Der Ausgleichsbehälter ist nötig zur Aufnahme von überschüssigem Substrat, da im Normalfall mehr Substrat zum



Bild 14: Exzentrerschneckenpumpe für Substratzufuhr (rechts) und Abfuhr (links)

Separator gepumpt wird als dieser verarbeiten kann.

Im Ausgleichsbehälter befindet sich eine Füllstandssonde, die wenn der Behälter voll ist, das Signal gibt, die Zuführpumpe abzuschalten. Vom Ausgleichsbehälter auf dem Separator läuft das Substrat gleichmäßig über einen 4-Loch-Flansch in die beiden Pressschnecken, wo es wie im Punkt 3.3. beschrieben durch ein Spaltfiltersieb gepresst wird. Der flüssige Anteil wird direkt über ein angeschlossenes PVC-Rohr in den Presswasserbehälter abgeleitet. Von dort aus wird es durch die zweite Pumpe in den jeweiligen Behälter zurückgepumpt. An beiden Pressschnecken ist eine Druckluftanlage installiert. Diese ist direkt am Presszylinder angeschlossen. Über einen integrierten Druckregler kann die Restfeuchte des Feststoffanteils stufenlos gesteuert werden, was ebenfalls Einfluss auf das Volumen des anfallenden Presswassers hat. Ein weiterer Bestandteil der Druckluftanlage ist der Druckwächter, der kontrolliert, dass der anliegende Leistungsdruck auf die Pressschnecke nicht unter 1,5bar fällt, da ansonsten die Gefahr besteht, dass der Presskuchen innerhalb des Quetschprofis durchbricht. Bei einem Druckabfall unter 1,5 bar öffnet der Kontakt

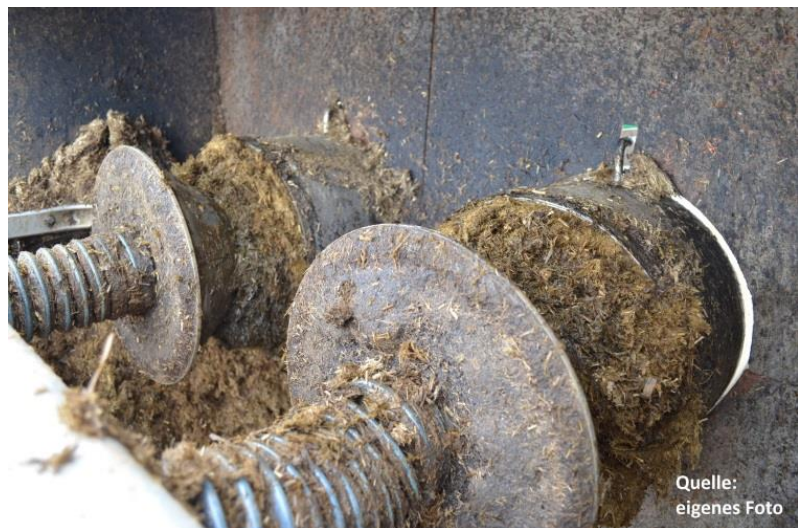


des Wächters, der Quetschprofi wird gestoppt und über das PLS wird eine Störmeldung ausgegeben. Weitere Instrumente sind eine Luftmengendrossel zur Leckageüberwachung, ein Filterregler zum Herausfiltern von Kondenswasser in der Druckluft und Einstellung des Luftdrucks für den Presszylinder und ein Öldruckregler. Der Öldruckregler beaufschlagt den Ölvorrat mit 0,4bar Druck, damit die Schmierung Gleitringdichtung dauerhaft gewährleistet ist.

Am Ausgang des Separators befindet sich ein Pressbügel mit einem pneumatischen Presszylinder und einem Presskegel, aus dem Feststoffanteil abfällt. Der Presszylinder ist zusätzlich mit einem Betriebsdruckablasshahn mit Entlüftungsöffnung, sowie einem Absperrhahn, ausgestattet.

Auf der Zylinderstange ist ein Faltenbalg befestigt, der die Ablagerung von Substrat verhindern soll, damit die Dichtungen nicht beschädigt werden.

Im Bild 15 sieht man die beiden Presskegel, an denen das feste Substrat rausgedrückt wird. Von dort fällt es auf ein Förderband, welches von einem kleinen Motor angetrieben wird. In



Quelle:  
eigenes Foto

einigen Anlagen ist der [Bild 15: Presskegel und Faltenbalg](#)

Lagerplatz für den Feststoff direkt unter dem Quetschprofi, weshalb ein Betrieb ohne Förderband möglich ist. Da der in Ebendorf installierte Separator auf dem Presswasserbehälter aufgebaut ist, muss der Feststoff weiter in Richtung Lagerplatz transportiert werden.

Vom Förderband fällt das Material zwischen die Silowände, wo es bis zur Umlagerung oder Abtransport gelagert werden kann. (Bild 16)



Quelle:  
eigenes Foto

[Bild 16: fester Gärrest mit Lagerplatz](#)

Laut dem Hersteller AgriKomp kann ein Quetschprofi je nach TS-Gehalt einen Durchsatz von 5 - 15m<sup>3</sup> pro Stunde schaffen. Mit zwei installierten Pressschnecken ist somit ein maximaler Durchsatz von 720m<sup>3</sup> am Tag erreichbar. Da der tägliche Durchsatz vom TS-Gehalt abhängig ist und der Separator nicht permanent, sondern zyklisch läuft, ist der durchschnittliche tägliche Durchsatz weitaus geringer. In Abhängigkeit von der verstellbaren Zykluszeit erreicht der Separator auf der Biogasanlage Barleben bei Normalbetrieb einen täglichen Durchsatz von ca. 200 bis 250m<sup>3</sup>.

Bei diesen Zahlen werden Ausfälle, sowie Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten außer Acht gelassen.

Nachdem separiert wurde und die flüssigen Anteile in die Gärrestlager gepumpt wurden, werden diese dort, bis zur Ausbringung als Dünger auf Ackerflächen, gelagert. Aus der täglichen separierten Substratmenge fallen pro Tag ca. 60t feste Gärreste an. Der Lagerplatz unter dem Separator reicht dabei nicht für eine längere Lagerung und muss regelmäßig geleert werden. Der Feststoff wird daher entweder in den Silagesilos angesammelt oder direkt durch die umliegenden Bauern abgeholt (Bild 17), die diesen bei sich einlagern oder direkt als Dünger auf ihre Ackerflächen ausbringen.



Bild 17: Doosan DL300 beim Beladen von festem Gärrest

## **5. Auswirkungen der Separation auf den Biogasprozess**

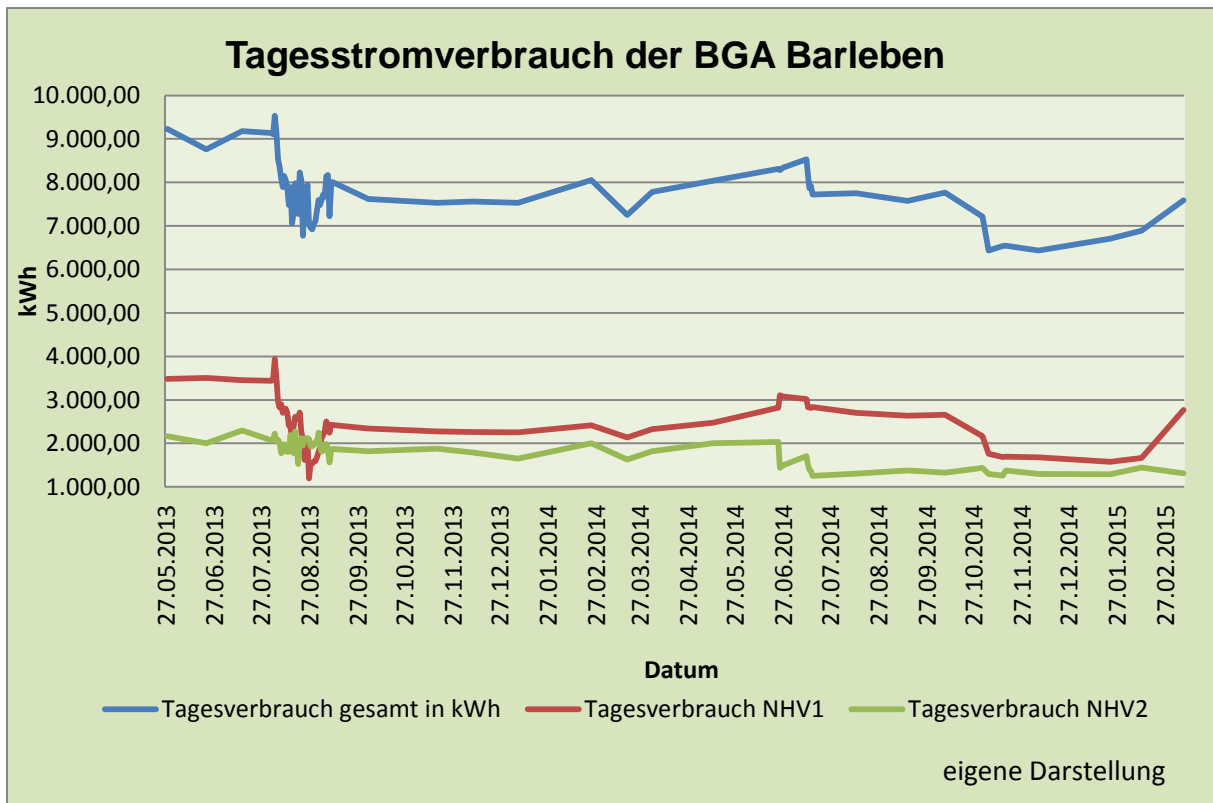
### **5.1. Auswirkungen auf den Eigenstromverbrauch**

Das Hauptziel des Einsatzes eines Separators auf der Biogasanlage Barleben ist die Einsparung von Strom, da der Eigenstromverbrauch der Anlage, durch die Vielzahl der Maschinen und Aggregate, sehr hoch ist. Diese Einsparung soll die Kosten verringern und die Anlage wirtschaftlicher gestalten.

Nachdem im Frühjahr 2013, ein Jahr nach der Inbetriebnahme, die hohen Kosten für den Eigenstromverbrauch erkannt wurden, sollte nach einer Lösung zur Verringerung des Verbrauchs gesucht werden. Nach kurzer Suche einer Optimierungsmöglichkeit wurde bereits im Sommer des gleichen Jahres, vorerst kurzzeitig, der mobile Quetschprofi gemietet. Seit dem Erkennen des Problems werden die verbrauchten Kilowattstunden stärker beobachtet und in Schriftform festgehalten. Die hier aufgenommenen Werte sind die Grundlage der nachfolgend erstellten Grafik und der darauffolgenden Auswertung.

Der Gesamtstromverbrauch wird durch vier Zähler aufgenommen und setzt sich aus dem Verbrauch der Biogasaufbereitungsanlage (BGAA), der Nebenanlagen und der Hauptverteilungen 1 und 2i zusammen. In der Niederspannungshauptverteilung 1 (NHV1) sind alle Verbraucher der Nachgärer und Gärrestlager aufgeschaltet, die auch alle Rührwerke der fünf Behälter beinhalten, sowie die Versorgung des BHKW's, der Leitwarte und Regenwasser- und Brunnenpumpen. Die NHV2 setzt sich aus dem Verbrauch der gesamten Fütterungsaggregate, der Rührwerke in den Fermentern und im Güllelager, sowie der Zuführ- und Rezirkulationspumpen zusammen. Der Tagesverbrauch von den Nebenanlagen, wie zum Beispiel Beleuchtung oder Alarmanlage, liegen mit einem durchschnittlichen Tagesverbrauch von etwas über 300kWh im Vergleich sehr gering. In diesem Bereich wurden bereits ebenfalls Optimierungsmaßnahmen mit der Umrüstung auf LED-Beleuchtung unternommen, was allerdings nur geringe Auswirkungen auf den Gesamtstromverbrauch hat. Der vierte Verbrauchsfaktor ist die Gasaufbereitungsanlage.

Da diese als Gesamtanlage arbeitet ist es hier schwer etwas am Stromverbrauch zu optimieren. Für die Auswirkungen des Separators auf den Stromverbrauch ist es daher sinnvoll hauptsächlich die Entwicklung der NHV1 zu betrachten.



Grafik 7

In der Grafik 9 sind die Kurven für den Tagesverbrauch von der NHV1 und der NHV2, sowie der Gesamtstromverbrauch der BGA Barleben pro Tag, zu sehen. Bis zum Sommer 2013 wurde die Anlage komplett ohne Separation betrieben. Hier ist in der Darstellung ein täglicher Gesamtverbrauch von ca. 9.000kWh, wovon allein der Anteil der Hauptverteilung 1 rund 3.500kWh beträgt, zu erkennen. Nachdem im Sommer 2013 das erste Mal der Quetschprofi zu Testzwecken eingesetzt wurde, erkennt man eine eindeutige Absenkung im Stromverbrauch, sowohl in der NHV1-Kennlinie, als auch in der Kurve des Gesamtverbrauchs. Der Verbrauch der NHV2 bleibt hingegen relativ konstant, was damit zu erklären ist, dass dort keine Rührwerke der Nachgärer bzw. Gärrestlager aufgeschaltet sind. Zum Beginn des Jahres 2014 steigt der Verbrauch wieder leicht an, da in dieser Zeit der mobile Separator außer Betrieb genommen wurde und der Bau des fest installierten Separators begann. Im Juni des gleichen Jahres wurde der feste Separator in Betrieb genommen, was sich ebenfalls in der Kurve widerspiegelt. Der weiter absinkende Stromverbrauch im Herbst 2014 ist darauf zurückzuführen, dass zwei der Gärrestlager und ein Nachgärer leer waren, da eine sehr große Menge des flüssigen Gärrests bis Ende Oktober als Dünger auf verschiedene Ackerflächen ausgebracht wurde. In den leeren Behältern waren während dieser Zeit die Rührwerke nicht in Betrieb. Über den

Winter wurden die Behälter nach und nach wieder befüllt worden, was somit die Wiederinbetriebnahme der Rührwerke bedeutete. Das erklärt den leichten Anstieg des Stromverbrauchs, zu Beginn des Jahres 2015.

Insgesamt stellte sich ein durchschnittlicher Tagesstromverbrauch von knapp unter 8.000kWh ein. Das sind im Durchschnitt 1.000kWh weniger als vor Anwendung der Separation.

Bei der Annahme von 19cent/kWh ergibt sich folgende Rechnung:

$$\text{Ersparnis pro Tag} = 1000\text{kWh} * 0,19\text{€} = 190\text{€}$$

$$\text{Ersparnis pro Monat} = 190\text{€} * 31 \text{ Tage} = 5.890\text{€}$$

$$\text{Ersparnis pro Jahr} = 190\text{€} * 365 \text{ Tage} = 69.350\text{€}$$

Nach dieser Rechnung ergibt sich durch den Einsatz eines Separators zur Fest-Flüssig-Trennung eine Ersparnis im Eigenstromverbrauch von fast 70.000€ pro Jahr. Der Quetschprofi auf der BGA Barleben hat mit Aufbau 45.000€ gekostet. Das bedeutet nach nicht einmal 8 Monaten amortisiert sich der Separator bereits von selbst durch die Einsparungen im Stromverbrauch.

Das wichtigste bei der Optimierung von Biogasanlagen, oder auch anderen Anlagen, ist die Amortisierung der Optimierungskosten und die damit verbundene Gewinnsteigerung.

Die Separation amortisiert sich sehr schnell und nachdem der Quetschprofi im letzten Jahr auf der Anlage in Ebendorf installiert wurde, hat er sich bereits jetzt abbezahlt und bringt größere Gewinne.

## **5.2. Auswirkungen auf die Lagerung**

Ein weiteres wichtiges Ziel der Separation ist die Platzeinsparung des Gärrestes.

Zur Lagerung stehen in Ebendorf zwei Nachgärer, mit je einem Fassungsvermögen von 2.300m<sup>3</sup>, und drei Gärrestlager, mit je 6.000m<sup>3</sup> Lagerkapazität, zur Verfügung. Das ergibt eine Gesamtkapazität von 22.600m<sup>3</sup>. Im Durchschnitt werden aus den Fermentern pro Tag 300m<sup>3</sup>, 150m<sup>3</sup> je Behälter, Substrat abgepumpt. Vom Frühjahr

bis zum Herbst gibt es bei der Lagerung keine Engpässe, da der Gärrest regelmäßig von den umliegenden Bauern abgeholt und auf die Ackerflächen als Dünger ausgebracht wird. Die Wirtschaftsdüngeverordnung verbietet allerdings die Ausfuhr über den Winter vom 01. November bis 31. Januar des Folgejahres.

Das bedeutet, dass das Lagervolumen das Substrat aus 92 Tagen aufnehmen können muss.

*anfallender Gärrest ohne Separation:*

$$300\text{m}^3 * 92 \text{ Tage} = 27.600\text{m}^3$$

Daraus ergibt sich zwischen der möglichen Lagerkapazität und des anfallenden Gärrestes, während des Ausbringverbotes, eine Differenz von  $5.000\text{m}^3$ .

Vor dem Einsatz des Separators wurde diese Differenz durch die Verringerung der Fütterung überbrückt. Hierbei kann sich auch die Gasausbeute verringern und bei geringerer Güllezufuhr steigt der TS-Gehalt und somit die Gefahr für Schwimmschichten innerhalb der Behälter.

Durch die Abpressung des Feststoffes wird das Volumen des flüssigen Gärrestes stark vermindert. Auf der Biogasanlage Barleben fallen durchschnittlich 60t abgepresster Feststoff durch die Separation an. Im Durchschnitt hat fester Gärrest eine Dichte von  $0,5 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$ . Aus dieser Annahme ergibt sich folgende Rechnung:

*Volumen täglich anfallender feste Gärrest:*

$$\frac{60\text{t}}{0,5 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}} = 120\text{m}^3$$

*Während der Zeit des Ausbringverbotes folgt daraus:*

$$120\text{m}^3 * 92 \text{ Tage} = 11.040\text{m}^3$$

*anfallender Gärrest mit Separation:*

$$27.600\text{m}^3 - 11.040\text{m}^3 = 16.560\text{m}^3$$

Die Separation verringert den Gärrest in den Behältern über drei Monate, also um über  $11.000\text{m}^3$ . Daher bleibt bei einem Lagervolumen von  $22.600\text{m}^3$  ein Puffer von  $6.040\text{m}^3$ , was einem kompletten Gärrestlager entspricht. Wenn bei schlechten

Wetterbedingungen schon vor dem 01. November oder nach dem 31. Januar nicht ausgefahren werden kann, ist genügend Platz, um mindestens noch einen Monat länger, den flüssigen Gärrest zu lagern.

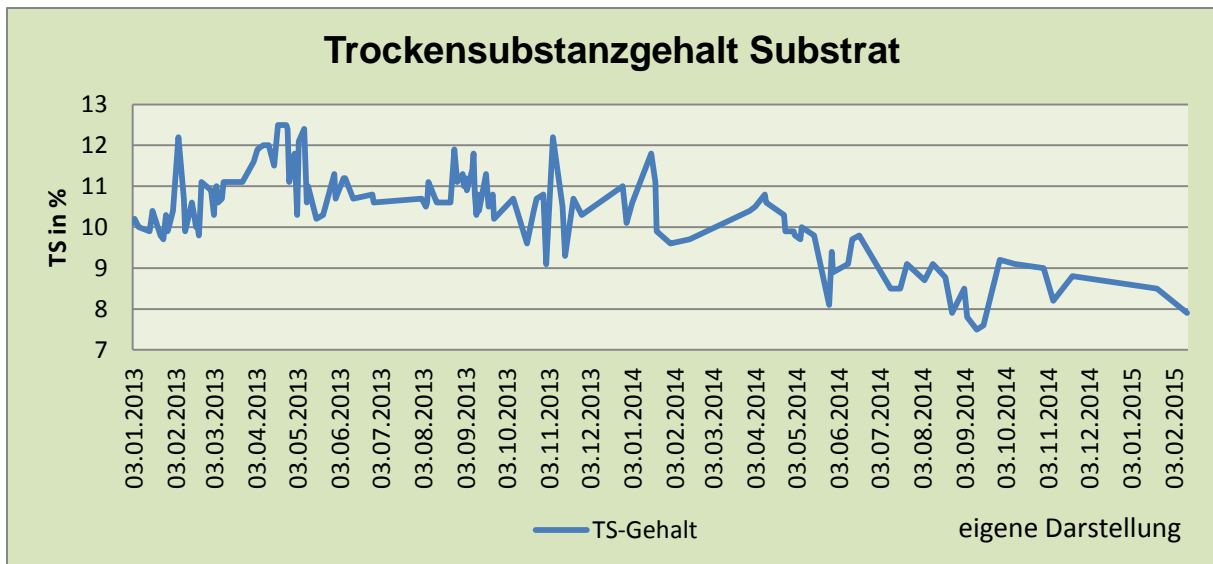
Eine weitere Auswirkung auf die Lagerung ist die Minimierung der Gefahr durch Schwimmschichten. Diese bilden sich schneller, wenn das Material sehr dickflüssig, also einen hohen Trockensubstanzgehalt hat. Dünne Schwimmschichten können mit Hilfe der Rührwerke meistens leicht wieder aufgerührt werden. Wenn sich allerdings die Schwimmschichten auf dem Substrat sehr schnell ausbreiten, ist es meistens nicht mehr möglich die Schicht mit den Rührwerken wieder aufzubrechen. Diesen Fall gab es bereits auf der BGA Barleben. In einem solchen Fall muss das jeweilige Foliendach komplett runtergenommen und der Behälter mit einem Bagger geleert werden. Dieser Einsatz ist sehr aufwendig und kostenintensiv, außerdem fällt der Behälter für mehrere Wochen für die Lagerung und Gasproduktion aus. Daher ist es sehr wichtig Schwimmschichten komplett zu vermeiden.

Der Trockensubstanzgehalt in den Behältern wird mindestens einmal monatlich durch Laborproben ermittelt.

Für den Versuch benötigt man Aluschalen, eine Waage und einen Ofen. Zuerst wird die Schale leer gewogen und das Gewicht notiert. Anschließend gibt man das Substrat in das Alubehältnis und wiegt erneut. Nach dem Notieren beider Gewichte kommt die Probe bei 120°C bis 130°C für ca. 2 Stunden in einen Ofen und wird getrocknet. Sobald das Substrat getrocknet ist, wird es erneut gewogen und das Gewicht der Schale abgezogen. Das erhaltene Gewicht wird dann durch das Anfangsgewicht geteilt und mit 100 multipliziert. Das Ergebnis ergibt den Trockensubstanzgehalt des Substrates in Prozent.

Für die Probe wird nur ein geringer Anteil aus dem Behälter gezogen, weshalb das Ergebnis nicht den genauen TS-Gehalt im gesamten Lager widerspiegelt. Trotz dauerhafter Durchmischung stellt sich nicht in allen Bereichen der gleiche Prozentsatz ein und das Probeergebnis ist als Richtwert zu sehen, denn die Probeentnahme erfolgt auf dem Pumpenweg, auf dem im Moment der Entnahme entweder sehr flüssiges Substrat oder auch Substrat mit einem hohem Feststoffanteil gepumpt werden kann. Daher können auch bei Proben, die zeitlich nah beieinander liegen, in Einzelfällen starke Schwankungen auftreten.

In der Grafik 10 sind diese Schwankungen ebenfalls erkennbar.



Grafik 8

Die dargestellte Kurve setzt sich aus den ermittelten TS-Werten in allen Behältern zusammen. Das bedeutet hier wurden nicht nur die Nachgärer und Endlager betrachtet, sondern auch die beiden Fermenter. Der Grund für den sinkenden TS-Gehalt in den Reaktoren, trotz der Separation aus den Nachgärern, ist die Rezirkulation. Das heißt, dass in regelmäßigen zyklischen Abständen wird nicht nur von den Fermentern das Substrat in die Nachgärer gepumpt wird, sondern ein geringer Teil auch wieder zurück geht. Das Ziel der Rezirkulation ist die bessere Durchmischung des Gesamtsubstrates, um die einzelnen Bestandteile des Materials gleichmäßig zu verteilen, sie zu homogenisieren. Das sorgt für bessere Milieubedingungen und trägt damit zur besseren Biogasentwicklung bei.

In der Grafik 10 ist der Betrachtungszeitraum von Januar 2013 bis Februar 2015 dargestellt.

Im gesamten Jahr 2013 sind besonders starke Schwankungen zu erkennen. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Durchmischung von Substrat mit einem hohem Feststoffanteil schwieriger ist, als bei einem niedrigen Anteil. Im Jahr 2013 liegt der Durchschnittstrockensubstanzgehalt in den Behälter bei ca. 11%. Zwar wurden bereits im Sommer 2013 erste Versuche mit dem mobilen Separator gemacht, doch bei der großen Menge an Substrat, musste über eine längere Zeit separiert werden, bis die Auswirkungen anhand des TS-Gehaltes in den Behältern zu erkennen waren. Erste Veränderungen sind zu Beginn 2014 zu sehen, der Feststoffanteil sank hier dauerhaft auf unter 11%. Seit der Inbetriebnahme des fest installierten Separators stellte sich nach und nach ein TS-Gehalt zwischen 8 und 9% ein.

Das bedeutet eine Senkung von fast 3%.



Daraus resultiert nicht nur die im Punkt 5.1. betrachtete Stromersparnis durch die sinkende Leistung der Rührwerke, da sich flüssigeres Material deutlich leichter durchmischen lässt, darüberhinaus wird auch die bereits erwähnte Gefahr der Schwimmschichten verringert.

Eine weitere Auswirkung der Separation auf die Lagerung ist der anfallende feste Gärrest, da dieser ohne die Fest-Flüssig-Trennung nicht anfällt. Die BGA Barleben erzeugt, wie bereits erwähnt, rund 60t, beziehungsweise 120m<sup>3</sup>, festen Gärrest am Tag. Die Lagerfläche unter dem Separator kann höchstens das produzierte Volumen eines Tages aufnehmen. Der gesparte Platz in den Endlagern muss also an anderer Stelle wieder erbracht werden.

Von Frühjahr bis Herbst ist die Lagerung dessen kein Problem, da auch der feste Gärrest regelmäßig abgeholt und auf die Ackerflächen ausgebracht wird. Da allerdings über die Wintermonate dasselbe Ausbringverbot auch für den festen Gärrest gilt, müssen ebenfalls Lagerflächen geschaffen werden. Ein gewisser Anteil kann an den freien Stellen innerhalb der vorhandenen drei Silokammern gelagert werden, aber über drei Monate reicht dieser Platz, wie der vergangene Winter zeigte, nicht aus. Das überschüssige Material musste hier vor den Silos gelagert werden, was die Zulieferer für Gülle, Putenmist etc. beim Antransport behinderte.

Aus diesem Grund sollte an dieser Stelle über den Bau einer weiteren Silokammer für die Lagerung des festen Gärrestes nachgedacht werden. Die Größe dieser Kammer, könnte dieselben Maße, wie die Substratkammern haben. Der Bau einer Silokammer ist dabei um ein vielfaches kostengünstiger, als der Bau eines weiteren Gärrestbehälters.

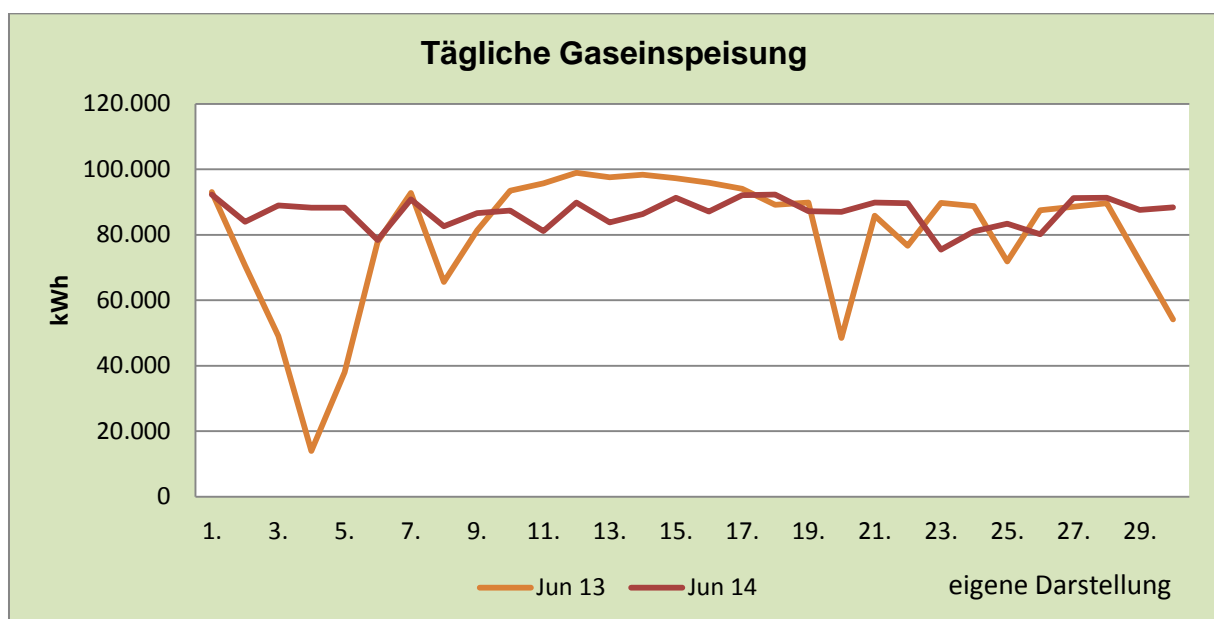
Insgesamt löst der Einsatz eines Separators zwei wichtige Probleme bei der Lagerung:

Zum einen wird eine Menge Platz in den Gärrestlagern gewonnen, um über die Zeit des geltenden Ausbringverbotes zu kommen und zum anderen wird die Gefahr für Schwimmschichten minimiert, wodurch bei eventuellem Auftreten eine große Menge an Arbeitskraft und Kosten eingespart werden können

Damit ist die Separation auch im Bereich der Lagerung ein großer Einflussfaktor und trägt zur Optimierung von Biogasanlagen bei.

### 5.3. Auswirkungen auf den Gasertrag

Nach den beiden Haupteinflüssen der Separation ist nun zu untersuchen, ob es auch Auswirkungen auf die Biogasproduktion, beziehungsweise auf den Biogasertrag gibt. Informiert man sich über den Separationsprozess in Fachzeitschriften, Büchern oder dem Internet, sind dort meist nur die Hauptziele der Platzeinsparung und sinkendem Stromverbrauch zu finden. Zur Untersuchung des Einflusses auf die Gasproduktion wird die tägliche Gaseinspeisung der Biogasanlage Barleben vor und nach der Inbetriebnahme der Separation verglichen.



Grafik 9

In der Grafik 11 ist der Vergleichsmonat Juni, zum einen im Jahr 2013 und zum anderen im Jahr 2014, dargestellt. Im Juni 2013 sind ganz erhebliche Schwankungen für die täglich eingespeiste Gasleistung zu erkennen. Hier gibt es Differenzen von über 80.000kWh. An einigen Tagen wurde sehr viel, und an anderen sehr wenig in das öffentliche Gasnetz eingespeist. Im Vergleich dazu, zeigt die rote Kennlinie die Einspeisung nach der Inbetriebnahme im Juni 2014. Die Schwankungen dieser betragen nur ca. 5.000kWh und ergeben somit eine relativ ausgeglichene Linie mit einer hohen Einspeiseleistung von um 90.000kWh pro Tag. Der Rückschluss, dass dies etwas mit der Separation zu tun hat, lässt sich aus zwei Gründen ziehen: Zum einen sind das die Schonung der Aggregate, durch das flüssigere Substrat, und zum anderen die gleichmäßigere Ausgasung der Bakterien.

Durch die Verringerung des TS-Gehaltes brauchen nicht nur die Rührwerke weniger Leistung, sondern auch die Pumpen.

Flüssigeres Material lässt sich leichter durch die Rohrleitungen transportieren, wodurch Pumpen, Rohrleitungen, Schieber und alle anderen, an den Pump- und Rezirkulationsprozessen beteiligten Gerätschaften, geschont werden. Diese Schonung hat längere Laufzeiten und Wartungsintervalle zur Folge. Außerdem wird die Anzahl der Störungen und Ausfälle minimiert. Das kontinuierlichere Durchlaufen der Maschinen ist dabei die Voraussetzung für eine gleichmäßig kontinuierliche Gasproduktion.

Der zweite Grund ist die kontinuierlichere Gasproduktion, die durch die Separation erreicht wird.

Wie auf den vorhergehenden Seiten bereits erwähnt, lässt sich flüssigeres Substrat besser und leichter mit Hilfe der Rührwerke durchmischen. Das kurbelt einerseits die Reaktionsfreudigkeit der Bakterien an und zum anderen gelangt das entstehende Gas leichter an die Oberfläche. Durch das Rühren wird erreicht, dass Bakterien aus tieferen Schichten an die Oberflächen gelangen, wodurch das Biogas direkt nach oben in die Gasblase abziehen und dem weiteren Prozess zugeführt oder gespeichert werden kann.

Ein weiterer Grund für die gleichmäßigere Gasproduktion ist, dass das entstehende Gas der Bakterien aus den untersten Bereichen der Behälter leichter nach oben steigen kann. Die Bakterien ganz unten gelangen bei dem Volumen und der Höhe der Behälter selbst durch ständiges Rühren, bei einem hohen Feststoffanteil, nur schwer an die Oberfläche. Das Biogas, welches hier entsteht, muss also durch das gesamte Substrat im gesamten Behälter, um an die Oberfläche zu gelangen. Je geringer der Trockensubstanzgehalt des Substrates ist, desto durchlässiger ist dieses für das entstehende Gas. Auch aus diesem Grund ist eine kontinuierlichere Biogaserzeugung möglich.

Am Beispiel der Gasproduktion sieht man, dass es nicht nur die Hauptauswirkungen des Separators auf den Biogasprozess gibt, sondern, dass es auch positive Auswirkungen auf die Einspeisung gibt. Die Einspeiseleistung ist im Endeffekt der Faktor, an dem eine Biogasanlage gemessen wird. Dadurch ergibt sich ein weiterer Grund für den Einsatz der Fest-Flüssig-Trennung für die Optimierung von Biogasanlagen.

#### 5.4. Auswirkungen auf die Gärrestverwertung

Die Verwertung der Gärrückstände wird über die Nutzung als organischer Dünger für landwirtschaftliche Ackerflächen realisiert. Der Gärrest als Dünger hat zwei Vorteile gegenüber dem chemisch produzierten Mineraldünger: Zum einen ist dieser durch die Preissteigerungen des Mineraldüngers, trotz Transportkosten günstiger, und zum anderen hat Gärrückstand einen höheren Nährstoffwert. Im Wesentlichen setzt sich der Gärrest aus Stickstoff, Ammonium, Phosphor, Kalium, Magnesium, Kalzium und Schwefel zusammen.

In Abhängigkeit von den eingesetzten Rohstoffen zur Biogaserzeugung können auch geringe Mengen Schadstoffe, wie Schwermetalle, enthalten sein. Für diese gibt es durch die Düngemittelverordnung (DüV) vorgeschriebene Grenzwerte. Ausnahmen hierbei sind Kupfer und Zink, die nicht als Schadstoffe, sondern zu den Spurenelementen gehören. Das bedeutet, diese sind für einen erfolgreichen Biogasenstehungsprozess notwendig.

Für das Inverkehrbringen und die Beförderung von Gärrest als Dünger gibt es Aufzeichnungs- und Meldepflichten für die Abgeber, Beförderer und Empfänger. Diese sind in der Wirtschaftsdüngerverordnung (WDüngV) festgelegt. Diese regelt die Aufzeichnungen über betroffene Personen und Firmen, die vorgeschriebenen Mengen an Stickstoff und Phosphat, sowie die zeitliche Ausbringung. Außerdem schreibt die WDüngV die Meldepflicht vor, was bedeutet, dass jede Ausbringung spätestens einen Monat nach Abschluss des Transportes, der zuständigen Behörde mitgeteilt werden muss.

Die Vorschriften gelten auch bei dem Einsatz von flüssigem und festem Gärrest aus der Separation.

Durch diese Trennung wird nicht nur der feste vom flüssigen Anteil abgetrennt, sondern es erfolgt ebenfalls eine Nährstoffauftrennung. Der lösliche, mineralische Stickstoff bleibt dem flüssigen Gärrückstand enthalten und der organisch gebundene Stickstoff und Phosphor bleibt hauptsächlich im festen Rückstand zurück.

Der auf der Biogasanlage Barleben entstehende feste und flüssige Gärrückstand wird unmittelbar ohne weitere Aufbereitung den Ackerflächen als Dünger zugeführt. Anlagen, die für die Ausbringung längere Transportwege haben, können den Gärrest weiter aufbereiten.

Fester Rückstand kann zum Beispiel durch Kompostierung und Trocknung eine bessere Transportfähigkeit erreichen, wobei der flüssige Anteil durch den Einsatz von Membrantechnik, Eindampfung oder Strippung weiter aufbereitet werden kann.

Durch die Separation schafft man den Bauern vor Ort eine größere Auswahlmöglichkeit, wodurch je nach Bodenbeschaffenheiten entschieden werden kann, welche Art des Gärrestes eine bessere Düngewirkung erzielen.

Die Feststoffe aus der Separation sind aufgrund ihrer Eigenschaften vergleichbar mit Frischkompost, und können als solcher auch auf die Äcker ausgebracht werden.

Das ist besonders bei Böden mit geringen Humusanteilen, das bedeutet, mit geringer organischer Substanz, gewünscht. Fester Gärrest hat einen besonders hohen Humusanteil und kann daher den Gehalt auf humusarmen Böden erhöhen, um eine bessere Düngewirkung zu erreichen. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Feststoff extra vermarktet werden kann und somit eine weitere Einnahmequelle schafft, um die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage weiter zu steigern. Zurzeit liegt der Preis für eine Tonne festen Gärrest bei einem Euro.

Da dieser für die umliegenden Bauern neu ist, gilt es erstmal einen Markt zu schaffen, um dann den Preis etwas zu erhöhen und damit die Einnahmen und die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlage zu erhöhen. Der flüssige Anteil aus der Separation wird nicht nur als Dünger verwendet, sondern wird ebenfalls zur Rezirkulation genutzt und somit dem Biogasprozess wieder zugeführt. Der Vorteil der Fest-Flüssig-Trennung bei dem Flüssiganteil ist, dass durch den verringerten TS-Gehalt, eine genauere Ausbringung auf die Ackerflächen möglich ist und der Ammoniumverlust gemindert wird.

Da sich durch die Gärrestaufbereitung mit der Separation die Phosphoranteile in der flüssigen Phase verringern, lassen sich davon größere Mengen zur Düngung ausbringen. Dadurch vergrößert sich die Düngeleistung auf diesen Ackerböden.

Die Separation hat damit auch starke Auswirkung auf den Gärrest, sowie deren Ausbringung, und bietet dem Gärrest vielfältigere Einsatzmöglichkeiten in der Landwirtschaft und Düngerproduktion.



Bild 18: Gülle-LKW bei der Abholung von flüssigem Gärrest

## 6. Zusammenfassung

Die Ziele dieser Arbeit waren den Prozess der Separation zu durchleuchten und deren Auswirkungen auf den gesamten Biogasprozess aufzuzeigen.

Die Fest-Flüssig-Trennung ist vom Prinzip her kein schwieriger Prozess. Obwohl diese erst seit ein paar Jahren in der Biogastechnologie angewandt wird, ist das Prinzip des Trennens von festem und flüssigem Material durch die Anwendung von Pressdruck nicht neu und wird schon seit Jahrhunderten in den verschiedensten Lebensbereichen angewendet.

Die technische Umsetzung der Presstechnik in Biogasanlagen stellt heutzutage kein Problem dar und entspricht dem neusten Stand. Dadurch wird bereits auf vielen modernen Biogasanlagen die Separation angewendet und ältere Anlagen werden nachgerüstet.

Die Untersuchung ergab, dass die Separation auf viele Prozesse innerhalb der Biogaserzeugung Einfluss hat.

Nicht nur die Hauptziele der Verringerung des Eigenstromverbrauchs und der Platzersparnis werden erreicht, sondern auch nebensächliche Auswirkungen, wie Senkung der Schwimmschichtgefahr, stabilere Gaserträge oder Schonung der Motoren- und Pumpentechnik tragen zur Optimierung von Biogasanlagen bei.

Jeder Anlagenbetreiber ist darauf fixiert seine Anlage so wirtschaftlich wie möglich zu betreiben, weshalb Investitionen von fast 50.000€ erst einmal in Frage gestellt werden.

Die genauere Betrachtung hat zum Ergebnis, dass diese Investition sehr lohnenswert ist. Allein durch die Ersparnis von fast 6.000€ monatlich am Eigenstromverbrauch lässt den Separator innerhalb eines dreiviertel Jahres amortisieren und bringt von diesem Augenblick an eine enorme Ersparnis.

Ein Problem, welches viele Anlagen haben, ist der Platzmangel für Gärrest in den Endlagern über die Zeit des Ausbringverbotes. Das Beispiel der Biogasanlage Barleben zeigt, dass durch die Separation ein so großes Volumen eingespart wird, sodass diese Zeit ohne Probleme überbrückt werden kann. Selbst bei schlechter Wetterlage, die die Ausbringung weiter verzögern können, ist eine weitere Lagerung von ein bis zwei weiteren Monaten möglich.

Zwar muss über dieselbe Zeit der feste Gärrest eingelagert werden, doch meistens ist die Lagerung in einem nahegelegenen Silagesilo kein Problem. In den meisten

Fällen, haben die Bauern eigene Siloflächen, in denen sie den Feststoff unterbringen können. Mit flüssigem Gärrückstand ist das nicht möglich. Sollte dazu keine Möglichkeit gegeben sein, resultiert daraus der einzige Nachteil der Anwendung der Separation: Es müsste ein weiteres Silo gebaut werden, welches zusätzliche Kosten erzeugt. Allerdings sind diese Kosten geringer als der Bau eines weiteren Gärrestlagers und können dem Amortisierungszeitraum des Separators zugerechnet werden. Dieser würde sich damit verlängern, würde sich aber trotzdem nach ein bis anderthalb Jahren rentieren.

Bezieht man die ersparte Zeit für mögliche Ausfälle in die Rechnung mit ein, würde sich die Amortisierungszeit noch weiter verringern. Diese Nebenauswirkungen lassen sich zum Großteil auf den verringerten Trockensubstanzgehalt innerhalb der Behälter zurückführen.

Die Minimierung der Gefahr durch Schwimmschichten, die Schonung der Pumpen und Motoren, die wiederum Auswirkungen auf Wartungsintervalle und Reparaturen haben, und die festgestellte gleichmäßigere Gasproduktion, mit der daraus resultierenden höheren Einspeiseleistung, tragen zu dieser Kostenersparnis bei.

Die Auftrennung des festen und flüssigen Gärrestes hat ebenfalls Vorteile für die Ausbringung. Es kann besser auf die Bodenbeschaffenheiten eingegangen werden, da die Trennung des Gärrückstandes auch die Inhaltsstoffe trennt und somit beide Phasen unterschiedliche Nährstoffgehalte haben. Zusätzlich ergibt der anfallende Feststoff eine weitere Einnahmequelle für Biogasanlagenbetreiber, was zur schnelleren Amortisierung beiträgt und die Wirtschaftlichkeit der Anlage stärkt.

Aus diesem Ergebnis lässt sich das Gesamtergebnis schlussfolgern, dass der Einsatz der Separation einen großen Anteil zur Optimierung einer Biogasanlage beiträgt, da nicht nur die Voraussetzungen in einem Bereich verbessert werden. Die Verbesserungen in den vielen Bereichen haben dadurch einen positiven Einfluss, sowohl auf die technische Seite der Anlage, als auch auf die wirtschaftliche Seite.

Um auch in Zukunft die Biogasanlage weiter zu optimieren, gab es bereits erste Untersuchungen zum Einsatz einer Strippungsanlage, für die weitere Aufbereitung der Gärrückstände. Die weiteren, bereits genannten, Aufbereitungsarten, könnte man in zukünftige Überlegungen einbeziehen, um das Gärprodukt gewinnbringender zu vermarkten und einen größeren Absatz zu schaffen.

## Abkürzungsverzeichnis

BGA:	Biogasanlage
BMWi:	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
TWh:	Terrawattstunden
EEG:	Erneuerbare-Energien-Gesetz
kWh:	Kilowattstunde
TS-Gehalt:	Trockensubstanzgehalt
GPS:	Ganzpflanzensilage
HTK:	Hühnertrockenkot
QZ:	Querstromzerspaner
PP:	Polypropylen
BHKW:	Blockheizkraftwerk
KWK:	Kraft-Wärme-Kopplung
PLS:	Prozessleitsystem
DüV:	Düngeverordnung
WDüngV:	Wirtschaftsdüngerverordnung
BGAA:	Biogasaufbereitungsanlage
NHV:	Niederspannungshauptverteilung



## Quellenverzeichnis

- (1) Eder, Barbara: Biogas Praxis, 5. Ausgabe (2012)
- (2) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR): Leitfaden Biogas – Von der Gewinnung zur Nutzung, 5. Auflage (2010)
- (3) Kaltschmitt, Martin: Energie aus Biomasse – Grundlagen, Techniken und Verfahren (2009)
- (4) Geitmann, Sven: Erneuerbare Energien und alternative Kraftstoffe – Mit neuer Energie in die Zukunft (2015)
- (5) agriKomp: Datenblatt mobiler Quetschprofi
- (6) agriKomp: Betriebsanleitung Pressschneckenseparator – Quetschprofi
- (7) Schachtbau Nordhausen Bau: Betriebsanleitung Biogasanlage Barleben
- (8) Fachverband Biogas e.V.: Biogas Branchenzahlen Prognose 2014 und 2015
- (9) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi):  
Energierohstoffbericht (2006)
- (10) Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Frey: Maschinelle Ausrüstung der Schlammbehandlung  
TU Wien / Institut für Wassergüte

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Bachelorarbeit selbstständig und lediglich unter der Benutzung, der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe.

Weiterhin versichere ich, dass die vorliegende Arbeit noch nicht im Rahmen eines anderen Prüfungsverfahrens eingereicht wurde.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift