Jugend forscht-Wettbewerb Nordrhein-Westfalen 2017

Kostengünstige und möglichst effektive Biogasanlage

Die eigene Biogasanlage auf dem momentanen Stand. Foto: Jennifer Eiring

St. Michael Gymnasium

Betreuer: Dennis Nebe

Gwendolin Münch, 17
Jennifer Eiring, 16
Aileen Jahr, 17

Fachgebiet: Biologie

KURZFASSUNG

Jeder Haushalt verursacht Abfall, doch in diesem und insbesondere im Bioabfall schlummert großes, bislang nur selten genutztes Potential; denn anstatt diesen abholen zu lassen und dafür auch noch Geld zu bezahlen, nutzt man ihn selbst um seinen Haushalt mit Methangas, beispielsweise für den Herd, zu versorgen.
In unserem Projekt geht es darum so günstig und simpel, doch gleichzeitig so effektiv, wie möglich eine Biogasanlage zu entwerfen, die sich jeder Haushalt leisten und nutzen kann. Wir wollen die Ausbeute an Methangas bis ans Maximum erhöhen und auch beschleunigen. Dazu verwenden wir neben Möglichkeiten zur Erwärmung der Biomasse auch spezielle Pilzstämme, welche den Abbauprozess beschleunigen, ebenso wie auch ein Rührsystem.
Die übrige Biomasse, kann nach dem Methangasgewinn getrocknet und hervoragend als Dünger für den Garten verwendet werden. So ist die Effektivität hoch und der anfängliche Geldaufwand sehr gering. Die nötigen Ressourcen um die Anlage zu betreiben, sind alltägliche Bioabfälle, Grünschnitt, Kot, bevorzugt von Pflanzenfressern, Kompost und andere organische Abfälle.
Dies alles zu erreichen bedarf weder großem handwerklichen Geschick, noch einer prall gefüllten Geldbörse. Für die wohl günstigste und simpelste Methode bedarf es lediglich einiger Gefäße, Schläuche und selbstverständlich Bioabfall, doch wer lieber eine größere Menge eines reineren Produktes erhalten möchte, muss nur unwesentlich mehr investieren als bei dem Standardmodell, jedoch bleibt die Funktionsweise identisch: Der Bioabfall wird unter Luftausschluss in einem Eimer o.ä. vergärt, wodurch Faulgas entsteht. Dieses kann durch weitere Schritte, mithilfe von einem Wasserbad, Stahlwolle und einem Kompressor, gereinigt, aufbereitet und als reineres Methangas abgefüllt werden. Hierfür werden der Biomasse bestimmte Pilzstämme zugesetzt, welche die Zersetzung von Zellulose erheblich beschleunigen und die Ausbeute erhöhen, was ebenfalls durch die Verwendung einer Heizquelle begünstigt wird und durch zusätzliche Bewegung, welche durch ein Rührstab mit angebautem Motor hervorgerufen wird, findet die Reaktion sogar noch schneller und gleichmäßiger statt. Das Gas wird anschließend durch Schläuche in einen Wassertank und durch Stahlwolle geleitet um letztlich mithilfe eines Kompressors in eine Gasflasche gefüllt zu werden.
Die Funktion der einzelnen Teilschritte lief beinahe problemlos und wie erwartet ab, jedoch hatten wir geringfügige zeitliche Schwierigkeiten, da wir unsere Konstruktion recht häufig umdenken mussten, welche uns das Zusammenfügen der Einzelteile zu einem Ganzen versagten.
Dies ist der erste wichtige Schritt zur Fortsetzung des Projekts, ebenso wäre die Verwendung eines Drucksensors, welcher bei einem bestimmten Druck automatisch den Kompressor anschaltet um einen Überdruck auf dem gesamten System zu vermeiden, sicher von Vorteil. Diese Schritte auszuführen wird sicher noch etwas Zeit beanspruchen, weshalb wir diese hier nur hypothetisch darlegen können, jedoch wird es bis zum festgelegtem Termin der Präsentation fertig und einsatzbereit sein.

INHALTSVERZEICHNIS

1	**Einleitung**	**Seite 1+2**
2	**Vorgehensweise, Materialien, Methode**	**Seite 2-8**
2.1	Stationen einer Biogasanlage	Seite 2+3
2.2	Erste Versuche	Seite 3
2.3	Materialien	Seite 3+4
2.4	Aufbau im Wandel (Theorie)	Seite 4-7
2.4.1	Idee 1.0 - „Natursprung“	Seite 4+5
2.4.2	Idee 2.0 - „Ralf Suhr“	Seite 5+6
2.4.3	Idee 3.0 – erste Schritte zum eigenen Design	Seite 6+7
2.4.4	Idee 4.0 – finales Modell	Seite 7
2.5	Vorgehensweise	Seite 8
3	**Ergebnisse**	**Seite 9-11**
3.1	Mischverhältnis-Versuch	Seite 9+10
3.2	Durchlauf in der Anlage	Seite 10+11
3.3	Wirtschaftliche Ergebnisse	Seite 11
4	**Diskussion**	**Seite 11-13**
5	**Zusammenfassung**	**Seite 13+14**

1. EINLEITUNG

Eine gute Idee zu finden ist nicht immer einfach. Manchmal fällt einem plötzlich einfach etwas Brillantes ein und zu anderen Zeiten will einem partout keine Idee kommen. Und dies war auch das Problem unserer Forschungsgruppe, bestehend aus Aileen Jahr, Jennifer Eiring und meiner Wenigkeit, Gwendolin Münch. Unsere Motivation ein legendäres Projekt zu schaffen war hoch, jedoch die Ideenquote für besonders gute eher gering.
Wir beschrieben eine halbe A4 Seite mit allem, was uns in den Sinn kam, mit Problemen, die einer Lösung bedurften, doch welche bereits existierten oder nicht von allen Gruppenmitgliedern angenommen wurden.
Zu den meist diskutierten Ideen gehörten die Themen **„Schimmelpilze weiter verwenden“**, was zum Zweck hatte, verschimmelte Lebensmittel noch anderweitig zu verwenden, was mit dem folgenden Thema **„Biotreibstoff aus organischen Abfällen herstellen“** gut zusammen passte. Diese Idee war angelehnt an den zweiten Teil von „Zurück in die Zukunft“, wo der Delorean anstatt mit Plutonium mit gewöhnlichen organischen Abfällen betrieben wird. Und die dritte Idee **„Pflanzen-Strom-Generator“** bestand darin, die bei der Fotosynthese entstehenden Elektronen aufzufangen und als Strom zu nutzen.
Also griffen wir zu den Tablets und begannen zu recherchieren.
Das erste Thema war für uns bereits nach kurzer Zeit wieder ausgeschieden, da sich auch im Internet keine Antworten zur Umsetzung dieser Idee fanden und sich beinahe jede Internetseite mit der Giftigkeit und den schlechten Eigenschaften der Schimmelpilze befasste und es kaum eine gab, die über Anwendungsmöglichkeiten oder positive Aspekte eben dieser informierte.
Also haben wir uns aufgeteilt, die anderen beiden Themen auf Realisierbarkeit und mögliche Umsetzungsideen zu prüfen.
Jenni und Aileen haben das Thema des Stromgenerators genauer unter die Lupe genommen und festgestellt, dass die Reststoffe der Fotosynthese von Bakterien zersetzt und zu Elektronen verarbeitet werden, welche man mittels Kathode und Anode aufnehmen und zum betreiben elektrischer Geräte verwenden kann.
Ich habe mich über den Biotreibstoff informiert und auch einige Artikel über Versuche gefunden in welchen genmanipulierte Kolibakterien verwendet wurden um die Zellulosebestandteile aus den Abfällen in Glucosemoleküle aufzuspalten um aus diesen dann die Energie für den Treibstoff zu gewinnen. Durch diesen Artikel war auch schon sehr weit am Anfang der Wunsch entstanden auf zusätzlich hinzugefügte Enzyme, Pilze oder Bakterien zu setzen um die Geschwindigkeit und die Ausbeute zu erhöhen.
Allerdings wurden wir durch unseren Lehrer darauf aufmerksam gemacht, dass Experimente mit Kolibakterien nur schwer und aufwändig realisierbar wären, da bestimmte Stämme dieser Bakterien Auslöser der Krankheit EHEC (Enterohämorrhagische *Escherichia coli*) waren und deswegen für Schulprojekte mit mangelnden Schutzvorrichtungen ungeeignet seien. Jedoch waren die Kolibakterien nicht unsere einzige Chance Pilze, Bakterien oder Enzyme zu verwenden, also haben wir nach weiteren Artikeln gesucht, welche sich mit dem Thema befassten und kamen auch recht schnell zu Pilzstämmen, die besonders häufig in den Därmen pflanzenfressender Tiere auftreten. Das einzige Problem: Es waren keine Namen oder Bezeichnungen dieser Stämme gegeben und ließen sich auch nicht rausfinden.

So waren letztlich noch zwei Ideen übrig: Der Pflanzen-Strom-Generator und eine

Biogasanlage betrieben mit beispielsweise Kot und anderen organischen Abfällen. Und nach einiger Überlegung und Abwägung entschieden wir uns dafür die Idee der Biogasanlage weiter auszuführen, da dies die Überlegung zu „Zurück in die Zukunft II“ erneut aufgriff und weiterführte und darüber hinaus auch unsere Intention „Abfall“ weiter zu verwenden, anstatt extra neue Pflanzen anzubauen um diese frischen Lebensmittel anstelle, der nicht mehr anders Brauchbaren zu nutzen, berücksichtigt. Ein weiterer verstärkender Faktor diese Idee anzunehmen, war das Verwerfen des Pflanzen-Strom-Generators, denn dies ist eine noch sehr neue Entdeckung, wodurch sie kommerziell stark geschützt ist und uns eine ausführliche Recherche unmöglich machte.
Nun also zurück an die Tablets um eine explizitere Sicht auf das Projekt und die Herangehensweise zu erlangen.
Besonders auffallend war bei der Recherche eine Reihe von Videos, in welchen das Nachbauen und die Funktionsweise der gebauten Biogasanlage im Mittelpunkt standen und woraus sich einige Planzeichnungen ableiten ließen. Die Anlagen in den Videos waren auf eine hohe Ausbeute des gewünschten Gases ausgelegt und bestanden folglich aus dicken Rohren und großen Regentonnen. In unserem Prototypen wählten wir jedoch eine kleinere Dimension, da uns dies die Umsetzung erheblich erleichterte und die Aufmerksamkeit auf die eigentliche Funktionsweise richtete.
Dieser Teilbereich der Biotechnologie ist zwar bereits ausgiebig erforscht und auch große Industrien bedienen sich inzwischen dieser Technik, jedoch schreckt es uns keines Wegs ab. Unser Ziel ist es, die industrielle Massenproduktion von hochwertigem Methangas mit den einfachen, kostengünstigen Methoden der Selbstbetreiber aus oben erwähnten Videos, wie beispielsweise „Ralf Suhr“ zu verknüpfen und somit ohne großen Aufwand von Arbeit und Kosten ein hochwertiges Produkt zu kreieren, auf welches jeder Betreiberhaushalt unabhängig zugreifen kann.

2. VORGEHENSWEISE, MATERIALIEN, METHODE

2.1 STATIONEN EINER BIOGASANLAGE

Egal welche Anleitung man sich angesehen hat, sie hatten alle vier grundlegende Ablauf-Stadien, weswegen es auch einen gewissen Spielraum der Materialwahl gibt. Im ersten Schritt muss überhaupt erst einmal eine, mit Wasser verdünnte, Mischung aus zerkleinerten organischen Abfällen, bevorzugt Pflanzenfresser-Kot, Kompost und Grünschnitt, angesetzt werden, wobei Regenwasser vorteilhafter ist als Leitungswasser, da in diesem bereits einige Mikroorganismen vorhanden sind, welche die Zersetzung beschleunigen.
Um im zweiten Schritt das entstandene Methangas von dem restlichen Wassergehalt zu befreien, wird das Gas kurzerhand durch ein, mit Wasser gefülltes, Behältnis geleitet, wodurch die Wasserbestandteile des Gases an das umgebende Medium, Wasser, abgegeben werden.
Der folgende dritte Schritt besteht aus der Reinigung des Gases von unangenehmen Gerüchen, die durch den Schwefelwasserstoff hervorgerufen werden. Dazu wird das Gas durch ein mit Stahlwolle befülltes Rohr befördert und wie auch bei Stahlseife, neutralisiert der Edelstahl die unangenehmen Gerüche durch Absorption dieser oder er verhält sich als Katalysator und „ermöglicht dadurch deren [geruchsauslösende Stoffe]

Oxidation in wasserlösliche und nicht gasförmige Substanzen.“ (→ Literaturverzeichnis, Stahlseife)
Der vierte und letzte Schritt besteht, völlig simpel, aus dem Auffangen des Gases in einem adäquaten Behältnis. Darin kann es dann bis zur Nutzung gelagert werden.

2.2 ERSTE VERSUCHE

Bevor wir uns jedoch mit der Auswahl und Beschaffung, ebenso wie der späteren Anordnung der benötigten Materialien befasst haben, starteten wir einen Kontrollversuch, der beweisen sollte, dass sich bei der Zersetzung von Biomasse Gas bildet. Dazu haben wir in einer leeren Flasche zerkleinerte Biomasse, wie altes Laub, Erde und Bioabfälle mit Regenwasser und einem Brühwürfel gemischt und über den Flaschenhals einen Luftballon gestülpt. Bereits nach wenigen Tagen hatte sich der Luftballon prall aufgeblasen und beim Entfernen eben diesens stieg uns ein Geruch in die Nase, welchen man dem entstandenen Faulgas zuordnen kann. Faulgas besteht zum Hauptteil aus Methan, daneben aber auch Schwefelwasserstoff, welcher für den strengen Geruch verantwortlich ist und durch das Wasser und die Stahlwolle herausgefiltert werden kann um ein reineres Produkt zu erhalten.

Den zweiten Versuch, den wir durchführten diente der Überprüfung unserer beiden Aquariums-Heizstäbe, die wir auf dem Flohmarkt erstanden hatten und diese auf ihre Funktionstüchtigkeit testen wollten. Wir hatten eines, welches komplett wasserdicht war, jedoch auch auf der höchsten Stufe eine Temperatur von 33°C auf einem Liter Wasser nicht überschritt. Der zweite war zwar nicht wasserdicht, doch dieser erreichte auf einem Liter Wasser bereits nach sieben Minuten eine Temperatur von 42°C, was wir für die ideale Temperatur erachteten und dieses folglich mit Silikon abdichteten und es somit auch für nasse Regionen geeignet war.

Des Weiteren führten wir einen ähnlich aufgebauten Versuch durch, aus welchem wir das ideale Mischungsverhältnis von Wasser und Biomasse ableiteten. Dazu zerkleinerten wir mithilfe eines Mixgeräts alten Kompost, Grassilage und Bioabfälle vorerst ohne die Zugabe von Wasser. Danach mischten wir die Biomasse und Wasser in drei verschiedenen Verhältnissen; 25% Wasser: 75% Biomasse, 50% Wasser: 50% Biomasse und 75% Wasser: 25% Biomasse. Nach dem Mischen wurden die einzelnen Mischungen erneut gemixt und danach jeweils 500 ml davon in Flaschen abgefüllt, welche sofort, ohne Brühwürfel, mit Luftballons verschlossen und mit Klebeband gesichert wurden. Diese Flaschen standen nun einige Tage warm und lichtgeschützt (zur Auswertung siehe „Ergebnisse“).

2.3 MATERIALIEN

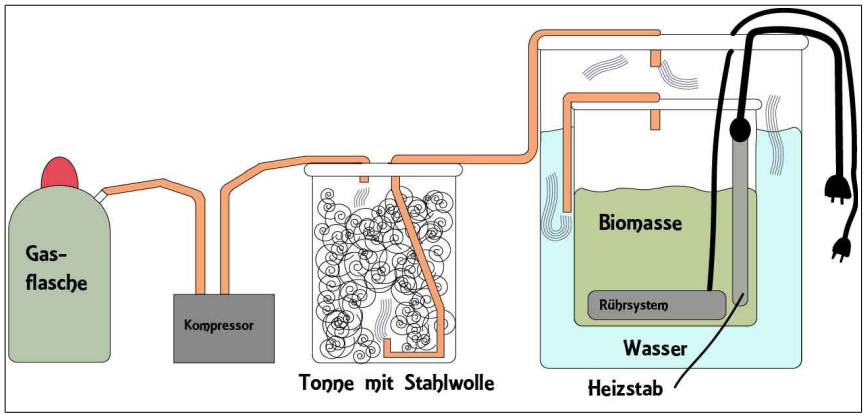
Bei der Wahl der Materialien hat man relativ große Freiheiten, da man dies so kostengünstig wie nur irgend möglich aus Plastikeimern oder hochwertig und langlebig mit Eimern aus verzinktem Metall nachbauen kann.
Für die Idee unseres ersten Prototypen haben wir uns dafür entschieden zwei 10L OBI®-Eimer, eine 70L Regentonne, Gartenschläuche und eine Gasflasche als Gerüst zu nutzen. Darüber hinaus brauchten wir noch einen Aquariumsheizstab, einen kleinen Motor, einen Stab, der zum Farbe-Anmischen benutzt wird, einen

Kompressor und Stahlwolle, jedoch kamen im weiteren Verlauf unserer Forschung noch einige Materialien hinzu, da wir häufig vor Herausforderungen und Überlegungen zum Umbau unseres Aufbaus gestellt wurden und diesen folglich einige Male, wenn auch nur geringfügig abänderten.
Darüber hinaus war unser Wunsch oben genannte Pilzstämme zu verwenden nicht gestorben und wo ein Wille ist, ist auch ein Weg. Also habe ich mich mit meiner Schwägerin, Simone Behrens-Chapuis, auseinander gesetzt, die im Museum Koenig in Bonn als Biologin, mit Schwerpunkt auf Fischforschung, angestellt ist. Und als Biologin konnte sie mir umgehend die Namen der Pilzstämme *Trichoderma reesei* und *Aspergillus nidulans* nennen und zugehörige Artikel liefern. Besonders *Trichoderma reesi* werden häufig von Industrien zur Zellulosespaltung zu Glucose verwendet.
Also bräuchte man zusätzlich zu den oben genannten Materialien auch noch besagten Pilzstamm, welcher mit weiteren *Trichoderma*-Stämmen gemischt, als Dünger erhältlich ist.

2.4 AUFBAU IM WANDEL (THEORIE)

2.4.1 Idee 1.0 - „Natursprung”

Wir hatten viele Ideen und Anregungen zur Umsetzung unserer Idee, wodurch letztlich sehr viele dieser Möglichkeiten, in einem nichtendenden Prozess, verbildlicht, diskutiert, abgeändert, erneut diskutiert und wieder abgeändert wurden, wodurch die Veränderungen jedes Mal bloß geringfügig und beinahe banal, jedoch aussagekräftig sind.
Beginnend haben wir uns an bereits existierenden Aufbauten von Biogasanlagen aus Videos orientiert und uns auf die „Natursprung Minibiogasanlage” aus einem der Videos festgelegt (siehe [Abb. 1])
Diese hatte für uns den entscheidenden Vorteil ein sehr geschlossenes Sytem zu sein, was andererseits auch das größte Problem dargestellt hätte, denn so wäre ein schnelles und einfaches Wechseln der Biomasse nicht möglich, sondern eher umständlich und somit für übliche Haushalte ungeeignet wäre. Ebenso müssten für die Kabel in beide Tonnen Löcher gebohrt und auch abgedichtet werden, wie auch beide Tonnen selbst, wodurch das Öffnen nicht mehr oder nur noch schwer möglich gewesen wäre.
Darüber hinaus wurden wir von unserer tatkräftigen Unterstützerin Lena Lenkeit, welche uns in den Bereichen der elektrischen Physik sehr geholfen hat, darauf hingewiesen, dass man nicht wüsste wann man den Kompressor einschalten muss, da man die Gasproduktion nicht beobachten kann und damit das Ein- und

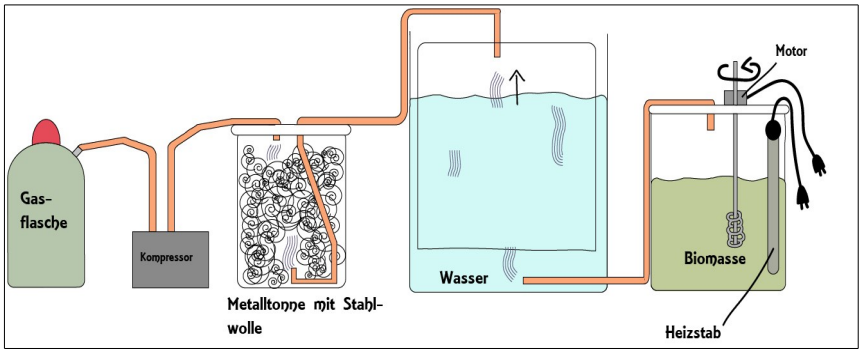


Planzeichnung I von Gwendolin Münch angelehnt an die „Natursprung Minibiogasanlage” [Abb. 1]

Ausschalten eben diesens recht wahllos wäre, was zu Schäden an unserem Aufbau hätte führen können.
Zu diesem Zeitpunkt hatten wir ebenfalls noch keine Ahnung wie wir den Wunsch des Rührsystems hätten umsetzen sollen, weshalb dieses bloß als grauer Kasten dargestellt ist, die Idee dazu kam uns aber bereits kurze Zeit später
Die Problematik an dieser gegebenen Konstruktion war also, dass man den Druckaufbau des entstehenden Gases nicht beobachten und somit nicht gezielt regulieren kann und die Handhabung des geschlossenen Sytems genrell sehr aufwändig und für Haushalte somit suboptimal wäre. Weiterhin war an diesem Zeitpunkt die Abdichtung, die einen völligen Luftausschluss gewährleisten soll, noch ungeklärt.

2.4.2 Idee 2.0 - „Ralf Suhr”

Für die Abänderung unserer ersten Idee orientierten wir uns an dem Modell, welches in den Videos von „Ralf Suhr” dargestellt ist (siehe [Abb. 2]) und ein offeneres System präsentiert, in welchem die Gasproduktion einfach festzustellen ist und somit der Kompressor manuell bedient werden kann.
Außerdem hatten wir bezüglich des Rührsystems den Einfall, eine Metall-stange, welche zum Anrühren von Farbe genutzt wird an einen kleinen Motor anzuschließen, damit dieser den Rührstab dreht und die Biomasse kontinuierlich bewegt wird, wodurch die reagierende Oberfläche immer vergrößert wird, was den Prozess der Vergärung beschleunigt. Allerdings haben wir diesen Schritt bislang nur hypothetisch durchdacht und noch nicht umgesetzt, da wir uns vorerst auf den groben Aufbau und dessen Funktionsfähigkeit konzentrieren wollten und diesen Teil erst im Nachhinein wenn alles funktioniert einbauen, da dessen anfängliches nicht-vorhanden-Sein für uns noch verschmerzbar war.



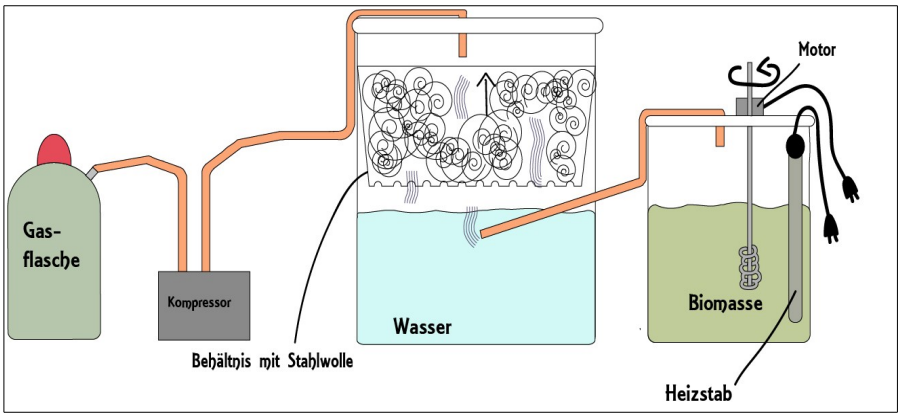
Planzeichnung II von Gwendolin Münch
angelehnt an die „Ralf Suhr- Biogasanlage” [Abb. 2]

In dieser Konstruktion wird zum Anzeigen des Standes der Gasproduktion in die Tonne, welche mit Wasser gefüllt ist, eine zweite mit der Öffnung nach unten hineingelegt. Die Luft wird aus dieser herausgesaugt, damit sie heruntersinkt. Dies wäre zu bewerkstelligen indem man die Adern des Kompressors falsch herum an das Netzteil anschließt und somit seine Funktionsweise umkehrt, damit er durch den Schlauch die Luft einsaugt und durch seinen „Körper” ausstößt. Das Gas aus der Biomassetonne wird nun durch einen Schlauch nahe am Boden in die Wassertonne geleitet. Das Gas steigt auf in die umgedrehte Tonne und hebt diese an, sobald sich genug Gas darin gesammelt hat.
Aber erneut standen wir vor kleinen Problemen. Das System war zwar nun offen, sodass man die Biomasse einfach wechseln kann und der Kompressor ließe sich auch gezielt manuell bedienen sobald sich die ungedrehte Tonne anhebt, wenn es nicht so wäre, dass der Kompressor nur effektiv arbeiten kann, sobald auch die

Wassertonne geschlossen und luftdicht ist, wobei wir noch ein anderes Problem mit dem Kompressor hatten, auf das ich später noch zu sprechen kommen werde. Außerdem hätten wir gegebenenfalls das Problem gehabt, dass das Wasser in den Gasschlauch läuft.
Folglich mussten wir den Gasschlauch anders in die Wassertonne leiten, die Wassertonne verschließen und uns etwas überlegen wie wir dann den Gasdruck messen um den Kompressor steuern zu können.

2.4.3 Idee 3.0 - erste Schritte zum eigenen Design

Immer mehr verarbeiteten wir die bereits existenten Modelle von Biogasanlagen, an welchen wir uns orientierten, und ganz allmählich entstand unsere völlig eigene Variante, welche die vorletzte vor unserer aktuellen Idee darstellt (siehe [Abb. 3]).
Wir sind sehr darauf bedacht unser Projekt so platzsparend und geschlossen wie möglich zu gestalten, weshalb wir die Idee hatten ein Gitter in die Wassertonne einzubauen, in welches wir die Stahlwolle legen wollten, jedoch war diese Idee rückblickend zwar so ganz nett, jedoch quasi ohne tieferen Sinn. Dadurch hätten wir sehr viel Stahlwolle gebraucht um dieses Gitter zu füllen, das Gitter einzubauen würde mit Sicherheit erneutes Bohren in die Tonne verlangen, was ein höheres Risiko für Lecks birgt, ebenso wie das Einführen des Schlauchs durch die Tonnenwand anstatt durch den Deckel. Darüber hinaus wäre das Reinigen und Wechseln von Wasser und Stahlwolle erschwert und ich halte es für keine Idee die Stahlwolle so dicht an dem Wasser zu lagern, wodurch sie vielleich nass werden könnte und gemeinsam mit ggf. übriggeliebener Luft zu Rost führen könnte, was eine Beeinträchtigung der katalytischen Fähigkeiten mit sich bringen könnte.



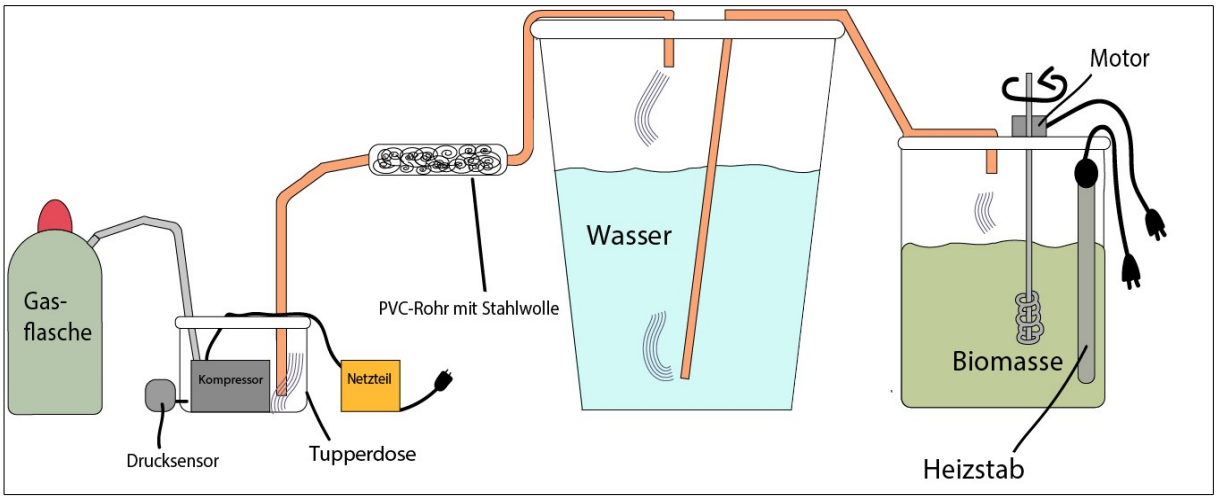
Planzeichnung III von Gwendolin Münch in kleinen Schritten zum eigenen Modell [Abb. 3]

Die Schwierigkeit mit dem Gasdruck und der Bedienung des Kompressors, hatte sich schnell erledigt, denn Lena hatte die gute Idee einen Drucksensor zu verwenden, welcher den Druck des entstehenden Gases misst, der sich ja aufbauen wird, weil das gesamte System luftdicht verschlossen ist. Dieser Sensor gibt bei einem bestimmten Druck ein Signal an einen Minibot, den Lena für uns freundlicherweise programmieren wird, da wir technisch recht unwissend sind und es deswegen gerne jemandem überlassen, der davon mehr Ahnung hat, als wir. Und dieser Minibot schaltet dann für eine kurze Zeit den Kompressor an bis sich der Druck wieder normalisiert hat.
Um unseren Aufbau also weiter zu verbessern, muss der Schlauch von der Biomassetonne durch den Deckel der Wassertonne bis auf den Boden eingeführt werden, für die Stahlwolle brauchen wir ein kleineres, externes Gefäß und es muss

eine Lösung für folgendes Kompressor-Problem her: Den Minikompressor, den wir im Internet bestellt hatten, saugt das zu verdichtende Medium nicht durch einen Schlauch ein, sondern er saugt einfach seine Umgebungsluft ein. Also hatten wir ihn aufgeschraubt und geschaut ob sich an das, darin befindliche, Loch ein Schlauch o.ä. anschließen lassen würde um damit unser Methan anzusaugen, jedoch hatte das Loch, durch welches das Medium angesaugt wird, die Größe eines Stecknadelkopfes, was uns vor ein großes Problem stellte, da sich dort nichts anschließen ließ.

2.4.4 Idee 4.0 – finales Modell

Und nach all diesen, im vorigen Verlauf beschriebenen, Schritten der Ideenfindung zur Umsetzung unserer Biogasanlage, sind wir letztlich bei unserer aktuellsten Version, welche bislang in der Theorie noch keine Probleme birgt und es auch hoffentlich nicht in de Praxis tun wird.



Planzeichnung IV von Gwendolin Münch
finales Modell [Abb. 4]

Wie man auf dem Bild erkennen kann, befindet sich rechts wie immer die Biomassetonne, der der Trichoderma-Dünger hinzugefügt wurde, gespickt mit dem Aquariumsheizstab und einem Rührstab, welcher von einem Motor angetrieben wird. Das hier entstehende Gas wird durch einen Schlauch in die Wassertonne bis auf den Grund der Tonne geleitet und steigt von dort auf wieder auf und wird durch einen weiteren Schlauch durch ein kurzes PVC-Rohr geleitet, in welchem sich die Stahlwolle befindet.
Anschließend ist unser Lösungsansatz für das Problem mit dem Kompressor zu sehen. Ich dachte mir, dass wenn der Kompressor nur seine Umgebungsluft ansaugt, man ihn doch einfach in eine Art Tupperdose stellen könnte, in welche das Gas hineingeleitet wird, damit das Gas den Kompressor umgibt und er es ansaugen und komprimiert in die Gasflasche geben kann. Um den Kompressor zu betreiben bedarf es eines Netzteils, welches rechts von der Tupperdose abgebildet ist und links davon der Drucksensor, der den Druck misst und dem Minibot Signale übermittelt den Kompressor an- und abzuschalten.

2.5 VORGEHENSWEISE

Wir haben von der rechten Seite begonnen und haben dafür in den Deckel eines OBI®-Eimers zwei Löcher hineingebohrt. Durch das eine wird der Heizstab in die Biomasse getaucht, wobei wir den Stab anfangs senkrecht bis auf den Boden, erst mit Kabelbindern auf beiden Seiten fixiert und danach mit Silikon versiegelt hatten, es jedoch im Verlauf noch ändern mussten, da sich der Heizstab nicht bis zur Mindesteintauchtiefe im Eimer befand und wir ihn aus diesem Grund wieder entfernten und folgend etwas schräg anbrachten um ihn erneut von beiden Seiten mit Silikon zu befestigen. Durch das andere Loch führten wir den Schlauch, welcher zu Beginn ein quer Geriffelter war, den wir danach aber durch einen dickeren Gartenschlauch ersetzten und mit einer Schlauchklemme fixierten. Dieser Schlauch wurde dann durch ein Loch im Deckel der 70L Tonne weitergeführt und mündete auf dem Boden dieser Tonne. Wir rauhten den Deckel und den Schlauch an der Stelle, wo sie einander berührten etwas an, damit das Silikon besser hielt. Diese Konstruktion sollte man jedoch keiner größeren mechanischen Belastung aussetzen, da sich sonst das Silikon an dieser Stelle lösen könnte. Aus dem zweiten Loch der 70L Tonne führte ein weiterer Schlauch hinaus, der direkt unter dem Deckel erneut mit einer Schlauchklemme befestigt war. Folgender Schritt ist bereits durchdacht und auch Vorbereitet, jedoch noch nicht angewendet, da für uns erneut nur die Funktionalität des Basic-Systems im Vordergrund stand und man diese “Zusätze” für einen reinen Kontrollversuch außer Acht lassen kann, allerdings wird er in den nächsten Wochen eingebaut und ist eine Erweiterung der Biogasproduktion. Bei besagtem Schritt handelt es sich um das PVC-Rohr, in welchem sich Stahlwolle zum Reinigen des Gases von Schwefelwasserstoff befindet. Diese wird bevor sie in das Rohr gegeben wird, etwas auseinander gezogen um eine größere Reaktionsöberflache zu kreieren. Der Schlauch wird auf der einen Seite eingeführt und ein weiteres Mal mit Silikon versehen; aus der anderen Seite führt dann ein Schlauch in ein Loch, das wir in eine Tupperdose gebohrt haben, in der sich der Kompressor befindet. Im Deckel dieser Dose sind noch zwei weitere Löcher, eines für das Kabel des Kompressors und das andere für den Schlauch eben diesens, ebenfalls wird noch ein Loch für den Drucksensor benötigt. Das Kabel des Kompressors führt zu einem Netzteil, in welchem die beiden Adern mit Krokodilklemmen angeschlossen werden um den Kompressor mit Strom zu versorgen.
Nun wird der Biomasse-Eimer mit einem Gemisch aus 75% zerkleinerter Biomasse und 25% Regenwasser, bis zur Mindesttauchtiefe des Heizstabs, befüllt, verschlossen und dann mit Abdichtungs-Klebeband luftdicht gemacht, ebenso wie auch die Wassertonne nachdem diese bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt wurde. Das Klebeband hat den Vorteil, dass es zum Auswechseln von Biomasse oder Wasser einfach entfernt und anschließend erneut angebracht werden, wobei es mit großer Sicherheit ökologischer wäre eine Art Gummiring wie bei Einmachgläsern zu verwenden, jedoch war ein solcher in der Größe unserer Eimer nicht auffindbar. Die Wassertonne darf übrigens nur bis zur Hälfte gefüllt werden, da der Kompressor etwas freien Raum benötigt um effektiv arbeiten zu können.
Der Schlauch des Kompressors wird, nachdem damit die Luft aus dem System herausgesaugt und in die Leere gepustet wurde, an eine kleine Gasflasche angeschlossen, in welcher dann das Gas bis zur Verwendung gelagert werden kann.

3. ERGEBNISSE

3.1 MISCHVERHÄLTNIS-VERSUCH

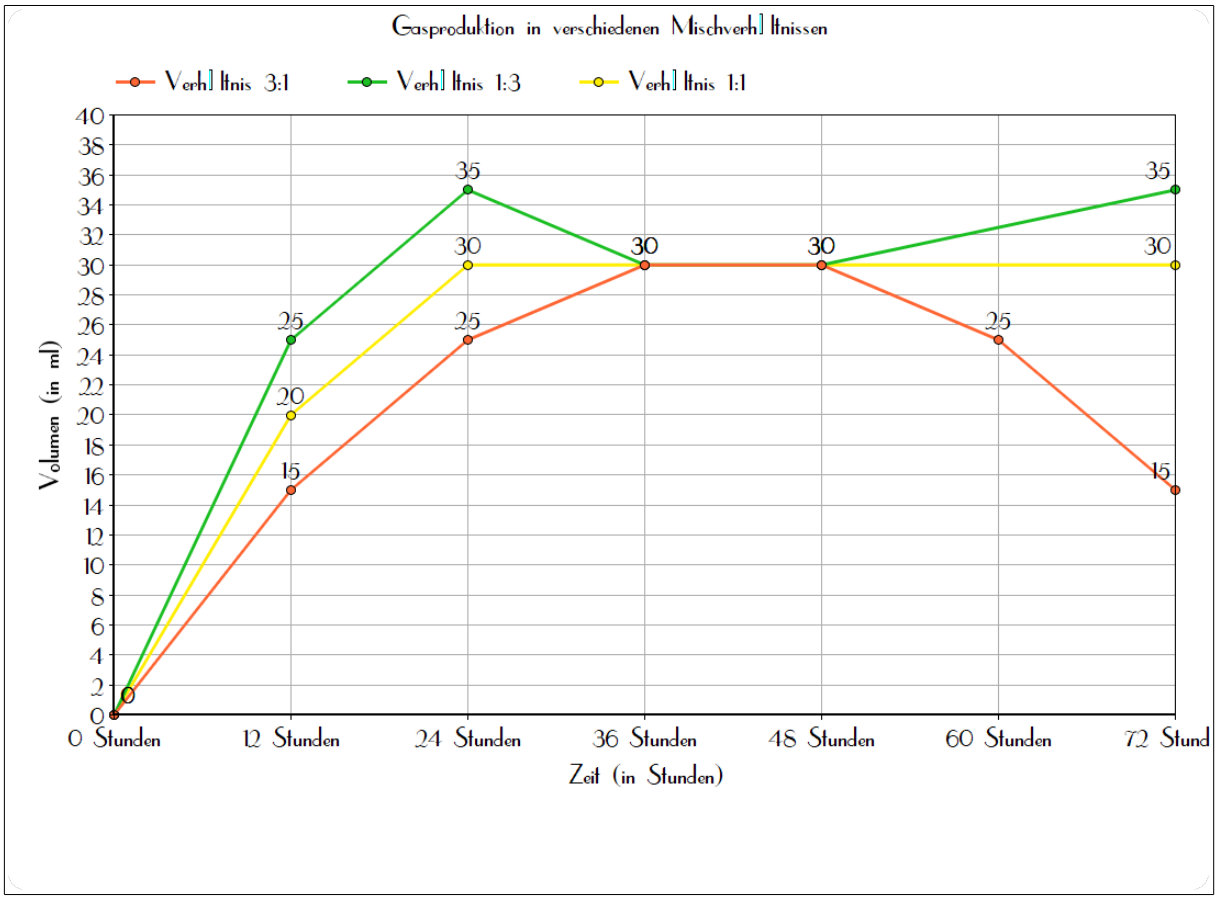
24 Stunden nach Ansetzen der Mischungen hatten sich die Luftballons bereits geringfügig Gas gefüllt und darüber hinaus hatte in der Flasche mit mehr Biomasse als Wasser, das Volumen der Mischung sichtlich um ca. die Hälfte zugenommen. Die Mischung mit dem hohen Wasseranteil hatte im Vergleich sichtbar weniger Gas gebildet als die, welche gleichgroße Anteile oder gar die, mit dem geringen Wasseranteil hatte (siehe [Abb. 6]).
Nach weiteren 24 Stunden waren auch die Volumina der anderen beiden Flaschen angestiegen wenn auch nicht so hoch wie in der Flasche mit dem grünen Luftballon (rechts) . Außerdem haben sich in jeder der drei Flaschen zwei Phasen gebildet, wobei sich unten bloß geringfügig Erde, in der Mitte das Wasser und oben die Biomasse abgesetzt hat (siehe [Abb. 7]). An der Stelle, wo Wasser und Biomasse aufeinander treffen, haben sich Bläschen gebildet ebenso wie in der Biomasse selbst auch. Sie weist Löcher und Tunnel auf, als hätte sich ein Tier hindurchgefressen.
Die Gasproduktion scheint sich, an den Luftballons abgelesen, eingestellt zu haben, was sich jedoch mit dem Fakt widerspricht, dass immer noch Bläschen zu sehen sind. Alle Luftballons haben nun eine sehr ähnliche Größe, der grüne scheint sogar geschrumpft zu sein. Ich habe den Eindruck, dass sich stetig Gas bildet, dies jedoch nicht korrekt entweichen kann, da es nicht besonders erfolgreich durch die Biomasse hindurch diffundieren kann. Folglich habe ich kurz eingegriffen und die Flaschen vorsichtig geschwenkt, sodass sich beide Phasen erneut vermischten. Dadurch bewegten sich die Bläschen augenblicklich aufwärts bis sie nun oben angekommen waren.
Im Laufe des zweiten Tages bildeten sich in der Flasche mit dem hohen Biomasseanteil die meisten Bläschen, jedoch hatten diese auch die größten Schwierigkeiten zu entweichen, wohingegen in den anderen beiden Flaschen das Gas ausgezeichnet entweichen konnte, auch wenn es weniger war als in der ersten Flasche.
Am dritten Tag dann, hatten sich die Werte wieder auf die von ersten Tag normalisiert, bis auf den der wässrigen Mischung, dieser war stark gesunken und ein klares Gefälle war wieder zu erkennen (siehe [Abb. 8]). Teilweise hatten sich wieder Phasen gebildet, jedoch nicht in allen der drei, sondern nur in der Flasche der wässrigsten Mischung und hier war der Ballon sichtlich geschrumpft.

Tag 0 [Abb. 5]

Tag 1 [Abb. 6]

Tag 2 [Abb. 7]

Folglich nimmt die Gasproduktion mit der Zunahme der Biomasseanteile im Vergleich zu den Wasseranteilen zwar anfangs zu, allerdings findet dies nur effektiv statt, sofern man das Gemisch regelmäßig in Bewegung versetzt und rührt. Da unsere Biogasanlage momentan noch nicht über ein Rührsystem verfügt, wäre also eine Mischung von 1:1 sehr praktisch, da immernoch recht schnell und besonders sehr gleichmäßig Gas produziert wird und auch gut ohne Fremdeinwirkung aufsteigen kann.



Graphisch dargestellter Verlauf der Gasproduktion innerhalb von 72 Stunden [Abb. 8]

Die in diesem Graphen aufgetragenen Werte sind bloß Nährungswerte, da sich das Volumen nicht exakt hätte nachweisen lassen ohne das komplette Experiment abzubauen.
Um die Werte zu ermitteln, habe ich einen Luftballon der gleichen Größe wie auch die Test-Ballons zur Hand genommen und mit Wasser gefüllt. Dieses habe ich dann in einen fein skalierten Messbecher gegeben und das Volumen abgelesen. Ne nach Größe und Spannung des Ballons konnte ich mir dann immer ableiten wie viele Mililiter des Gases sich zu den angegebenen Zeiten schätzungsweise im Luftballon gesammelt hatten.

3.2 DURCHLAUF IN DER ANLAGE

In dem ersten provisorischen Durchlauf mit unserer Biogasanlage, in welchem wir noch vor dem Rätsel mit dem Kompressor standen, haben wir einfach, wie wir es in den kleinen Versuchen schon getan haben, ein luftleeres Gefäß, in unserem Fall

einen aufblasbaren Wasserball, an den letzten Schlauch angeschlossen, in dem das entstehende Gas aufgefangen werden sollte. Allerdings ist dieses Experiment ohne Ergebnisse geblieben, da die Anlage anscheindend nicht vollständig luftdicht verschlossen war und die anaerobe Reaktion nicht stattfinden konnte.
Jedoch war uns das Problem schnell bewusst, da wir in diesem Versuch noch kein Klebeband um den Schlitz zwischen Tonne und Deckel gewickelt hatten.
Wir hätten damit rechnen sollen, dass in einem solchen Fall kein Gas entstehen wird, aber das taten wir nicht, demnach war es anfangs recht enttäuschend, wobei wir schon kurz darauf wichtige Schlüsse daraus ziehen konnten, für unser Projekt, sowie auch unsere zukünftige Vorgehensweise. Wir sollten sorgsamer und konzentrierter arbeiten, das würde uns besonders Zeitprobleme ersparen, wie wir sie nun haben, weil wir einen eher simplen Schritt einfach außer Acht gelassen haben.

3.3 WIRTSCHAFTLICHE ERGEBNISSE

Wir hatten ja bereits von Anfang an mit sehr geringen Kosten gerechnet, jedoch sind diese deutlich geringer als anfangs erwartet. Mit ungefähr 65€ haben wir alles finanzieren können und auf lange Sicht rentiert sich dieser Betrag schnell wieder, indem man für den Biomüll kein Geld mehr zahlen muss, damit dieser abgeholt wird und indem man das Haus selbst mit Methangas versorgen kann, beispielsweise einen Gasherd oder einen gasbetriebenen Stromgenerator.
Durch diesen Fakt lässt sich die Idee ableiten solche Anlagen auch in Entwicklungsländern zu betreiben um diese unabhängiger zu machen. Die Anlage selbst ist günstig und das Material um sie zu betreiben gar kostenlos, der Gewinn jedoch für Wirtschaft und Ökonomie erheblich. Die Abfälle zu verwerten um aus diesen Gas zur Verbrennung und Dünger fürs Feld zu erhalten ist eine sehr ökologische Art des Umweltschutzes, was uns erst im Verlaufe unserer Forschungsreihe wirklich ernst bewusst geworden ist. Außerdem ist Methan eines der führenden Treibhausgase, die unsere Atmosphäre schädigen und auch Grund der Klimaerwärmung sind, deswegen liegt der Gedanke nahe, dass eine Verbrennung dessen gegebenenfalls besser wäre als es in die Umwelt zu entlassen, denn durch die Verbrennung entsteht Kohlenstoffdioxid, welches Pflanzen nutzen um daraus Sauerstoff für unseren Lebensraum zu produzieren. Und so ist es ein ewiger Kreislauf, der Entstehung, des Werdens und des Vergehens.
In dieser Hinsicht gilt es auch als Ergebnis, vielleicht nicht unbedingt als Forschungsergebnis, aber es ist eine persönliche Erfahrung, die wir gemacht haben und es unterstützt unsere Hypothese, dass eine solch effektive Anlage nicht teuer sein muss um gut zu sein.

4. DISKUSSION

Die Forschung ist im Bezug auf das Thema der Biogasanlagen bereits sehr weit fortgeschritten. Viele Unternehmen nutzen diese Technik bereits seit einigen Jahren und auch für Privatverbraucher wird die Idee der Verwertung von Abfall, um eine eigene Energiequelle zu schaffen, immer attraktiver. Jedoch nutzen die meisten Privatpersonen sehr simple Ausführungen einer solchen Anlage, aber vielleicht reicht diesen Leuten diese simple Variante ja völlig. Aber wer es etwas

professioneller haben möchte, muss dafür eben auch anfangs etwas mehr investieren um schlussendlich höhere Erträge zu erzielen.
Ich denke, unsere Ergebnisse sind sehr schwach und auch noch nicht völlig ausgereift, besonders aus der Perspektive, dass wir bislang bloß vereinzelte Ergebnisse aufweisen können. Allerdings muss ich auch anmerken, dass unsere einzelnen Kleinschritte immer Ergebnisse und Erkenntnisse gebracht haben, wodurch wir uns stetig weiterentwickeln konnten und es in Zukunft auch weiterhin tun werden.
Zur Entwicklung in naher Zukunft habe ich ja bereits einige Aussagen getroffen, wie beispielsweise, dass wir unser bislang geplantes Projekt erst einmal vollenden werden, was heißt, dass wir alle Einzelteile, die wir bisher schon durchgeplant und getestet haben zusammen fügen zu einem Gesamtkomplex. Wir werden einen Drucksensor einbauen um die Kompressoraktivität zu regulieren und als Zusätze für ein schneller und reiner produziertes Produkt bauen wir das Rührsystem und die Stahlwolle noch ein.
Aber um diese Anlage so zu verbessern, dass es über unsere bisherigen Vorhaben hinaus geht, könnte man die ideale Zusammensetzung der Biomasse bestimmen und nutzen, wie zum Beispiel Pferdemist oder Kuhfladen, welche auch sehr energiereich, für uns jedoch nicht zugänglich sind.
Unsere Hoffnung ist es jedenfalls, dafür zu sorgen, dass jeder, der es möchte, eine solche Anlage betreiben kann und dafür ist es wichtig das dazugehörige Wissen zu vermitteln und Denkanstöße zu liefern.
Häufig traten bei uns minimale Denkfehler auf, dass wir oft versuchten verworfene Ideen zu recyclen und erneut zu verwenden, obwohl wir diese Gedanken ja nicht grundlos verworfen hatten, wir dies aber zu diesem Zeitpunkt einfach nicht im Hinterkopf hatten. Darüber hinaus hatten wir einen nicht unerheblichen Zeitdruck, weil wir teilweise nicht vollkommen konzentriert gearbeitet haben und uns dann kleine Fehler unterlaufen sind, wie beispielsweise, dass wir vergessen hatten die Tonnen abzudichten bevor wir die Anlage betreiben und demnach kein Gas entstanden ist, weil die Reaktion nur unter Ausschluss von Luft stattfinden kann.
Im Laufe unserer Projektarbeit haben wir auf den wohl wichtigsten Schritt verzichtet. Wir waren so sehr darauf bedacht, dass jeder separate Teilschritt in sich funktioniert, dass wir die Zeit und somit auch das Zusammenfügen aus den Augen verloren haben. Jedoch finde ich das nicht allzu problematisch, denn wir haben sehr genau und mit viel Fingerspitzengefühl die Details überprüft, was den letzten Schritt sehr simpel macht, da wir nicht den kompletten Prototypen andauernd umbauen und umstrukturieren mussten. Wir haben daraus gelernt und wissen nun, dass wir unsere Zeit und die Aufgaben effektiver und ausgelasteter aufteilen müssen.
Wie bereits erwähnt, kann das Projekt vielen Menschen den Alltag und anderen sogar das Leben deutlich vereinfachen. Für minimalen geldlichen und handwerklichen Aufwand erhält man eine recht langlebige Anlage, welche den Müll verwertet, daraus Gas für den Haushalt und Dünger für den Garten produziert und einem so Kosten abnimmt ggf. Gasflaschen kaufen zu müssen. Außerdem schützt man dadurch die Umwelt, besonders wenn alle ihre Anlagen mit Abfall betreiben würden, müssten nicht extra Mais und andere Pflanzen angebaut werden um diese dann vergären zu lassen, obwohl es mit längst nicht mehr essbarem organischen Material ebenso funktioniert. Die hektargroßen Felder, welche dann nicht mehr damit bestellt würden, könnte man nutzen um

wirklich Lebensmittel anzubauen.
Das gute an unserem Projekt ist, dass der Abfall vollständig Verwendung findet, weil er erst zerkleinert und mit Wasser vermischt wird um Methangas zu gewinnen und da die Überreste immer noch sehr energiereich sind, können sie somit einfach getrocknet und als Dünger verwendet werden.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Unser Ziel war es eine sehr effektiv arbeitende und dazu auch noch kostengünstige Biogasanlage zu entwerfen und zu realisieren, die sich jeder Haushalt zu Nutzen machen kann, da der Bau unaufwändig und das Antriebsmaterial kostenlos ist. Doch ist es möglich all diese Kriterien zu erfüllen, stets zu berücksichtigen und auch immer ein Auge darauf zu haben, dass sie sich untereinander nicht widersprechen?
Das ist eine Frage, die schwieriger zu beantworten ist, als sie vielleicht scheint., denn dabei spielen einige wichtige Faktoren eine große Rolle und um diese genauer zu betrachten, muss man sich zu Beginn eine handvoll Fragen stellen und für sich selber dessen Antworten klären.
Was ist günstig?
Was bedeutet effektiv überhaupt?
Simpel und effektiv gleichzeitig – passt das überhaupt zusammen?
Wie aufwändig ist der Bau wirklich und für wen ist er vielleicht mehr oder auch weniger aufwändig?

Diese Fragen sind nicht mit einer eindeutigen Antwort abzuschließen, da jeder diese Fragen anders beantworten könnte, aber trotzdem werde ich versuchen sie so verständich wie nur irgendmöglich darzulegen, dass mein Gedankengang nachvollziehbar ist.

Also, *was ist günstig in unseren Augen?*
Unsere Anlage lässt sich mit ca 65€ komplett errichten, je nach dem welche Materialien verwendet werden und ob man auch gebrauchte Teile aus dem Internet zu niedrigen Preisen erwerben kann um den Preis noch niedriger zu halten. Manch einer würde jetzt sagen, dass 65€ eine Menge Geld sind, was ja auch absolut nicht falsch ist. Mit so viel Geld könnte man sicher so einige andere Dinge kaufen oder unternehmen, hauptsache anders investieren, allerdings, in Zeiten wo man für 1000€ einen Thermomix oder für hunderte von Euro ein neues Smartphone kauft, also kurz gesagt: in Zeiten des übermäßigen Konsums, sind 65€ eher Banalitäten. Es ist ein einmaliger Preis, der gezahlt werden muss und wenn die Anlage korrekt gebaut wurde und nicht achtlos behandelt wird, auch eine angemessene Lebensdauer hat, welche sich selbstverständlich verlängert wenn man anfangs mehr Geld in hochwertigere Materialien investiert.
Doch alle Ausgaben, rentieren sich auf lange Sicht. Denn man spart das Geld den Biomüll abholen zu lassen, da man ihn selbst nutzt um daraus Methan zu gewinnen, mit dem man einen Stromgenerator oder einen Gasherd betreiben könnte und somit erneut Geld spart. Ebenso muss man keinen Dünger mehr kaufen, da sich die Überreste der Biomasse ausgezeichnet für diesen Zweck verwenden lassen.

Was bedeutet effektiv überhaupt?
Es bedeutet den Ertrag zu erhöhen, die Produktion zu beschleunigen und letztlich ein Produkt zu erhalten, das so sauber wie möglich ist. Beispielsweise in einer Anlage, die bloß aus Gefäßen, Schläuchen und Biomasse besteht, ensteht, wenn alles korrekt gebaut wurde, Methan. Wenn man aber zusätzlich noch einen Rührstab, Heizstab und bestimmte Pilzstämme hinzugibt, wird der Ertrag gesteigert und die Produktion läuft aufgrund von molekularen Grundlagen wie der Brown'schen Molekularbewegung in Verbindung mit der RGT-Regel, welche besagt, dass bei einer Temperaturerhöhung von 10°C sich die Teilchengeschwindigkeit verdoppelt bis verdreifacht, schneller ab. Wenn man nun noch eine Kartusche mit Stahlwolle anbringt, durch welche das Gas geleitet wird um es von Schwefelwasserstoff zu reinigen, wird das Produkt sauberer und somit für die Verbrennung hochwertiger und energiereicher.

Simpel und effektiv gleichzeitig – passt das überhaupt zusammen?
Das ist wohl der Punkt, den wir manchmal ein wenig aus den Augen verloren haben. Wir waren so sehr darauf fixiert die Effektivität zu steigern, dass unser Modell für uns selbst zwar völlig logisch und nachvollziehbar ist, weil wir uns wochenlang mit diesem Thema auseinander gesetzt haben, für andere jedoch möglicherweise nicht mehr als simpel zu erkennen ist. Dabei kommt es dann sehr stark auf den persönlichen Standpunkt der Betrachtung an, aber von dem Meinigen ist es sicher möglich beide Eigenschaften zu vereinen, wenn auch nicht ganz unkompliziert. Jedoch ist unsere Anlage völlig simpel und einfach nachzubauen, wenn man die Planzeichnungen und Ausführungen davon zur Hand hat und sich an diesen orientieren kann, was mich zur letzten Frage bringt:

Wie aufwändig ist der Bau wirklich und für wen ist er vielleicht mehr oder auch weniger aufwändig?
Es war unser Ziel, dafür zu sorgen, dass nicht viel handwerkliches Geschick von Nöten ist unsere Anlage nachzubauen, doch muss ich auch zugeben, dass dieser Gedanke zunehmend in Vergessenheit geraten ist. Zu Anfang war er sehr präsent, da wir selbst sehr unerfahren waren, doch dann haben wir Unterstützung für die technischen Aspekte bekommen und dadurch sind wir immer sicherer geworden. Ich fürchte, dass nicht jeder dazu fähig ist einen Minibot zu programmieren, der die Kommunikation zwischen dem Drucksensor und dem Kompressor regelt, nicht einmal wir selbst sind dazu in der Lage, da uns die physikalischen Grundkenntnisse fehlen.
Der handwerkliche Teil ist aber einfach und unkompliziert gehalten, sodass sogar wir es schafften die größten Teile der Arbeit allein zu stemmen. Erwachsene und auch viele Jugendliche sind sicher in der Lage eine solche Anlage zu bauen und für technische Aspekte kann man sicher Bekannte fragen oder im Internet dazu recherchieren. Der Bau ist jetzt nicht unbedingt für Kinder sehr einfach, aber für Leute mit einem Grundmaß an handwerklichem Verständnis problemlos zu bewältigen.

Folglich haben wir große Teile unseres Ziels erreicht und sind sehr zufrieden damit, dass wir in der Theorie das gesamte Projekt bereits detailliert durchgeplant haben und dies auch in naher Zukunft umsetzen werden, damit wir bis zum Präsentationstermin auch etwas Praktisches vorzuweisen haben.

LITERATURVERZEICHNIS

http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/8F0D78E9E4413F66C1257AF40046BC67/$file/Biogas_6_2012_66-69_Minibiogasanlage.pdf: 30.10.2016, Dipl. Journ. Wolfgang Rudolph, Minibiogasanlage für Zuhause

http://tipsed.com/de/pages/743849: 15.11.2016, DRW & amp;Associates, Inc., Wie funktioniert das Entfernen von Gerüchen mit Edelstahl?

http://www.zeitbild.de/wp-content/uploads/2010/12/ZB_Wissen_ABs_Biomasse_Holzgas.pdf: 30.10.2016, ZEITBILD WISSEN „Nachhaltigkeit", Versuch mit Biomasse –
Baue dir eine eigene Biogas-Anlage!

https://de.wikipedia.org/wiki/Stahlseife: 15.11.2016, Benutzer: P. Copp, Stahlseife

https://en.wikipedia.org/wiki/Trichoderma_reesei: 15.11.2016, Benutzer: Green Cardamom, Trichoderma Reesei

https://www.youtube.com/watch?v=6jybSwKOEq4: 29.10.2016, Ralf Suhr, Biogasanlage selber bauen Teil 1. Vorgestellt von Ralf Suhr aus der Natur

https://www.youtube.com/watch?v=BZ_LLNgQ36Q: 29.10.2016, Ralf Suhr, Biogasanlage selber bauen Teil 3 Wo kommt denn bloß die Scheiße rein ?

https://www.youtube.com/watch?v=EO-I13GuXfY: 29.10.2016, „Natursprungnetzwerk",Natursprung Minibiogasanlage

https://www.youtube.com/watch?v=g590R4K1fjA: 29.10.2016, Ralf Suhr, Biogasanlage selber bauen Teil 2 Auf Scheiße komm raus!

https://www.youtube.com/watch?v=QuDhuYDL0Yw: 29.10.2016, Ralf Suhr, Biogasanlage selber bauen. Eigenbau von Ralf Suhr aus der Natur

Lena Lenkeit, Schülerin, St. Michael Gymnasium, Bad Münstereifel; Art der Unterstützung: Unterstützung bei technischen Aspekten des Projektes

Simone Behrens-Chapuis, Biologin mit Schwerpunkt auf Fischforschung, Museum Koenig, Bonn; Art der Unterstützung: Beschaffung von Fachliteratur über Zellulose-zersetzende Pilzstämme