

Wie nachhaltig ist eine Biogasanlage?**9/10 – A 2****Stammgruppenarbeit 1**

- 1 Schaut euch auf www.YouTube.com Beiträge zur Entstehung von Biogas an und tauscht eure Erkenntnisse aus.
- 2 Einigt euch in der Stammgruppe, wer Experte für
 - das „Futter“ (Expertengruppe 1)
 - den „Fermenter“ (Expertengruppe 2) bzw.
 - die „Produkte“ (Expertengruppe 3)einer Biogasanlage wird.



In Sachsen-Anhalt gibt es über 300 Biogasanlagen.



Luftaufnahme einer Biogasanlage



Expertengruppe 1: Das „Futter“ einer Biogasanlage

Als Ausgangsstoffe für die Biogaserzeugung wird organisches Material benötigt. Die Ausgangsstoffe werden auch Substrate genannt.

Substrate aus der Landwirtschaft

Der **Wirtschaftsdünger** ergibt vor allem bei Rinder- und Schweinegülle ein enormes Substratpotenzial, das für die Verwendung in Biogasanlagen geeignet ist. Rinder- und Schweinegülle haben einen niedrigen Trockenanteil und lassen sich gut mit anderen Substraten (Ko-Substraten) kombinieren. Die Vorgehensweise ist einfach und unproblematisch, da die Gülle direkt in die Biogasanlage eingebracht werden kann.

Auch **nachwachsende Rohstoffe** eignen sich, um in eine Biogasanlage eingebracht zu werden. **Mais** hat einen sehr hohen Energieertrag und ist für die Einbringung hervorragend geeignet. Als Silage kann Mais sehr gut konserviert werden. Unter Silage versteht man ein durch Milchsäurevergärung konserviertes Pflanzenmaterial. Die Maissilage kann unproblematisch eingebracht werden. Es besteht auch die Möglichkeit, Maissilage als Ko-Substrat mit Gülle zu vergären. Weiterhin können **Sonnenblumen, Roggen- und Ganzpflanzensilage, Rüben** und **Grassilage** verwendet werden. Gerade bei der Verwendung von Mais wird häufig die Frage diskutiert, ob es vernünftig ist, ein Vorprodukt der Nahrungsmittelherstellung in einer Biogasanlage zu vergären.

Substrate aus der weiterverarbeitenden Industrie

Darunter fallen **Nassschnitzel** und **Melasse** aus der Zuckerherstellung, Reststoffe aus der Kartoffel- und Alkoholverarbeitung.

Organische Reststoffe aus Kommunen und Haushalten

Hierzu zählen die **Biotonne** oder **Speiseabfälle**, wobei deren Eignung auf Grund der hygienischen Bedingungen zu prüfen ist.

Grün- und Rasenschnitt

Nach der Silierung eignen sich auch solche Abfälle in Kombination mit anderen Substraten für Biogasanlagen.

Aufgaben

Erarbeitet eine Übersicht über die möglichen Ausgangsstoffe einer Biogasanlage.

Recherchiert im Internet über die Vor- und Nachteile des Einsatzes dieser Stoffe.

Informiere als „Experte“ die Mitschüler in deiner Stammgruppe über die Ausgangsstoffe einer Biogasanlage.

Expertengruppe 2: Der Fermenter oder von der Kuh abgeschaut

Der Verdauungstrakt von Kühen gleicht einem Ökosystem. Besonders die 4 Mägen spielen hierbei eine große Rolle. Einer von ihnen ist der Pansen mit einem Fassungsvermögen von 100 bis 150 Liter. In dem Pansen wird die aufgenommene pflanzliche Nahrung nach wiederholter Zerkleinerung und Durchmischung durch Mikroorganismen abgebaut. Da die Kühe ihre aufgenommene Pflanzennahrung nicht selbst verwerten, sind sie auf die Symbiosen z. B. mit Bakterien angewiesen. Bevor die pflanzliche Nahrung vergoren wird, zersetzen Enzyme bei ca. 39°C in einem leichtsauren Milieu diese. Aufgrund dieser Gärungsprozesse bezeichnet man den Pansen auch als Gärkammer. Aus den Nebenprodukten der Gärung entsteht Methan, welches zusammen mit dem überschüssigen Kohlenstoffdioxid durch Aufstoßen und Blähungen den Verdauungstrakt des Rindes verlässt.

Bei näherer Betrachtung der Landwirtschaft mit Rindern, Schafen, Schweinen und Hühnern, ist erkennbar, dass heute viele Landwirte eine Biogasanlage besitzen. Das, was Wiederkäuer als Schadstoffe (Methan) in die Atmosphäre abgeben, versucht der Landwirt biotechnisch zu produzieren.

Es wurden unterschiedliche Biogasanlagen entwickelt, die alle nach dem Prinzip der „Methangärung“ der Kuh arbeiten.

Aufgaben

Erarbeitet eine Übersicht über den Fermenter einer Biogasanlage.

Recherchiert dazu im Internet:

- zum Aufbau des Fermenters sowie
- zu den mikrobiellen (chemischen, biologischen und physikalischen) Prozessen bei der Entstehung von Biogas.

Informiere als „Experte“ die Mitschüler deiner Stammgruppe über die ablaufenden Prozesse im Fermenter.

Expertengruppe 3: Die Produkte einer Biogasanlage

Die Produkte einer Biogasanlage sind sehr zahlreich.

An erster Stelle ist natürlich das Biogas zu nennen, welches zu einem hohen Anteil aus _____ und _____, _____ sowie _____ besteht

Es gibt Biogasanlagen, die nach einer **Reinigung** (z. B. Trocknung, _____, _____) des Gases das Endprodukt direkt in das Erdgasnetz einspeisen. Hier spricht man von **Bioerdgas**.

Bei der Vergärung der Substrate entsteht Wärme. Diese Abwärme kann in Form von Kraft-Wärme-Kopplung zur **Stromerzeugung** und zu **Heizzwecken** genutzt werden.

Die Abfallprodukte der Vergärung werden auch als _____ bezeichnet. Diese Reststoffe eignen sich als **Düngemittel** in der Landwirtschaft. Damit wird der Anteil an mineralischem Dünger erheblich verringert.

Aufgaben

Erarbeitet eine Übersicht über die Produkte einer Biogasanlage.

Recherchiert im Internet über die Vor- und Nachteile der Verwendung dieser Produkte.

Informiere als „Experte“ die Mitschüler deiner Stammgruppe über die Endprodukte einer Biogasanlage.

Stammgruppenarbeit 2

Teilt euer Expertenwissen eurer Stammgruppe mit.

Ergänzt unter Verwendung der Begriffskärtchen den Aufbau einer Biogasanlage. Beschreibt den Aufbau und die Funktionsweise einer Biogasanlage. Nutzt dazu die weiteren Materialien.

Diskutiert die Frage: „Wie nachhaltig ist eine Biogasanlage?“

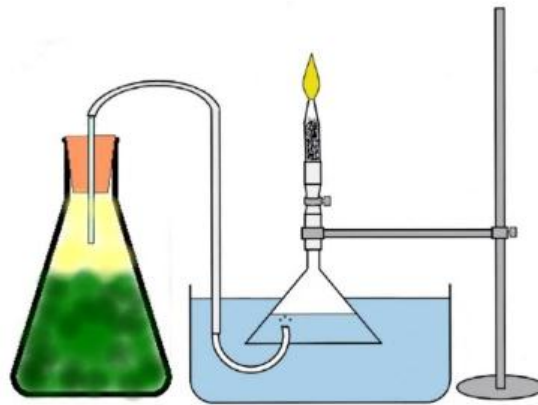
weitere Materialien

- Versuchsanleitungen – Biogasherstellung
- Begriffskarten
- Infoblatt

Versuchsanleitung zur Biogasherstellung

Geräte und Chemikalien

- Erlenmeyerkolben
- pneumatische Wanne
- Glasrichter
- Gasableitungsrohr
- Gummischlauch
- Stopfen
- Schlauchklemme
- Stativmaterial
- Glaswolle
- Gärgut (Faulschlamm/Gülle)
- organische Abfälle (Kaninchenkot, Bananenschalen)



Durchführung

Den Erlenmeyerkolben mit Gärgut zu zwei Dritteln füllen. Nach Zugabe von Wasser und wenigen organischen Abfällen das Gemisch zu einem Brei verrühren. Den Versuchsaufbau an einen warmen Ort stellen. Die Schlauchklemme zunächst verschließen. (Die Glaswolle im Glasrohr dient als Rückschlagsicherung. Im Trichter wird entstehendes Biogas aufgefangen.) Nach einiger Zeit das entstandene Gas auf Brennbarkeit durch Öffnen der Schlauchklemmen prüfen. Dazu ein brennendes Streichholz an das Glasröhrchen halten.

Begriffskarten

Substrate aus der Landwirtschaft	Substrate aus der Industrie	Substrate aus den Haushalten	Grün- und Rasenschnitt	Silo für Biomasse
Nachwachsende Rohstoffe	Vertikaldosierer	mikrobielle Prozesse	chemische Prozesse	biologische Prozesse
Fermenter	Biogas	Gasaufbereitungsanlage	Methan	Bioerdgas
Stromerzeugung	Heizkraftwerk	Gülle	Gärrestlager	Düngemittel

Infoblatt

Jahresfutterplanung einer Biogasanlage vom 1. Oktober 2010 bis zum 30. September 2011

Fütterung 1 (Herbst 100 Tage)

Fermenter 1 bis 15			pro Tag		100 Tage	
	m ³ Biogas je t Substrat	t / Fermenter	t	m ³	t	m ³
Mais	200	7	105	21.000,00	10.500,00	2.100.000,00
Pressschnitzel	140	12,5	187,5	26.250,00	18.750,00	2.625.000,00
GPS [*]	180	1,5	22,5	4.050,00	2.250,00	405.000,00
Getreide	600	2,5	37,5	22.500,00	3.750,00	2.250.000,00
Hühnertrockenkot	110	1	15	1.650,00	1.500,00	165.000,00
Fermenter 16						
Pressschnitzel	140	30	30	4.200,00	3.000,00	420.000,00
*) Getreidepressschnitzel				79.650,00		7.965.000,00

Fütterung 2 (Rest 265 Tage)

Fermenter 1 bis 15			pro Tag		265 Tage	
	m ³ Biogas je t Substrat	t / Fermenter	t	m ³	t	m ³
Mais	200	12	180	36.000,00	47.700,00	9.540.000,00
Pressschnitzel	140	3,5	52,5	7.350,00	13.912,50	1.947.750,00
GPS	180	3	45	8.100,00	11.925,00	2.146.500,00
Getreide	600	2,5	37,5	22.500,00	9.937,50	5.962.500,00
Hühnertrockenkot	110	1	15	1.650,00	3.975,00	437.250,00
Fermenter 16						
Pressschnitzel	150	30	30	4.500,00	7.950,00	1.192.500,00
				80.100,00		21.226.500,00

Die stündliche Biogasproduktion beträgt ca. **3330 m³** mit einem Anteil von 52% Methan im Biogas, d. h. stündlich werden ca.1750 m³ Biomethan in das Erdgasnetz eingespeist. Die Anlage produziert den Jahresbedarf von ca.12.000 Haushalten.

Wie nachhaltig ist eine Biogasanlage?**9/10 – H 2****Lehrplanbezug**

Kompetenzschwerpunkt: Die Nutzung regenerativer Rohstoffe erkunden und untersuchen	
Fachwissen anwenden	- Rohstoffe und ihre Verwendung ordnen
Erkenntnisse gewinnen	- Untersuchungen von Eigenschaften regenerativer Rohstoffe planen, durchführen und auswerten
Kommunizieren	- die Nutzung regenerativer Rohstoffe anschaulich darstellen - (ein Expertengespräch mit einem Betreiber einer Anlage zur Nutzung regenerativer Rohstoffe vorbereiten, durchführen und auswerten)
Bewerten	- die Erzeugung von Kraftstoff und Elektroenergie aus regenerativen Rohstoffen unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit bewerten
Grundlegende Wissensbestände	
<ul style="list-style-type: none"> - regenerative pflanzliche Rohstoffe - Nachhaltigkeit (umweltgerecht, sozialverträglich, wirtschaftlich) 	

(vgl. Kurslehrplan Angewandte Naturwissenschaften, S. 20)

Anregungen und Hinweise zum unterrichtlichen Einsatz

Der geplante Unterrichtseinsatz muss die beabsichtigte fachwissenschaftliche Tiefe und den vorhandenen Leistungsstand der Lerngruppe berücksichtigen (eine Abstimmung unter den Fachkollegen ist notwendig).

Unterrichtsphasen	Arbeitsphasen	Unterrichtsmaterial
Einstieg (1.-2. Std.)	Plenum Stammgruppenarbeit	Cartoon, Experiment, Materialien, Besuch einer Biogasanlage
Erkenntnisgewinnung (3.-4. Std.)	Expertengruppenarbeit	Notierhilfen 1-3
Festigung (5.-6. Std.)	Stammgruppenarbeit	Begriffskärtchen
Systematisierung (7.-8. Std.)	Einzelarbeit Plenum	Kartenmethoden Material zur Weiterarbeit

Der Unterricht beginnt mit der Vorstellung des Themas. Hierzu können u. a. die Auswertung des Cartoons, das Experiment zur Herstellung von Biogas, Fotos, Videos oder die Besichtigung einer ortsnahen Biogasanlage als Ausgangspunkt dienen. Im Klassenverband werden die weiteren Schritte und die Unterrichtsmaterialien für das Arbeiten in Stamm- und Expertengruppen mit den Schülern besprochen.

Arbeiten in den Stamm- und Expertengruppen

Die Stamm- und Expertengruppenarbeit orientieren sich an der Methode des Gruppenpuzzles und sind durch die entsprechenden Schüleraufträge konkretisiert. Die angeführte Diskussion kann auch im Klassenverband durchgeführt werden und zusätzlich die folgenden Aspekte enthalten:

Energiepflanzen für Biogasanlagen

- reduzieren die Anbaufläche für Nahrungsmittel bzw. Futtermittel,
- schaffen Agrarwüsten und zerstören Artenvielfalt,
- zerstören Wiesen und Weiden,
- verursachen weltweit Preisexplosionen und Hunger,
- brauchen noch mehr Dünger und Pflanzenschutzmittel und
- unterstützen die Entwicklung der Gentechnik.

Zusätzliche Materialien

Begriffskärtchen

Die Begriffskarten können sowohl zur Unterstützung der Stammgruppenarbeit als auch später zur Festigung von Begriffen und deren Inhalten genutzt werden.

Der Aufbau und die Funktionsweise lassen sich durch die vorgegebenen Begriffe wie folgt beschreiben.

1. Das Futter der Biogasanlage:

Die zur Erzeugung von Biogas eingesetzten Rohstoffe werden als Substrate bezeichnet. Diese sind ausschließlich nachwachsende Rohstoffe und kommen aus der Landwirtschaft (Maissilage, Zuckerrübenschnitzel), aus der Industrie (Massentierhaltung, Mist, Gülle) und den Haushalten (Bioabfälle) und werden im Silo für Biomasse gelagert.

2. Der Fermenter

Der Prozess zur Bildung von Biogas erfolgt in vier aufeinanderfolgenden biochemischen Phasen. Bei den gängigen Biogasanlagen findet eine kontinuierliche „Befütterung“ der Anlage statt, so dass diese Phasen parallel ablaufen.

Hydrolyse

Die Mikroorganismen können die Makromoleküle wie Kohlenhydrate, Proteine nicht direkt verarbeiten. Die Aufspaltung (Hydrolyse) dieser Makromoleküle in lösliche Oligomere (Oligosaccharide, Peptide) und Monomere (Monosaccharide, Aminosäuren, Fettsäuren und Glycerin) erfolgt durch Zugabe von Enzymen (Amylasen, Proteasen und Lipasen).

Quelle: Bildungsserver Sachsen-Anhalt (<http://www.bildung-lsa.de>) | Lizenz: Creative Commons (CC BY-SA 3.0) 

Acidogenese (Versäuerungsphase)

Durch säurebildende Mikroorganismen werden die Oligomere und Monomere der Hydrolyse verstoffwechselt. So entstehen Carbonsäuren, wie Propan-, Butan-, Pentansäure, Alkohole wie Ethanol sowie Schwefelwasserstoff und Ammoniak. Weiterhin entstehen Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid, die als Ausgangsprodukte für die Methanbildung (Biogas) dienen.

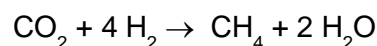
Acetogenese (essigbildende Phase)

Durch acetogene Mikroorganismen werden Carbonsäuren und Alkohole zu Essigsäure umgesetzt.

Methanogenese (methanbildende Phase)

In dieser, anaerob ablaufenden Phase wird die Essigsäure durch acetoklastische Methanbildner in Methan umgewandelt: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{CH}_4$.

Etwa 30 % des Methans wandeln sich aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid um:



3. Produkte der Biogasanlage

Durch die kontinuierliche „Fütterung“ erfolgt gleichzeitig eine ständige Entnahme von Biogas und Gärresten.

Das Biogas besteht je nach Zusammensetzung der eingesetzten Substrate aus 50–75 % Methan, 25–45 % Kohlendioxid, <1 % Schwefelwasserstoff, <1 % Wasserstoff und <3 % Stickstoff. Die Gärreste werden weitestgehend als Düngemittel verwendet. Sie sind gegenüber den Pflanzen weniger aggressiv als Rohgülle bei gleichzeitig höherer Stickstoffverfügbarkeit und geringer Geruchsbelästigung.

Biogas wird hauptsächlich zur Strom- und Wärmeerzeugung in Blockheizkraftwerken genutzt. Dazu muss das Gasgemisch getrocknet, entschwefelt und einem Biogasmotor zugeführt werden, der einen Generator antreibt. Die hierbei gebildete Wärme wird in einem Wärmeaustauscher zurückgewonnen.

Eine weitere Möglichkeit der Nutzung von Biogas ist die Einspeisung ins Erdgasverbundnetz. Hierzu ist es erforderlich, das Biogas umfassend aufzuarbeiten. Durch Entschwefelung (Entfernung von H_2S), Trocknung (Entfernung von Wasserdampf und NH_3) und der Abtrennung von Kohlendioxid erfolgt eine Konditionierung bezüglich Trockenheit, Druck und Heizwert.

Infoblatt

Das beigefügte Infoblatt (siehe Infoblatt, Online-Ergänzung) dient zur Verdeutlichung der Dimension der Biogasanlage in Könnern (siehe <http://www.nordmethan.de/koennern.html>). Zur Festigung und Rückkopplung zum Einstieg in die Thematik kann mithilfe des Infoblattes eine Diskussion über das Ziel des Energie- und Klimapakets der Bundesregierung, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf 30 Prozent und bei der Wärmeversorgung auf 14 Prozent zu erhöhen, geführt werden.

Erwarteter Stand der Kompetenzentwicklung

TA	erwartete Schülerleistung	AFB	KB
St 1	Die Schüler tauschen sich über die Entstehung von Biogas aus.	I	E, F, K
E	Die Schüler erarbeiten eine Übersicht (Skizze, Modell) über das „Futter“, den Fermenter oder die Produkte einer Biogasanlage auch unter Verwendung der Begriffskarten als Orientierungshilfe.	II/III	E, F
	Die Schüler recherchieren im Internet über das „Futter“, den Fermenter oder die Produkte einer Biogasanlage.	II/III	K
St 2	Die Schüler beschreiben den Aufbau einer Biogasanlage (unter Verwendung der Begriffskärtchen) in ihrer Stammgruppe und stellen diesen auch in der Klasse vor.	II/III	E, F
	Die Schüler führen eine Diskussion zur Nachhaltigkeit von Biogasanlagen sowohl in ihrer Stammgruppe als in der Klasse durch.	II/III	B
Z	Die Schüler diskutieren über das Ziel des Energie- und Klimapakets der Bundesregierung, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis 2020 auf 30 Prozent und bei der Wärmeversorgung auf 14 Prozent zu erhöhen.	III	E, B

TA St 1	Teilaufgaben Stammgruppenarbeit 1
TA E	Teilaufgaben Expertengruppenarbeit
TA St 2	Teilaufgaben Stammgruppenarbeit 2
Z	zusätzliche Aufgaben
AFB	Anforderungsbereich
KB	Kompetenzbereich

Mögliche Schülerlösung zur Darstellung einer Biogasanlage

