

Biogas – ein klimafreundlicher Energieträger?

Biogas ist ein erneuerbarer Energieträger zur Strom- und Wärmeerzeugung. Seine Erneuerbarkeit macht ihn nicht automatisch zu einer nachhaltigen Energiequelle. Im Unterrichtsbaustein liegt der Fokus auf der Treibhausgasbilanz der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung und -nutzung als ein ökologischer Teilaspekt der Nachhaltigkeit.

SACHINFORMATION

KLIMARELEVANZ VON BIOGAS

Die Erzeugung und Nutzung von Biogas ist klimarelevant, weil hierbei Treibhausgase (THG) sowohl vermieden als auch erzeugt werden. Die Betrachtung der Klimarelevanz von Biogas ist komplexer als die von anderen erneuerbaren Energieträgern. Denn im Vergleich zu z. B. der Solarenergie, ist die Biogaserzeugung variabel gestaltbar und durch verschiedene Faktoren, wie z. B. die Wahl des Substrates, in ihren Auswirkungen auf das Klima sehr unterschiedlich. Als erneuerbarer Energieträger

spart es im Vergleich zu fossilen Energieträgern Treibhausgasemissionen ein und erzeugt diese gleichzeitig an verschiedenen Stellen des Herstellungs- und Nutzungsprozesses in veränderlicher Größe. Für eine Klimabilanz wird der Energieaufwand für die gesamte Biogasanlage und den Herstellungsprozess, vom Substrat bis zur Verstromung, sowie alle entstehenden Treibhausgase in CO₂-Äquivalente umgerechnet (s. Wiki). So lässt sich eine vergleichbare Menge an CO₂ errechnen, die pro gewonnener Energieeinheit freigesetzt wird. Von dieser Menge abgezogen werden dann die CO₂-Einsparungen, die durch Substitution von fossil erzeugter Wärme, Mineräldüngereinsparung durch Gärrestverwertung und Methanvermeidung durch Vergärung von Wirtschaftsdüngern (z. B. Gülle oder Mist) entstehen.

Das folgende Schaubild bildet vereinfacht den Prozess der Biogaserzeugung mit allem, was an Energie, Stoffen und Gasen hineingeht (Input) und herauskommt (Output und Emissionen), ab.

BILANZ EINER LANDWIRTSCHAFTLICHEN BIOGANLAGE

Rechnerisch entstehen bei der Erzeugung von Strom durch Biogas weniger Treibhausgase als bei fossilen Energieträgern, da hier Reststoffe oder Pflanzen verwendet werden. Um die Erzeugung von Strom durch Biogas in Bezug zur

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Erdkunde, Wirtschaft, Biologie, Physik, Chemie, Natur und Technik, AG Umwelt

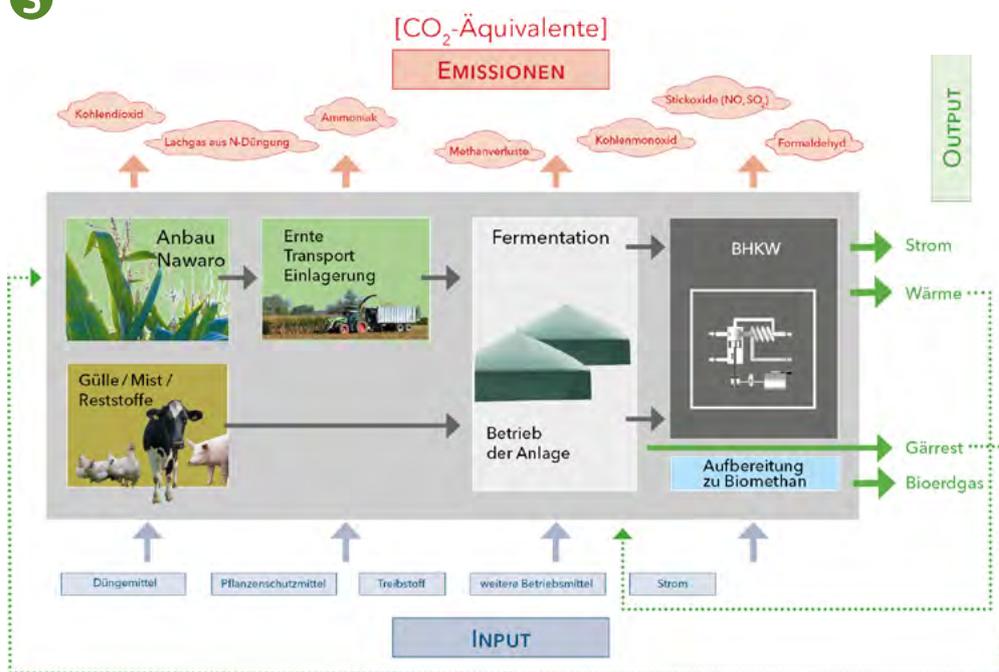
Die Schülerinnen und Schüler

- » vergleichen verschiedene Biogasanlagen nach vorgegebenen Kriterien;
- » leiten Maßnahmen zur Verbesserung von Biogasanlagen ab;
- » entwickeln eine Mindmap, in der die optimalen Bedingungen für eine Biogasanlage zusammenstellen;
- » bewerten ein vorgegebenes Analysetool kritisch;
- » beurteilen Biogasanlagen mithilfe des Nachhaltigkeitsecks;
- » führen ein Rollen-/Entscheidungsspiel zum Bau einer Biogasanlage im eigenen Bezugsraum durch.

TREIBHAUSGASBILANZ

Eine Treibhausgasbilanz beschreibt alle klimawirksamen Emissionen, die bei der Herstellung eines Produktes (z. B. Produktion von 1 kWh Strom) oder bei einer Aktivität (z. B. 100 km Autofahrt) entstehen. Die bedeutendsten Treibhausgase (THG) sind: Kohlenstoffdioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und fluorierte Treibhausgase (F-Gase). Diese Gase sorgen in der Erdatmosphäre dafür, dass Wärmestrahlung absorbiert wird, d. h. innerhalb der Erdatmosphäre verbleibt, was zu ihrer übermäßigen Erwärmung führt.

Mithilfe der Treibhausgasbilanz kann man beurteilen, wie klimafreundlich oder -schädlich etwas ist. Dabei wird die gesamte Prozesskette betrachtet, d. h. von der Rohstoffgewinnung, -bereitstellung und -verarbeitung über das Produkt bis zur Entsorgung. Maßeinheit in dieser Bilanz sind sogenannte CO₂-Äquivalente (s. Wiki).



Quelle: LLH, aus: Lernpaket „Biogas – Energie aus Biomasse“

Klimarelevanz beurteilen zu können, müssen der ganze Herstellungsprozess und die Nutzung der erzeugten Energie sowie der Reststoffe betrachtet werden.

INPUT

Bis am Ende des Prozesses Biogas entsteht, bedarf es einiges an Aufwand. Jedes Substrat, also jeder Stoff, mit dem die Biogasanlage „gefüttert“ wird, muss zunächst entstehen: als Reststoff oder „Wirtschaftsdünger“, der in der Tierhaltung anfällt oder in Form von Energiepflanzen.

Energiepflanzen, wie z. B. Mais oder die durchwachsene Silphie (s. Materialtipps), werden auf Feldern angebaut. Dabei erzeugen die landwirtschaftlichen Maschinen – je nach Energiepflanzenart in unterschiedlichen Mengen – bei der Aussaat, Pflege, Ernte und Lagerung Treibhausgase. Je weiter die Entfernungen der Flächen und die Transportwege sind, desto stärker schlägt sich dies in der Bilanz nieder.

Auch eingesetzte Dünge- und Pflanzenschutzmittel erzeugen bei ihrer Produktion sowie nach Ausbringung auf dem Acker Treibhausgase, z. B. Lachgasemissionen durch Stickstoffdüngung.

Die Vergärung von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Jauche, Mist) wird bei der Bilanzierung einerseits als Gutschrift berechnet, weil Emissionen vermieden werden, die bei anderer Lagerung der Gülle und des Mists entstanden wären. Die Methanemissionen sinken, weil der Wirtschaftsdünger viel weniger Zeit hat, um unkontrolliert Methan freizusetzen. Andererseits schlagen ggf. Transportwege, die durch Anlieferung nicht vor Ort entstehender Stoffe entstehen, negativ zu Buche.

Ebenso fließen die Herstellung bzw. Errichtung der BGA (v. a. Beton, Stahl, Kunststoffe), diffuse Methanemissionen an der Anlage (z. B. aus Gärrestlager), der Betrieb der Fermenter (Pumpen, Rührwerk etc.) sowie der Betrieb des BHKW (z. B. fossiles Zünd- und Schmieröl) in die Bilanzierung ein.

OUTPUT

Auf der Seite des Outputs stehen Strom, Wärme, Gärreste und ggf. qualitativ aufbereitetes Bioerdgas.

Der mit Biogas entstandene Strom ersetzt fossil hergestellten Strom (Kohlestrom), weshalb ihm Emissionen gutgeschrieben werden. Das Gleiche passiert, wenn die Verstromungswärme z. B. über Einspeisung in ein Nahwärmenetz zum Heizen von Wohnhäusern oder Betriebsgebäuden genutzt wird. Die Gärreste werden wieder auf Flächen ausgebracht, auf denen Futtermittel oder Energiepflanzen angebaut werden und ersetzen hier den Mineraldünger. Damit entlastet dieser Output die Klimabilanz. Zudem werden THG minimiert durch zeitnahe Einarbeitung der Gärreste in den Boden.

Die Abgase der Motoren werden in der Bilanz aufgehoben, da diese zuvor in den Substraten (bei Pflanzen durch Bindung des atmosphärischen CO_2) gebunden wurden und nicht zusätzlich THG entstehen.

VERSCHIEDENE ANLAGEN – VERSCHIEDENE KLIMABILANZEN

Die Aufzählung der einzelnen klimarelevanten Faktoren auf der In- und Outputseite zeigt, dass man sehr genau hinschauen muss, wenn man eine Biogasanlage hinsichtlich ihrer Klimabilanz

bewerten will. Die Gesamtemissionen verschiedener Anlagenkonzepte unterscheiden sich erheblich – je nach eingesetztem Substrat, Wärmenutzung, Logistik und Anlagenkonzept.

Die Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biogas kann einen bedeutenden Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten, wenn hohe Anteile von Wirtschaftsdüngern und Reststoffen eingesetzt werden, entstehende Prozesswärme hochgradig genutzt wird, Methanverluste vermieden und Rohstoffe effizient erzeugt und eingesetzt werden.



METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Für den Unterrichtsbaustein sollten mindestens drei Doppelstunden eingeplant werden. Wichtig ist, dass die Lernenden bereits die Funktionen und Arten von Biogasanlagen kennen (s. Materialtipps). Bei **Arbeitsblatt 1** lesen die Lernenden die Betriebsprofile und nehmen eine Einordnung nach den Kriterien vor. Diskursiv werden dann in Kleingruppen Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagen formuliert und das Arbeitsergebnis in einer Mindmap visualisiert. Im Plenum sollten die Aufgaben verglichen und eine Einschätzung der Methode des Punktesystems vorgenommen werden. Begründet sollten die Lernenden am Ende ein kleines Fazit zur Methode formulieren können. Die zweite Doppelstunde könnte mit einem Film zu den THG-Emissionen von Biogasanlagen starten, bevor die Lernenden in Gruppen mit **Arbeitsblatt 2** zu den einzelnen Dimensionen des Nachhaltigkeitsvierecks arbeiten. Hierzu bietet sich die Methode des Gruppen- oder Partnerpuzzles an. Gleiches gilt für das Rollen-/Entscheidungsspiel, das ebenfalls in diesem Stil bearbeitet werden kann. Wichtig ist auch das gemeinsame Reflektieren der Methode zur Überprüfung des Erkenntnisgewinns.

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Themen z. B. Hefte 5, 9, 11, 12, 40 und 53 unter [ima-lehrermagazin.de](https://www.ima-lehrermagazin.de)
- » LLH: Lernpaket „Biogas – Erneuerbare Energie aus Biomasse“ (Handbuch, 3 Poster) <https://llh.hessen.de/biogas>
- » FNR: Biogas unter <https://biogas.fnr.de/>
- » UBA-Erklärfilm: Treibhausgase und Treibhauseffekt unter <https://youtu.be/e18L3wV3pBo>
- » simpleclub: Das Dreieck der Nachhaltigkeit unter <https://youtu.be/TAIJS-qG66s?feature=shared>

Biogasanlagen – Perspektiven der Nachhaltigkeit

Zur Bearbeitung dieses Arbeitsblattes sind die beiden Extrablätter zum Download: 1-Profil von drei Biogasanlagen und 2-Punkte Check Biogasanlagen nötig.

- ① a) Vergleiche die Biogasanlagen „Hof Schulze“, „Biogasanlage Bayern-Süd“ und „Hofgemeinschaft Grüner Baum“ hinsichtlich ihres Ausstoßes an Treibhausgasen. Kreuze dazu in dem „Punkte-Check“ die zutreffenden Antworten an, trage sie in die Tabelle ein und rechne am Ende alle Punkte zusammen.

Kriterium	Hof Schule	Biogasanlage „Bayern-Süd“	Hofgemeinschaft „Grüner Baum“
Gasentweichung			
Wärmenutzung			
Überschüssiges Gas			
Substrate			
Humusaufbau			
Gärreste			
Gesamtpunkte			

- b) Erstelle ein Ranking der Biogasanlagen. Nutze hierfür die Gesamtpunktzahlen.

- ② Benenne und erläutere dein Fazit aus dem Punkte-Check mit einem Partner oder einer Partnerin. Leitet gemeinsam Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagen in Sachen Klimaschutz ab und notiert diese in einem Empfehlungsschreiben an die Betreiber der Anlagen zur Reduzierung der Treibhausgase.

Hinweis: Je weniger Punkte eine Anlage bekommt, desto weniger Treibhausgasemissionen produziert sie.

- ③ Entwickelt eine Mindmap, in der ihr die optimalen Bedingungen einer Biogasanlage zusammenstellt. Berücksichtigt dabei die Kriterien aus der Tabelle.

- ④ a) Bewertet die Methode des Punkte-Checks. Berücksichtigt dabei die Gewichtung der Punkte.
b) Welche Gewichtung würdet ihr vornehmen?

Biogasanlagen – Perspektiven der Nachhaltigkeit

- ① Für die Beurteilung der Nachhaltigkeit einer Biogasanlage sollten verschiedene Aspekte hinzugezogen werden. Beurteilt in Kleingruppen die Biogasanlage mithilfe des Nachhaltigkeitsvierecks.



- ② In deinem Dorf soll eine neue Biogasanlage gebaut werden. Biogas ist ein umstrittener erneuerbarer Energieträger, über dessen Nachhaltigkeit öffentlich kontrovers diskutiert wird, auch in eurer Gemeinde.

Diskutiert mit verteilten Rollen die Vor- und Nachteile der Gewinnung von Strom und Wärme aus Biogas. Nehmt dabei folgende Rollen ein:

- Landwirtin oder Landwirt mit Biogasanlage
- Dorfbewohnerin/Dorfbewohner (ohne landwirtschaftlichen Betrieb)
- Umweltschützerin/Umweltschützer
- Politische Entscheiderin/Entscheider (z. B. Landrätin oder Landrat)

TIPPS ZUR DURCHFÜHRUNG DES ROLLENSPIELS:

1. Bildet Gruppen nach den Rollen.
2. Sammelt Informationen in Medien, wie Zeitungen, Büchern oder im Internet.
3. Formuliert mindestens drei Vorteile und drei Nachteile in der Gruppe.
4. Übt das Vortragen eurer Argumente.
5. Wählt in der Gruppe die Person aus, die die Argumente überzeugend vorgestellt hat.
6. Stellt die Situation einer Versammlung im Rathaus nach, in der über den Bau der Biogasanlage entschieden wird.
7. Diskutiert die Standpunkte der einzelnen Rollen. Versucht einen Kompromiss zu finden.
8. Trefft eine Entscheidung.
9. Reflektiert zur Methode: Wie hat das Vortragen der Argumente geklappt? Wie haben die Personen in den Rollen gespielt? Wäre die Entscheidungsfindung in der Realität auch so abgelaufen? Was hat euch gut/weniger gut gefallen?

Die Profile der Höfe sind fiktiv für die Übung zusammengestellt und entsprechen nicht den abgebildeten Betrieben.

Profile von drei Biogasanlagen



Hof Schulze



Biogasanlage
„Bayern Süd“



Hofgemeinschaft
„Grüner Baum“

Elektrische Leistung	250 kWh*	500 kWh	2.000 kWh
Substrateinsatz	Gülle und Rindermist	Mais, Gülle, Rindermist	Geflügelmist und durchwachsene Silphie
Herkunft der Substrate	Gülle und Mist stammen von den eigenen Rindern	Gülle und Mist vom eigenen Betrieb, Mais kommt von den eigenen Feldern im Umkreis von 20 km.	Silphie wird im Umkreis von 12 km angebaut, Geflügelmist wird aus 25 km Entfernung angeliefert.
Gasentweichung	Gülle- und Gärrestelager sind abgedeckt. Eine Überdruckfackel springt an, wenn es zu viel Gas gibt, das nicht gespeichert werden kann. Überschüssiges Gas wird hier verbrannt. Mehrere Sensoren messen regelmäßig den Gasgehalt und geben Alarm, falls Gas entweicht.	Alle Behälter der Anlage sind abgedeckt und verfügen über Sensoren, die eine Gasentweichung messen. Eine Überdruckfackel springt an, wenn es zu viel Gas gibt, das nicht gespeichert werden kann. Überschüssiges Gas wird vor Ort verbrannt.	Alle Behälter der Anlage sind abgedeckt. Die Gärbehälter haben einen Überdrucksensor und einen Sensor für entweichendes Gas. Der Alarm wird auf das Handy der Anlagenleiterin geleitet. Es gibt einen zusätzlichen Gasspeicher, in dem überschüssiges Gas gespeichert werden kann.
Wärmenutzung	Die Abwärme der Motoren im Blockheizkraftwerk (BHKW) wird nicht genutzt.	Wärmenutzung für die eigenen Wohnhäuser und eine Getreidetrocknung (82% Nutzung)	Wärme wird auf dem eigenen Hof und für ein angrenzendes Gewerbegebiet genutzt (100% Nutzung)
Gärreste	Die Gärreste werden auf den eigenen Feldern als Dünger genutzt. Sie werden bodennah ausgebracht und mit einem Grubber zeitnah innerhalb von vier Stunden in den Boden eingearbeitet.	Die Gärreste werden zum Teil auf den Feldern als Dünger ausgebracht. Dafür wird Schlitztechnik angewendet, die den Dünger direkt in den Boden einarbeitet. Ein weiterer Teil wird an Nachbarbetriebe geliefert.	Ein Teil der Gärreste wird zu Pellets aufbereitet und verkauft. Der andere Anteil wird auf den Feldern ausgebracht und innerhalb einer Stunde eingearbeitet.
Ackerbau	Der Betrieb baut zwischen den Hauptackerfrüchten Zwischenfrüchte für den Humusaufbau und die Nährstoffbindung an.	Der Betrieb baut keine Zwischenfrüchte für den Humusaufbau und die Nährstoffbindung auf seinen Äckern an.	In der Fruchtfolge werden Zwischenfrüchte für den Humusaufbau und die Nährstoffbindung angebaut.

*Ausschließlich Deckung des Eigenstrombedarfs auf dem Betrieb

Punkte-Check Biogasanlage

Ungewollte Gasentwicklung

1. Sind Gülle- und Gärrestlager der Anlage abgedeckt?

- Ja 0 Punkte
Nein 2 Punkte

2. Haben die Behälter einen Sensor für Methanentweichung und wird dies regelmäßig gemessen?

- Ja 0 Punkte
Nein 2 Punkte

Wärmenutzung

3. Zu wieviel Prozent wird die Abwärme der Motoren genutzt?

- 91 - 100% 0 Punkte
81 - 90% 1 Punkt
50 - 80% 2 Punkte
Unter 50% 3 Punkte

Überschüssiges Gas

4. Was passiert mit überschüssigem Gas?

- Es wird in einer Fackel verbrannt 2 Punkte
Es entweicht in die Atmosphäre 3 Punkte
Es gibt eine Speichervorrichtung 0 Punkte

Substrateinsatz

5. Welche Substrate werden eingesetzt?

- Nur nachwachsende Rohstoffe 2 Punkte
Mischung aus Gülle, Mist und nachwachsenden Rohstoffen 1 Punkt
Nur Gülle und Mist 0 Punkte

6. Woher stammen die Substrate?

- Alle Substrate stammen vom eigenen Betrieb aus einem Umkreis von 10 km 0 Punkte
Die Substrate (oder ein Teil davon) werden aus einem Umkreis von bis zu 20 km transportiert. 1 Punkt
Die Substrate (oder ein Teil davon) werden über eine größere Entfernung transportiert. 3 Punkte

Humusaufbau

7. Werden der Humusaufbau und die Nährstoffbindung durch Zwischenfrüchte in der Fruchtfolge gefördert?

- Ja 0 Punkte
Nein 2 Punkte

Nutzung der Gärreste

8. Werden die Gärreste dem hofeigenen Nährstoffkreislauf zugeführt?

- Ja 0 Punkte
Nein 2 Punkte
Teilweise 1 Punkt

9. Werden die Gärreste nach Ausbringung auf dem Feld direkt in den Boden eingearbeitet?

- Ja, innerhalb 1 Std. 0 Punkte
Ja, innerhalb 4 Std. 1 Punkt
Nein 3 Punkte

Diese Aufgabe wurde auf Basis des „THG-Rechners“ des Bayerischen Landesamt für Landwirtschaft entwickelt und für die Aufgabenstellungen vereinfacht. Es wurden lediglich Aspekte selektiert, die von den Betriebsprofilen abgedeckt sind.

Der „THG-Rechner“ ist zu finden unter: <https://www.thg-rechner.de/>