

Da steckt Energie drin – Stoffe für die Biogasanlage

Aus Biomasse unterschiedlicher Herkunft wird in Biogasanlagen Energie gewonnen. Neben Strom entsteht dabei auch nutzbare Wärme.

SACHINFORMATION

BIOMASSE LIEFERT ENERGIE

Die Erzeugung von Strom aus Biogas ist ein Bestandteil der „Energiewende“. 12 % des regenerativ hergestellten Stroms und fast 10 % der produzierten Wärme konnten 2021 durch Biogas bereitgestellt werden. 2021 deckten ca. 9.600 Biogasanlagen rund 5 % des gesamten deutschen Strombedarfs (BMEL, 2022).

Darüber hinaus reduziert Biogas, als regional produzierte Strom- und Wärmeversorgung, die Abhängigkeit von Erdgasimporten – ein wichtiger Aspekt in Zeiten globaler Konflikte und unsicherer Versorgungslagen.

WENN KEIN WIND WEHT UND DIE SONNE NICHT SCHEINT

Gegenüber den wetterabhängigen Formen von erneuerbaren Energien, wie Windkraft- und Photovoltaikanlagen, haben Biogasanlagen einen großen Vorteil: Strom und Wärme wird auch dann produziert, wenn die Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht. Das Gas kann je nach Kapazität der Anlage gespeichert und zu einem späteren Zeit-

LERNZIELE UND KOMPETENZEN

Fächer: Biologie, Erdkunde, Wirtschaft;
Die Schülerinnen und Schüler

- » beschreiben die Zusammensetzung des Energiemixes in Deutschland/der Heimatregion;
- » erklären die Funktionsweise der Biogasanlage;
- » vergleichen unterschiedliche Substrattypen hinsichtlich ihrer Effizienz;
- » legen begründet dar, welche Substrattypen besonders effiziente Energieausbeuten besitzen und leiten Schlussfolgerungen für ihren Anbau ab.

punkt genutzt werden. Für die gleichmäßige Auslastung des Stromnetzes und die Abpufferung von Produktions- wie auch Nachfragespitzen ist dies von Vorteil.

BIOGASTECHNOLOGIE: WIE IM MAGEN EINER KUH

Das Grundprinzip der Biogasanlage ist einfach: Es werden Substrate wie Mais, Gülle oder Abfälle unter Ausschluss von Sauerstoff durch Bakterien vergoren. Dabei entsteht ein Gasgemisch: das Biogas. Dieses wird nach der Aufbereitung in einem Motor verbrannt, der einen Generator antreibt, der Strom erzeugt.

Als weitere Outputs entstehen die Abwärme der Motoren und das Endsubstrat, der „Gärrest“, der im Düngekonzept genutzt wird. Zur Funktionsweise einer landwirtschaftlichen Biogasanlage siehe Extrablatt zum Download und Materialtipps.

WORAUS WIRD BIOGAS GEWONNEN?

Biogas ist ein Gemisch aus Methan, Kohlendioxid, Stickstoff, Schwefelwasserstoff und anderen Gasen.

Biogas entsteht durch die Vergärung von Biomasse unterschiedlicher Herkunft. Diese lassen sich grob in vier Gruppen einteilen: „Wirtschaftsdünger“ (z. B. Gülle, Mist) und die „nachwachsenden Rohstoffe“ (NawaRo) als die beiden größten Gruppen, des Weiteren „Bioabfälle und Grüngut“ sowie „Reststoffe aus Agrar- und Lebensmittelindustrie“.

Die Höhe des Methan- und Kohlenstoffdioxidgehalts ist je nach Ausgangsstoff unterschiedlich. Je höher der Methangehalt, desto energiereicher ist das Gas – was für die anschließende Umwandlung in Strom bedeutsam ist.

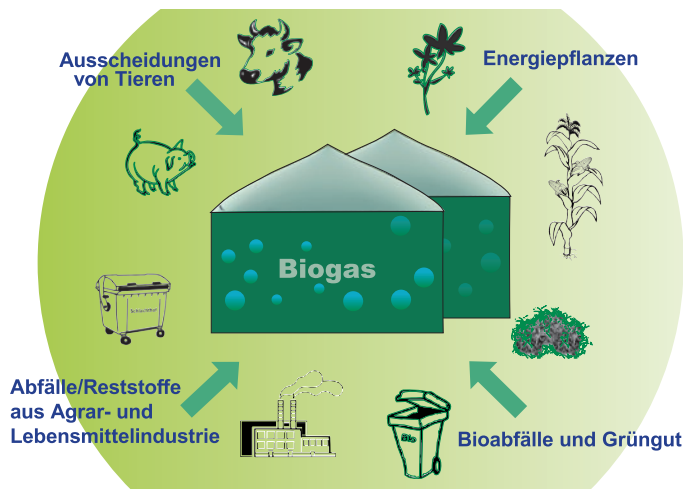
BIOGASANLAGE IST NICHT GLEICH BIOGASANLAGE

Gesetzlich wird eine Biogasanlage einem bestimmten Typ zugeordnet und muss hierfür genehmigt sein. Diese unterscheiden sich aufgrund der Art der eingesetzten Substrate. Es gibt beispielsweise: landwirtschaftliche Biogasanlagen, Abfall- und Vergärungsanlagen. Landwirtschaftliche Biogasanlagen setzen NawaRos und Wirtschaftsdünger ein, Abfall-Biogasanlagen vergären 100 % Abfälle z. B. aus der Nahrungsmittelproduktion oder z. B. Bioabfall.

ENERGIEPFLANZEN

Energiepflanzen wachsen in Deutschland auf rund 8 % der landwirtschaftlichen Flä-

VERSCHIEDENE SUBSTRATTYPEN FÜR BIOGASANLAGEN



che. Mais ist die häufigste Kulturpflanze, obschon es auch andere nachwachsende Rohstoffe gibt, die angebaut und erprobt werden, um die Vielfalt zu erhöhen und gesetzlichen Vorgaben gerecht zu werden (s. Materialtipps).

Die Gründe für oder gegen den Anbau einer bestimmten Energiepflanze sind vielschichtig. Neben Standortansprüchen spielen für die Erzeugenden der zu erwartende Methanertrag pro Hektar Anbaufläche und die Kosten von Anbau, Ernte und Bereitstellung an der Biogasanlage eine wesentliche Rolle.

Vergleicht man zum Beispiel den Anbau von Mais und Sorghumhirse, so fällt auf, dass der Ertrag an Frischmasse pro Hektar Anbaufläche ähnlich ausfällt. Die erheblich höhere Methanausbeute von ca. 5.000 Normkubikmeter (Nm³) pro Hektar lässt den Mais jedoch als Sieger hervorgehen. Daten zu weiteren Energiepflanzens siehe AB 1.

ALLES MIST? GÜLLE – JAUCHE – MIST

Neben nachwachsenden Rohstoffen sind unterschiedliche Wirtschaftsdünger in den meisten Biogasanlagen ein Hauptbestandteil, z. B. Gülle (Definition s. Wiki), in ihr steckt noch hohes Energiepotenzial. Abschließend wird der Gärrest als

Dünger auf die Felder ausgebracht. Ähnlich wie die Energiepflanzen sind auch Gülle und Mist unterschiedlich in ihrem Energiegehalt (siehe AB 2).

BIOABFALL

Diese beiden anderen Stoffgruppen werden in wesentlich geringerem Umfang für die Biogasproduktion genutzt. Bioabfälle und Grüngut aus kommunaler Sammlung werden oftmals im Anschluss an

die Vergärung noch kompostiert, sodass als Output wertvolle Komposterde als Pflanzsubstrat oder zur Düngung von z. B. Gemüsefeldern entsteht. Reststoffe und Abfälle aus der Agrar- und Lebensmittelindustrie sind z. B. Schlachthof- und Molkereiabfälle oder Trester aus der Saftproduktion. Derartige Abfälle werden zudem aus hygienischen Gründen im Prozess der Vergärung durch spezielle Techniken behandelt. Der Biogasertrag von Abfällen variiert naturgemäß je nach Abfallart und -zusammensetzung stark.

Substrat	Biogasertrag	Methangehalt Vol,-%
Bioabfall (40 % TM)	123,0 m ³ /t FM	60,0
Speisereste (16 % TM)	94,7 m ³ /t FM	60,0
Altbrot (65 % TM)	497,2 m ³ /t FM	53,0
Obsttrester (22 % TM)	112,1 m ³ /t FM	52,0

Während der Einsatz von Abfall- und Reststoffen auf hohe Akzeptanz stößt, werden Substrate wie Mais und Zuckerrübe oftmals kritisch betrachtet aufgrund der Nutzungskonkurrenz zu den Lebensmitteln. Für den nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen ist das Abwägen zwischen ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Faktoren unerlässlich.



METHODISCH-DIDAKTISCHE ANREGUNGEN

Für die unterrichtliche Umsetzung empfiehlt es sich, problemorientiert einzusteigen. Dazu sollte ein Lebensweltbezug über ein aktuelles Thema hergestellt werden, z. B. den Bau einer Biogasanlage in der Region oder die Nachrüstung vieler Häuser mit Photovoltaikanlagen. Gemeinsam wird die **Statistikseite** des Strommixes betrachtet (S. 25) und die Frage aufgeworfen, woraus Energie gewonnen werden kann. Auf diese Weise wird das Vorwissen aktiviert und das Interesse am Sacherhalt geweckt. Die Lehrkraft sollte im Fortgang das Unterrichtsgespräch auf Biogasanlagen und die genutzten Substrate legen. Im Plenum wird dann eine Leitfrage formuliert, z. B.: Wie funktioniert eine Biogasanlage und welche Substrate sind besonders effizient in der Nutzung?

In der ersten Erarbeitungsphase sollte das **Extrablatt** genutzt werden, auf dem beispielhaft eine landwirtschaftliche Biogasanlage schematisch dargestellt und in ihrer Funktionsweise erläutert wird. Dazu können Texte oder Videos ergänzend genutzt und die Aufgaben beantwortet werden. Die zweite Phase wird in einem Partnerpuzzle organisiert. So bearbeitet eine Lerngruppe das **Arbeitsblatt 1** mit Schwerpunkt Energiepflanzen, die andere Gruppe das **Arbeitsblatt 2** mit Schwerpunkt Wirtschaftsdünger in Einzelarbeit. Hier wird der Bezug der eingesetzten Biomasse zum eigenen Energieverbrauch hergestellt. Im nächsten Schritt kommen die Lernenden in Zweiergruppen zusammen und berichten über das Gelesene. Auch ein Lerntempoduett, bei dem in Einzelarbeit erst **Arbeitsblatt 1** gelöst, danach an einer Haltestelle ein Partner (der ebenfalls fertig ist) gesucht und zu zweit **Arbeitsblatt 2** bearbeitet wird, ist möglich. Gemeinsam wird die Leitfrage beantwortet und es kann ein Plakat, Erklärvideo oder eine Präsentation erstellt werden. Die **Sammelkarte** (S. 15/16) regt an, in einem Experiment Biogas selbst herzustellen.

ZWEI ENERGIEPFLANZEN IM VERGLEICH

1 ha SORGHUMHIRSE



Ertrag: 35–55t FM
Methanertrag: ca. 3.100 Nm³
Strom für ca. 3 Haushalte
Wärme für ca. 1 Haushalt

1 ha SILOMAIS









Ertrag: 40–60t FM
Methanertrag: ca. 5.000 Nm³
Strom für ca. 5 Haushalte
Wärme für ca. 2 Haushalt

LINK- UND MATERIALTIPPS

- » Anknüpfende Themen in lebens.mittel.punkt z. B. Heft 5 (Grüne Energie voraus – Der Energielieferant Mais), Heft 9 (Die Maispflanze – Großes Getreide mit vielerlei Nutzen), Heft 11 (Energiepflanzen), Heft 12 (Organische Chemie für grüne Power – Energiegewinnung aus Pflanzen) unter ima-lehrermagazin.de
- » Lernpaket Biogas (Handbuch, 3 Poster) <https://lh.hessen.de/umwelt/biorohstoffnutzung/umweltbildung/bildungsmaterialien/>
- » FNR: <https://biogas.fnr.de/>

Energiepflanzen im Vergleich

Energiepflanzen zählen zu den nachwachsenden Rohstoffen. Sie werden angebaut, um Strom und Wärme zu gewinnen und stellen somit eine Quelle für erneuerbare Energien dar. Die bekannteste Energiepflanze ist Mais. Aber auch andere Pflanzen kommen in Biogasanlagen zum Einsatz (vgl. Tabelle).

	Methanausbeute BHKW-Wirkungsgrad	Mittelwerte	Anzahl versorgter Haushalte mit Strom mit Wärme	
 1 ha Silomais [40–60 t FM**]	3.956–5.934 Nm ³ Methan ≈ 14.985–22.477 kWh _{el} /ha*	4.945 Nm ³ Methan ≈ 18.731 kWh _{el} /ha*		2,0
 1 ha Zuckerrüben [55–75 t FM**]	3.523–4.803 Nm ³ Methan ≈ 13.343–18.195 kWh _{el} /ha*	4.163 Nm ³ Methan ≈ 15.769 kWh _{el} /ha*	4,7	
 1 ha Durchwachsende Silphie [38–58t FM**]	2.871–3.828 Nm ³ Methan ≈ 10.874–14.499 kWh _{el} /ha*	3.349,5 Nm ³ Methan ≈ 12.686,5 kWh _{el} /ha*		1,8
 1 ha Sudan- gras/Sorghum [38–58 t FM**]	2.392–3.759 Nm ³ Methan ≈ 9.061–14.238 kWh _{el} /ha*	3.075,5 Nm ³ Methan ≈ 11.649,5 kWh _{el} /ha*	3,2	
 1 ha Grünland [23–43 t FM**]	2.001–3.808 Nm ³ Methan ≈ 7.579–14.424 kWh _{el} /ha*	2.904,5 Nm ³ Methan ≈ 11.001,5 kWh _{el} /ha*		1,3
 1 ha Getreide- korn Roggen [4,3–6,8 t FM**]	1.390–2.179 Nm ³ Methan ≈ 5.264–8.255 kWh _{el} /ha*	1.784,5 Nm ³ Methan ≈ 6.759,5 kWh _{el} /ha*	2,8	
			1,7	0,8

Nm³: Normkubikmeter (Volumeneinheit zum Vergleich von Gasmengen, die bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen vorliegen)






- 1 Stelle die Mittelwerte der Methanerträge grafisch in einem Säulendiagramm dar, indem du links die Pflanze mit den höchsten und rechts die mit den geringsten Erträgen anordnest.
- 2 Im Nachbardorf möchte ein Landwirt zwei Hektar Durchwachsende Silphie zur Nutzung in einer Biogasanlage anbauen. Überlege dir, was du mit der Energie aus dieser Fläche machen könntest und ergänze die Tabelle, indem du ausrechnest, wie lange du die genannten Haushaltsgeräte nutzen kannst. Füge weitere Geräte hinzu.
- 3 Die Methanerträge der einzelnen Pflanzen schwanken von Jahr zu Jahr und zwischen den Standorten. Notiere mögliche Gründe für diese Schwankungen. Wähle eine Pflanze aus und recherchiere zu ihren Ansprüchen hinsichtlich Wasser- und Nährstoffversorgung, Boden- und Standortbedingungen. Vergleiche und diskutiere deine Ergebnisse mit der Klasse.

Gerät	Leistung des Geräts	Nutzungsdauer
Föhn	2.000 Watt	
Staubsauger	55 Watt	
Toaster	950 Watt	
Playstation		

Biogas – Strom aus der Tierhaltung

In den Ausscheidungen von Nutztieren steckt viel Energie. In der Tabelle werden die Mengen an Gülle und Mist für ein Tier pro Stellplatz und Jahr sowie die Ausbeute an Methan und Strom dargestellt.

Faustzahlen Biogas

	Milchkuh → 17 m ³ Gülle / Tierplatz und Jahr	289 Nm ³ Methan ≈ 1.095 kWh _{el}	→  2.000 Watt
	Mastschwein → 1,6 m ³ Gülle / Tierplatz und Jahr	19 Nm ³ Methan ≈ 73 kWh _{el}	
	Mastrind → 2,8 t Festmist / Tierplatz und Jahr	185 Nm ³ Methan ≈ 562 kWh _{el}	
	Legehennen → 2 m ³ Rottemist / 100 Tierplätze und Jahr	164 Nm ³ Methan ≈ 621 kWh _{el}	

Grafik: LLH

Nm³: Normkubikmeter (Volumeneinheit zum Vergleich von Gasmengen, die bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen vorliegen)

- 1** Erkläre, was eine Milchkuh mit einem Föhn zu tun hat. Bewerte dazu die Aussagen nach richtig und falsch und berichtige fehlerhafte Aussagen. Nutze hierfür die angegebenen Werte für die Kuh sowie den Föhn.

a.) 1.000 Watt entsprechen 1 kW

Korrekt 0,1 kWh 10 kWh 100 kWh

b.) Um dir 15 Minuten die Haare zu föhnen (2.000 Watt-Föhn) benötigst du 1.000 kWh.

Korrekt 100 kWh 500 kWh 1.500 kWh 200 kWh

c.) Aus der Gülle, die zwei Milchkuhe in einem Jahr produzieren, können ca. 1.095 kWh Strom erzeugt werden.

Korrekt ca. 548 kWh 1.500 kWh ca. 2.190 kWh ca. 3.285 kWh

d.) Mit der Gülle einer Milchkuh kannst du einen Föhn (Leistung 2.000 Watt) 50 Stunden betreiben.

Korrekt 100 Std. 500 Std. 1.000 Std. 2.000 Std.
- 2** Ein Mensch nutzt einen Föhn (Leistung 2.000 Watt) 15 Minuten pro Tag. Wie viele Menschen können ein Jahr lang täglich einen Föhn nutzen, wenn er von der Gülle einer Milchkuh/Jahr betrieben wird?
- 3** Ein Haushalt (HH) mit 4 Personen verbraucht im Mittel etwa 5.000 Kilowattstunden Strom im Jahr. Teilt euch in vier Gruppen. Jede Gruppe ordnet sich einem der oben genannten Tiere zu („HH-Milchkuh“, „HH-Mastschwein“, etc.). Berechnet: Wie viele Tiere (Tierplätze/Jahr) würde euer HH benötigen, um euren Strombedarf mit/aus Biogas zu decken? Achtung: Beachtet bei der HH-Legehennen die angegebene Tierzahl!
- 4** In den letzten Jahren ist die Weidehaltung von Kühen politisch unterstützt worden. Erläutere den Konflikt zwischen Weidehaltung und der Erzeugung von Biogas aus Gülle.