

# Grüngelbe Energie voraus!

## Der Energielieferant Mais

**Ebenso wie die Industrie vermehrt auf nachwachsende Rohstoffe setzt, wächst auch die Nachfrage nach biogenen Energiequellen für Strom, Wärme und Kraftstoffe. Beim Einsatz energiereicher Biomasse nimmt Mais neben Holz und Raps eine Spitzenstellung ein. Er ist der wichtigste Biomasselieferant für die zunehmende Energiegewinnung in Biogasanlagen. Was ist Biogas, wie wird es hergestellt und was macht den Mais für diese Anlagen so nützlich?**

### Sachinformation:

#### Biomasse als Energieträger

Über die Fotosynthese speichern Pflanzen Energie in ihrer Biomasse: Aus Wasser und Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) bilden sie unter der Einwirkung von Sonnenenergie und mithilfe des grünen Blattfarbstoffs Chlorophyll das energiereiche



Die kleinen Keimlinge wachsen schnell, da sie  $\text{CO}_2$  und Sonnenlicht gut verwerten.

Kohlenhydrat Glucose und Sauerstoff. Die Pflanzen binden die Sonnenenergie also als chemische Energie. Die Glucose ist dann Baustein für größere Moleküle wie Stärke und Cellulose, welche die Pflanze als Energiereserven speichert oder für ihr Wachstum nutzt. Bei der späteren Energiegewinnung aus den Pflanzen gelangt der Kohlenstoff wieder in die Atmosphäre und somit zurück in den Kreislauf.

#### Mais als Energieträger

Mais gehört zu den sogenannten  $\text{C}_4$ -Pflanzen. Sie binden das  $\text{CO}_2$  effizienter als  $\text{C}_3$ -Pflanzen wie Weizen oder Gerste und verdunsten dabei sogar weniger Wasser. Sie wandeln also mehr  $\text{CO}_2$  in Kohlenhydrate um. Die leistungsstarken Maispflanzen wachsen bis zu 15 Zentimeter pro Tag und insgesamt meist 2,5 Meter hoch. Die dicken Halme und Kolben sind reich an Faserstoffen, die Körner an den Kolben reich an Stärke. Die Maispflanze bildet somit von der Aussaat des Saatkorns Mitte April bis zur Ernte der

### Lernziele und Kompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler

- definieren Biomasse und nachwachsende Energieträger;
- stellen die Zusammenhänge und Stoffströme bei der Energiegewinnung aus Biomasse dar;
- ergänzen einen Text über die Entstehung und Verwertung von Biogas;
- erklären die Vorteile der Nutzung von Mais als Energielieferant.

**Fach:** Chemie zu den Themen Methan, Gärung, Oxidation/Verbrennung, Energieumsätze und -flüsse sowie Erdkunde zu den Themen Energiequellen, Kreislaufwirtschaft

stattlichen Pflanze Ende September pro Hektar mehr energiehaltige Biomasse als andere Getreidearten. Für die Nutzung als Energielieferant wird fast die ganze Pflanze abgeschnitten, fein gehäckselt und luftdicht als Silomais eingelagert.

#### Energiegewinnung aus Pflanzen

Energie aus Biomasse kann durch Verbrennung, Vergasung oder durch Verflüssigung gewonnen und freigesetzt werden, wie z.B. beim Heizen mit Holz. Um die Energie aus Maispflanzen und anderem organischem Material zu nutzen, lässt man die Biomasse zuvor von Mikroorganismen in großen, luftdichten Gärbehältern, den Fermentern, umwandeln. Dadurch gewinnt man einen gut brennbaren Rohstoff, der effizient und sauber verwendbar ist: das Biogas.

## Die Biogasbildung

Dieser Prozess, Methangärung genannt, entspricht einem mehrstufigen, komplexen Vorgang mit verschiedenen Mikroorganismen in einer anaeroben Umgebung. In vier Phasen zerlegen diverse Bakterien und Hefen mit ihren Enzymen große Moleküle wie Stärke und andere Kohlenhydrate in kleinere Einheiten, danach in Alkohole, organische Säuren, CO<sub>2</sub> und Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Im Weiteren bilden sie vermehrt Essigsäure und H<sub>2</sub>, welche schließlich durch spezielle Bakterien zu brennbarem Methan (CH<sub>4</sub>) und Wasser reduziert bzw. oxidiert wird.

Ein solcher Abbau von organischem Material von Pflanzen und Tieren kommt natürlicherweise in Sümpfen und Seen, bei der Verdauung von Wiederkäuern und Termiten, aber auch auf Mülldeponien und in Kläranlagen vor. Vor Millionen Jahren gebildetes und in Erdschichten eingeschlossenes Biogas kennt man als Erdgas mit bis zu 90 Prozent Methan.

## Der Energieträger Biogas

Das Biogas in den Fermentern ist ein Gemisch, vor allem aus leicht entzündlichem, farb- und geruchlosem Methan – 55 bis 70 Prozent – und nicht brennbarem CO<sub>2</sub>. Die Verbindung Methan ist das kleinste Molekül aus der Reihe der Alkane, leichter als Luft und auch als Treibhausgas bekannt. Außerdem enthält das Gemisch kleine Mengen an Wasserstoff, Stickstoff und Schwefelwasserstoff. Nach der Entnahme des Gases aus dem Gärbehälter wird das Biogas bis zum gewünschten Methananteil aufbereitet.

## Substrate und Methanausbeute

Der Methananteil des Biogases hängt von den vergärten Substraten ab. Deren Spektrum reicht von speziell angebaute Energiepflanzen über Futter- und Erntereste, Biomüll aus Haushalten und Gewerbe bis zu Exkrementen aus der Tierhaltung. Wichtigste Energiepflanze für Biogas ist der Mais: Er liefert über 90 Prozent der Biomasse. Diese Spitzenposition verdankt er seinem hohen Biomasseertrag, seiner guten Anbau-, Ernte- und Lagerfähigkeit und schließlich einer

## Material und Links:

- Film über Mais unter [www.maiskomitee.de](http://www.maiskomitee.de) → Service → Unterhaltung
- Carmen-Mappe „Nachwachsende Roststoffe“ für Hauptschulen oder Gymnasien (v.a. Kap. 5 Biogas) aus Aulis Deubner Verlag, (Bezugsadresse: [www.carmen-ev.de](http://www.carmen-ev.de) → Hintergrund → Publikationen)
- Animierter Film zu Biogasanlagen unter [www.bio-energie.de/service/videos](http://www.bio-energie.de/service/videos)
- Unterrichtseinheit „Bio gibt Gas“ inkl. Film mit zweiminütigem Abschnitt zu Biogasanlagen unter [www.planet-schule.de](http://www.planet-schule.de)
- Darstellung des Gesamtthemas unter <http://de.wikipedia.org/wiki/Energiemais>

effektiven Gasausbeute aufgrund einer günstigen Zusammensetzung. Damit ist der Mais gut verfügbar und erreicht bei geringen Kosten hohe Methanerträge pro Hektar Anbaufläche.

## Verstromung im Kraftwerk

Biogas verbrennt mit bläulicher Flamme. Dabei setzt es chemische Energie in Form von Wärme und Licht frei (exotherme Reaktion). Zur Verstromung wird das methanreiche Biogas in Blockheizkraftwerken (BHKW) in einem Motor verbrannt. Dieser treibt mit der entstehenden Wärme einen Generator an, der Stromspannung erzeugt. Dabei fällt ein Teil der Energie als Abwärme an (Kraft-Wärme-Kopplung): Sie beheizt Gebäude in der Nähe. Den gewonnenen Strom speist der Anlagenbetreiber ins öffentliche Netz ein. Der Gasertrag eines Hektars Mais versorgt auf diese Weise fünf Haushalte für etwa ein Jahr mit Strom.

## Biogas aus Mais als Chance

Erneuerbare Energieträger wie Biogas schonen fossile Ressourcen und beugen dem Treibhauseffekt vor. Sowohl der Silomais als auch das fertige Biogas lassen sich – im Gegensatz zu Sonnen- und Windenergie – als Reserve für Zeiten mit hohem Stromverbrauch lagern. Das ist ein deutlicher Vorteil. 2010 entfielen laut Schätzungen knapp fünf Prozent der deutschen Ackerflächen auf den Maisanbau zur Biogasnutzung. Knapp 6.000 Biogasanlagen stellten eine Gesamtleistung von fast 2.300 Megawatt elektrisch (MWe) bereit. Mit dem Interesse an Biogas wird auch die Nachfrage

nach ertragreichen und leicht vergärbaren Substraten wie Mais weiter wachsen. Diese Entwicklung hat nicht nur Befürworter, da der Anbau in großen Monokulturen befürchtet wird. Doch der Mais leistet seinen Beitrag für eine ressourcenschonende und umweltverträgliche Kreislaufwirtschaft. Entgegen der Vorurteile braucht er selbst in Schwerpunktreionen des Anbaus wenig Pflanzenschutzmittel. Zudem lässt er sich bei ausreichender Wasserversorgung gut mit Zwischenfrüchten in der Teilbrache oder mit Untersaaten anbauen. Diese steigern die Biomasseerträge je Hektar zusätzlich und erhalten die Kulturpflanzenvielfalt in Regionen, wo viel Mais benötigt wird.

## Methodisch-didaktische Anregungen

Der Fokus sollte darauf liegen, dass die SchülerInnen die Stoffkreisläufe nachvollziehen und Biogas aus Mais als wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieerzeugung sowie Landwirte als Energieversorger kennenlernen. Mit den gewonnenen Einblicken können sie die öffentliche Diskussion selber bewerten.

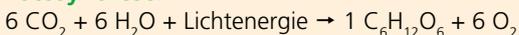
Der Unterricht beginnt mit einem stummen Impuls in Form der These „Mais macht Strom“ an der Tafel. Was fällt der Klasse dazu ein? Als weiterer Input kann das Stichwort „Biogasanlage“ helfen. Einen alternativen Einstieg bietet ein Film des Maiskomitees (siehe Material und Links).

Im Anschluss bearbeiten die SchülerInnen die beiden Arbeitsblätter: Mit **Arbeitsblatt 1** bringen sie die wichtigsten Stufen des Energieflusses zu Papier, mit **Arbeitsblatt 2** fassen sie die Herstellung, die Nutzung und das Potenzial von Biogas zusammen.

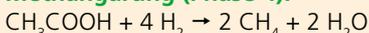
Für eine intensivere Betrachtung der chemischen Aspekte liest die Klasse nach dem Einstieg gemeinsam die gesamte Sachinformation. In Kleingruppen verbildlichen sie die Hauptaussagen einzelner Textabschnitte, z.B. die vier Phasen im Fermenter, und stellen die Schaubilder anschließend vor. Teile der Arbeitsblätter sind dann Basis für eine Hausaufgabe.

## Reaktionsgleichungen zur Bindung und Freisetzung von Bioenergie

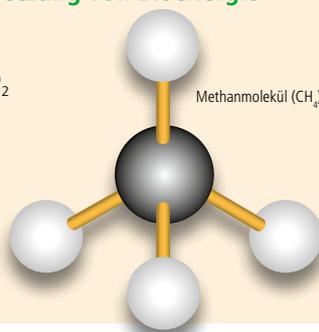
### Fotosynthese:



### Methangärung (Phase 4):



### Verbrennung von Methan:



# Energie vom Acker

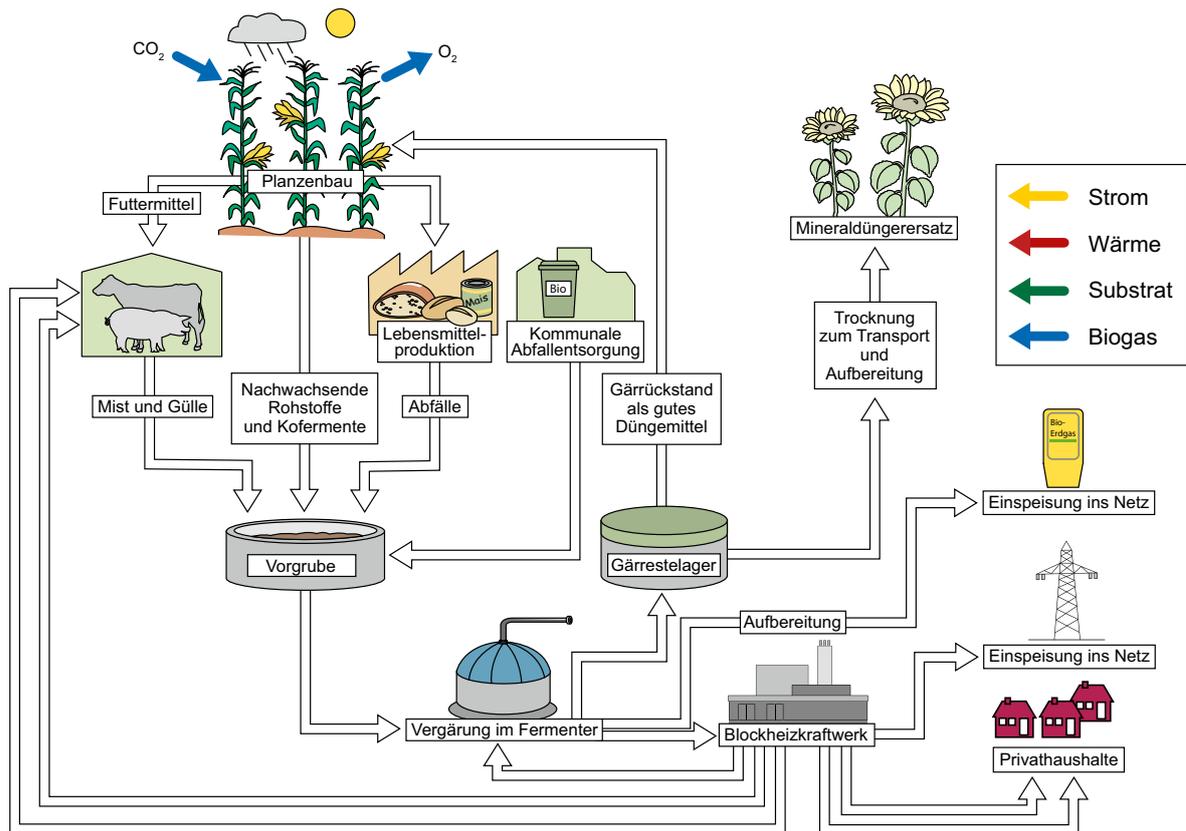
## Aufgabe 1:

Lies den Text zur Energiegewinnung aus Mais und anderer Biomasse und färbe die Pfeile im Schaubild gemäß der Farben in der Legende ein, um die Verknüpfungen und Stoffströme darzustellen.

In den letzten Jahren hat sich die Produktion von Biogas als Energiequelle für Strom und Wärme zu einem bedeutenden Wirtschaftsfaktor in der deutschen Landwirtschaft entwickelt. Die Landwirte übernehmen damit eine wachsende Rolle bei der Energieerzeugung.

Das Biogas entsteht bei der Vergärung von organischem Material in einem Gärbehälter mit Bakterien. Die Biomasse stammt aus verschiedenen Quellen, hauptsächlich aus Mais. Das Gas kann zur Wärmeproduktion wie Erdgas oder Erdöl in Heizkesseln verbrannt werden. Zur kombinierten Erzeugung von Strom wird das Biogas in Blockheizkraftwerken (BHKW) in einem Motor verbrannt. Der Motor setzt die entstehende Wärme in Bewegung um und treibt einen Generator an, der daraus Stromspannung erzeugt. Die als Nebenprodukt anfallende Wärme heizt dann Betriebsgebäude oder Privathaushalte.

Das Gärsubstrat Mais wie auch das fertige Biogas lassen sich gut lagern. Damit können in Zeiten mit hohem Stromverbrauch Reserven eingespeist werden. Das ist ein deutlicher Vorteil von Biogasanlagen gegenüber anderen Erneuerbaren Energien wie Windkraft und Solarenergie.



## Aufgabe 2:

Ein Hektar Mais liefert Biogas für etwa 16.000 Kilowattstunden (kWh) Strom. Fragt eure Eltern, wie viel Strom deine Familie im Jahr verbraucht. Wie lange könnte man den Haushalt deiner Familie mit dem Strom aus 1 ha Mais versorgen?

**Beispiel:**  $16.000 \text{ kWh} : 3.500 \text{ kWh} = < 5 \text{ Jahre}$

# Multitalent Biogas

## Aufgabe 1:

Vervollständige den Text mit den aufgelisteten Textbausteinen.



## Was ist Biogas?

Biomasse, Sauerstoff, Methananteil, Exkrememente, Gärbehälter, Biogas, Bakterien, Biogasgemisch, Strom, Erdgas, Energiepflanzen, brennbares

In Biogasanlagen kommen Energiepflanzen wie Mais und andere Gräser, Ernterückstände und tierische Exkrememente (Gülle, Mist) sowie Speisereste und organische Abfälle (z.B. Klärschlamm) zum Einsatz. Jedes organische Material gibt bei seinem Abbau ohne Frischluft energiereiches, also brennbares Gas ab. Eine Biogasanlage nutzt diesen natürlichen Prozess, um Energie zu gewinnen.

Die Substrate werden im Gärbehälter, dem Fermenter, unter Ausschluss von Licht und Sauerstoff von Mikroorganismen vergoren. Je nach Mischung der Biomasse und Verfahren arbeiten die Bakterien bei meist 32 bis 42 Grad Celsius. Dabei entsteht Methan und Kohlenstoffdioxid. Dieses Biogasgemisch sammelt sich in der Haube des Fermenters und wird von dort abgeleitet. Der Methananteil liegt bei 55 bis 70 Prozent und ist damit geringer als bei fossilem Erdgas (bis zu 90 Prozent). Je nach Verwendungszweck wird der Methananteil in einer Gasaufbereitungsanlage angereichert, sonst geht das Biogas direkt in das Blockheizkraftwerk. Aus der Biomasse eines Hektars Mais entstehen auf diese Weise etwa 9.000 m<sup>3</sup> Gas. Bei dessen Verbrennung gewinnt man ein Drittel der Energie als Strom (16.000 kWh) und zugleich immer Wärme, mit der Betriebsgebäude oder Privathaushalte in der Nähe beheizt werden.

## Aufgabe 2:

Lies den Text und beantworte die Fragen.

## Was spricht für Biogas als Energiequelle?

Biomasse ist lagerfähig, rund um die Uhr verfügbar und flexibel einsetzbar. Daher stellt sie neben Sonnen- und Windenergie eine wichtige Säule der Versorgung mit Erneuerbaren Energien dar und spart fossile Rohstoffe. Mais spielt eine besondere Rolle, weil er nicht nur hohe Biomasserträge pro Hektar erbringt, sondern sich auch gut lagern lässt und relativ methanreiches Gas bildet. Die Bioenergie bietet den Landwirten ein zusätzliches Standbein und bringt Arbeitsplätze in ländliche Regionen. Besonders die kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme erwirtschaftet Geld, das sonst für Energie aus der Ferne ausgegeben wird (regionale Wertschöpfung). In Regionen mit starker Viehhaltung helfen Biogasanlagen, Stoffkreisläufe zu schließen. Die kontrollierte Vergärung von Biomasse vermindert zudem den Ausstoß von klimaschädlichen Gasen und unangenehmen Gerüchen. Biogas ist eine vielseitige Energiequelle, deren Potenziale in Deutschland gerade entdeckt werden. Die Anzahl und die Leistung der Biogasanlagen nimmt stetig zu, sodass die Menge an Strom, Wärme und Kraftstoff aus Biogas wächst. Zusammen mit Holz und anderen biogenen Energieträgern deckte sie im Jahr 2009 schon 7,2 Prozent des gesamten Energieverbrauchs.

- Warum ist es ein Vorteil, dass Mais und Biogas flexibel einsetzbar sind?
- Welchen Vorteil haben die hohen Maiserträge?
- Erkläre die wirtschaftlichen Effekte der Biomassenutzung.
- Erläutere die beiden Wege, mit denen Biogasanlagen den Ausstoß von klimaschädlichen Gasen vermindern.