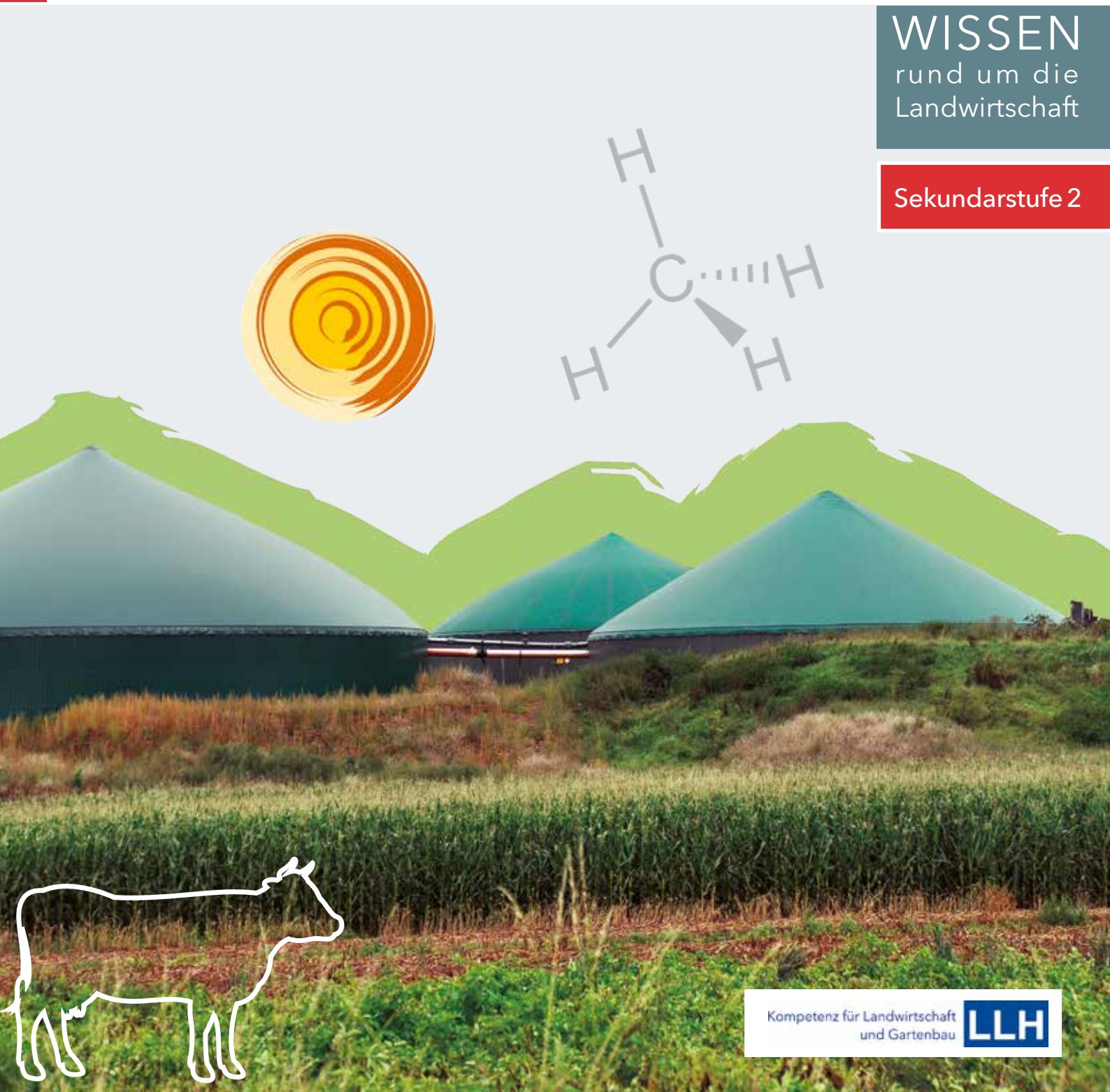


# Biogas

## Energie aus Biomasse

WISSEN  
rund um die  
Landwirtschaft

Sekundarstufe 2



## Was ist Biogas?

Biogas ist ein brennbares Gas, das durch die Vergärung von Biomasse (Pflanzen, Gülle, biogene Rest- und Abfallstoffe) entsteht. Diese Vergärung findet unter Ausschluss von Luft (anaerob) in einem geschlossenen Behälter statt. Das hier entstehende Biogas wird entschwefelt, kondensiert, abgeleitet und als Energieträger genutzt.

Das Prinzip der anaeroben Vergärung kommt auch natürlicherweise z. B. im Schlamm von Gewässern, in Sümpfen und Mooren, im Pansen von Wiederkäuern oder beim Reisanbau vor.

### Zusammensetzung des Biogases

Die Zusammensetzung des Biogases hängt stark von der eingesetzten Biomasse ab. Im Allgemeinen besteht es etwa:

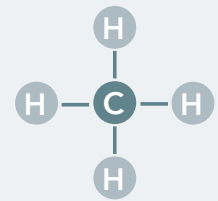
- zu 50-60 % aus Methan,
- zu 30-40 % aus Kohlendioxid,
- in geringen Mengen (unter 2 %) aus Wasser, Schwefelwasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Ammoniak und Wasserstoff

Zum Vergleich:  
Methangehalt  
von H-Erdgas = 87-99 %

### Methan - ein Kohlenwasserstoff

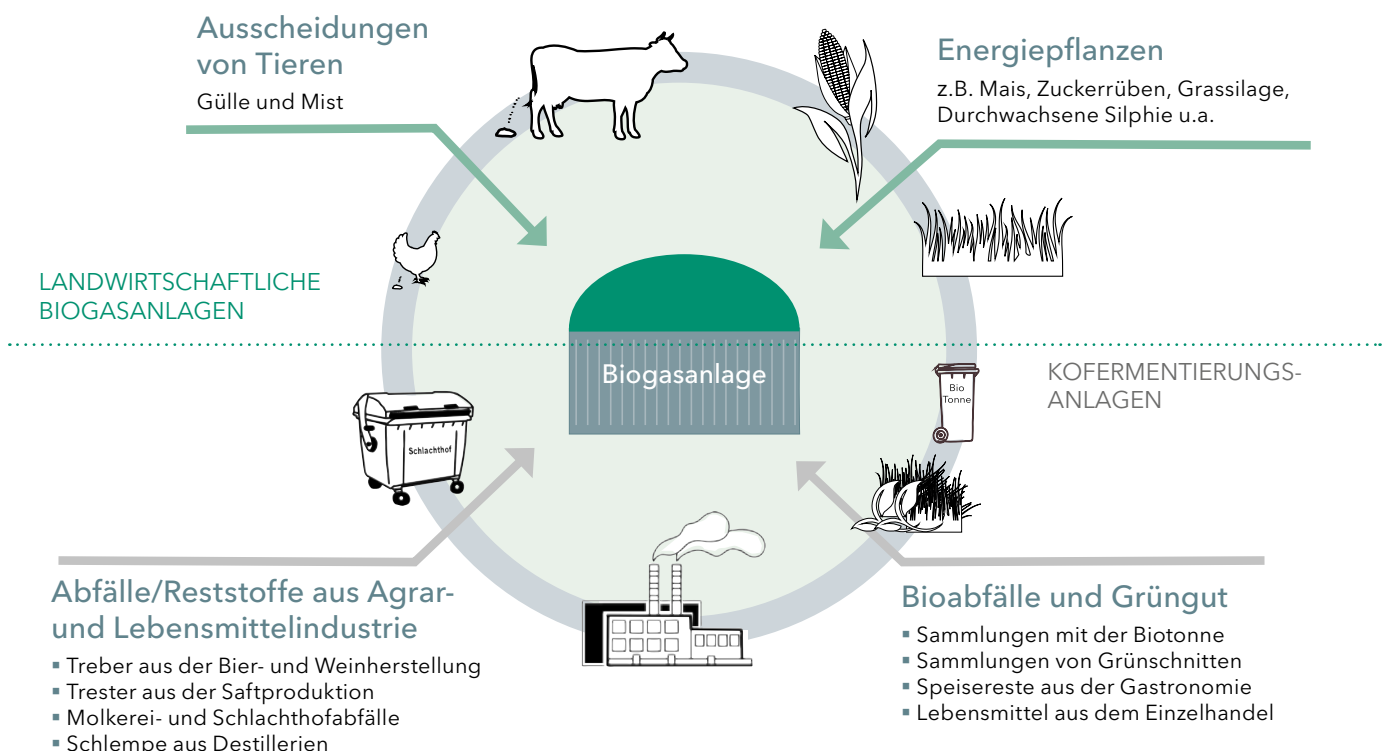
Methan ist der Hauptbestandteil von Erdgas. Methan-Moleküle bestehen nur aus Kohlenstoff- und Wasserstoff-Atomen. Allgemein bezeichnet man diese Verbindungen als Kohlenwasserstoffe.

Methan ist der einfachste Kohlenwasserstoff (Alkan) mit der Molekülformel  $\text{CH}_4$ .



## Daraus wird Biogas hergestellt: Vielfalt der Substrate für Biogasanlagen

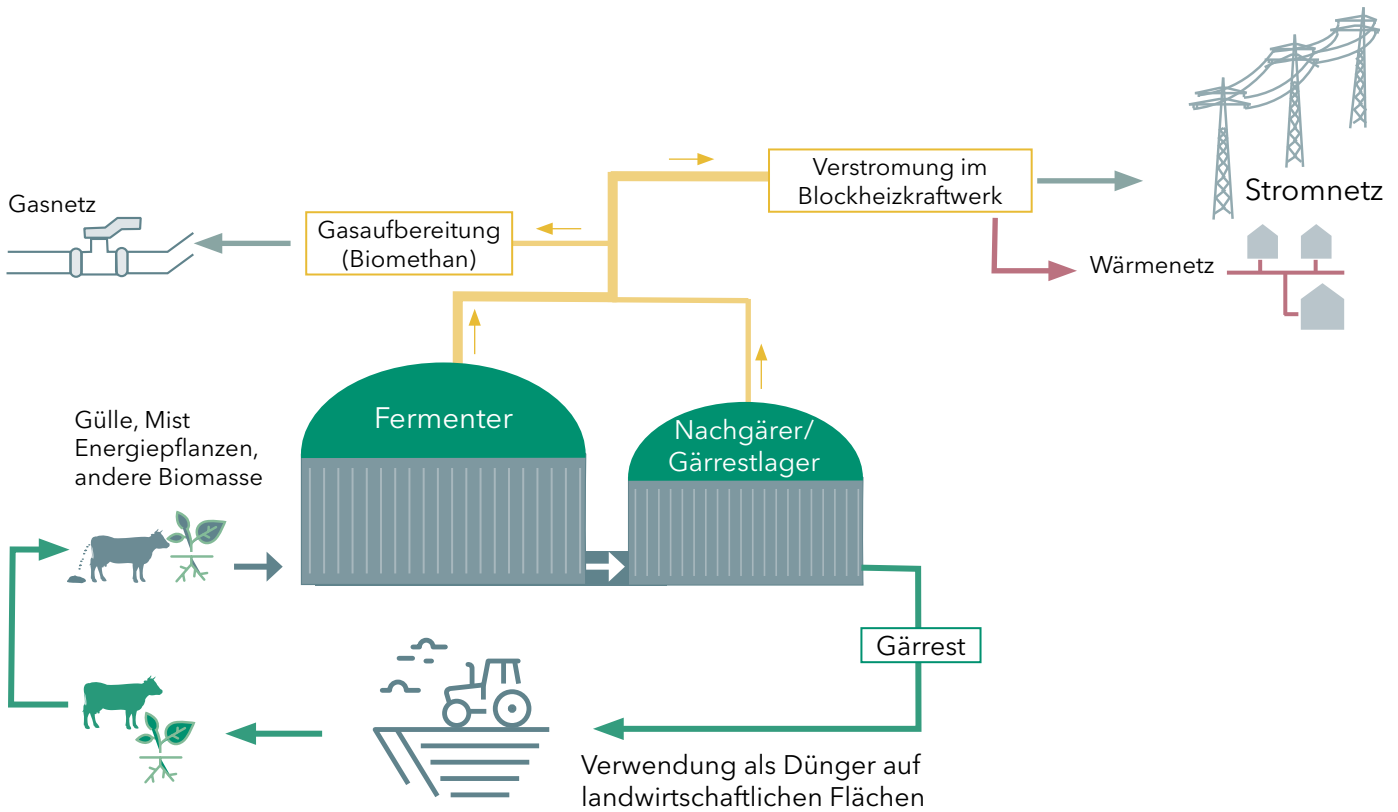
Die Rohstoffe (Biomasse), die im Gärbehälter vergoren werden, nennt man *Substrate*.



## Energie- und Stoffkreisläufe einer landwirtschaftlichen Biogasanlage

Biogasanlagen sind in ihrem Aufbau unterschiedlich – je nachdem welche Substrate genutzt werden und welche Technologie zugrunde liegt.

Die folgende Grafik stellt eine landwirtschaftliche Biogasanlage dar, in der sogenannte *Wirtschaftsdünger* (Gülle, Jauche, Mist) sowie Energiepflanzen vergoren werden und die Reststoffe (*Gärrest*) wieder in den Nährstoff-Kreislauf zurückgeführt werden:

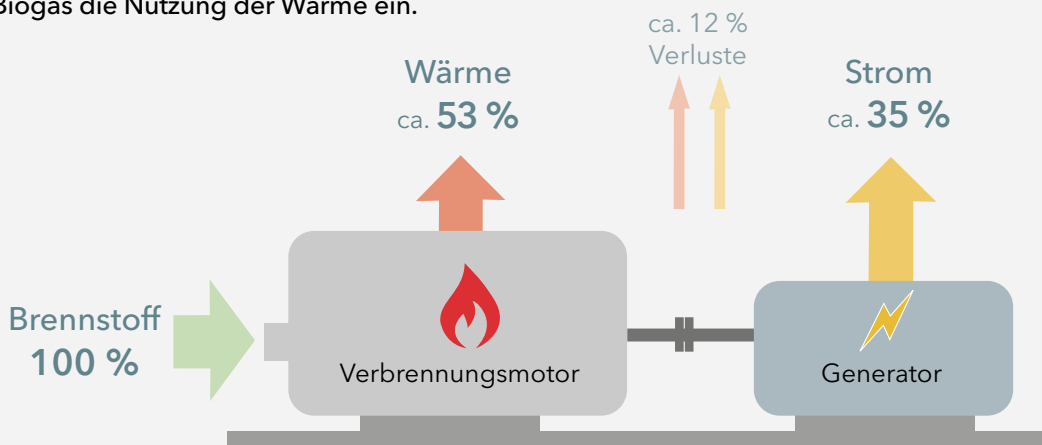


## Wie funktioniert ein Blockheizkraftwerk (BHKW)?

Im Blockheizkraftwerk (kurz: BHKW) wird das erzeugte Biogas verstromt. Das BHKW ist eine Anlage, in der gekoppelt Strom und Wärme erzeugt werden (Kraft-Wärme-Kopplung).

Ein BHKW besteht aus einem Verbrennungsmotor und einem Generator, in dem die Verbrennungsenergie in Strom umgewandelt wird. Als Nebenprodukt des Verbrennungsprozesses entsteht Wärme.

Der elektrische Wirkungsgrad eines BHKW liegt bei etwa 40 %. Deshalb schließt eine effiziente Nutzung des Energieträgers Biogas die Nutzung der Wärme ein.



## So entsteht Biogas: Die vier Phasen der Vergärung

Biogas entsteht durch den natürlichen Prozess des mikrobiellen Abbaus der Substrate im Fermenter der Biogasanlage. Dabei setzen Mikroorganismen die enthaltenen Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette in die Hauptprodukte Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) um.

### 1. Stufe: Hydrolyse (Verflüssigung)

In dieser Phase spalten Bakterien die molekulare Struktur der Biomasse auf.

Komplexe Verbindungen des Ausgangsmaterials werden in einfachere Verbindungen zerlegt: Fette zu Fettsäuren und Glycerin, Eiweiße zu Aminosäuren, Kohlenhydrate zu Einfachzucker umgewandelt.

### 2. Stufe: Acidogenese (Versäuerung)

In dieser säurebildenden Phase werden die gelösten Stoffe der Hydrolyse von den Bakterien zu organischen Säuren umgewandelt (Butter-, Essig- und Propionsäure). Als Nebenprodukte entstehen in kleineren Mengen Wasserstoff, Alkohole und Kohlenstoffdioxid.

Dieser Prozess erfolgt solange, bis die Bakterien durch den niedrigen pH-Wert ihrer Abbauprodukte in ihrem Abbauprozess gehemmt werden.

### 3. Stufe: Acetogenese (Essigsäurebildung)

Während der Acetogenese werden die entstandenen Fettsäuren mit Hilfe von Bakterien zu Essigsäure umgewandelt. Auch hier entstehen als Nebenprodukte Wasserstoff und Kohlendioxid. Da die Bakterien, welche für die Bildung von Essigsäure verantwortlich sind, von dem entstehenden Wasserstoff in ihrem Stoffwechsel beeinträchtigt werden, finden die Essigsäure- und Methanbildung gleichzeitig statt. Denn die methanbildenden Bakterienstämme benötigen für ihre Synthese genau jenen Wasserstoff.

### 4. Stufe: Methanogenese (Methanbildung)

Methanogene Bakterien wandeln die Essigsäure sowie Wasserstoff und Kohlendioxid zu Methan um. Nebenprodukte dieser Phase sind Kohlendioxid und Wasser. Die Bestandteile des entstandenen Biogases sind auf Seite 2 aufgeführt.

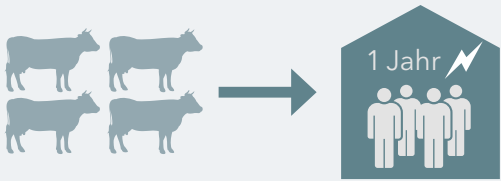
Diese Prozesse laufen in der Biogasanlage **gleichzeitig** ab, jedoch nicht mit gleicher Geschwindigkeit.



Blick in den Fermenter:

Schwefelablagerungen am Netz  
Entschwefelung durch Zufuhr von Sauerstoff

Sichtbare Biogasblasen  
an der Oberfläche



Mit der Gülle von 4 Milchkühen kann man so viel Biogas erzeugen, um einen 4-Personenhaushalt ein Jahr mit Strom zu versorgen.

## Energiepflanzen für die Biogasanlage

Im Jahr 2023 wurden auf rund 8 % der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands nachwachsende Rohstoffe für die Vergärung in Biogasanlagen angebaut - hiervon rund 66 % Mais.<sup>1</sup> Es gibt eine Vielfalt an geeigneten Energiepflanzen, mit denen unterschiedliche Mengen an Methan produziert werden können.

Hier einige Beispiele:



**Silomais** 1 ha liefert

- Ertrag: 40-60 t FM
- Methanertrag: ca. 5.000 Nm<sup>3</sup>
- Strom für ca. 5 Haushalte
- Wärme für ca. 2 Haushalte



**Durchwachsene Silphie** 1 ha liefert

- Ertrag: 45-60 t FM
- Methanertrag: ca. 3.300 Nm<sup>3</sup>
- Strom für ca. 3 Haushalte
- Wärme für ca. 1 Haushalt




**Zuckerrübe** 1 ha liefert

- Ertrag: 55-75 t FM
- Methanertrag: ca. 4.200 Nm<sup>3</sup>
- Strom für ca. 4 Haushalte
- Wärme für ca. 2 Haushalte

<sup>1</sup> nach Schätzungen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Welche gibt es noch?  
Hier findest du mehr Energiepflanzen:



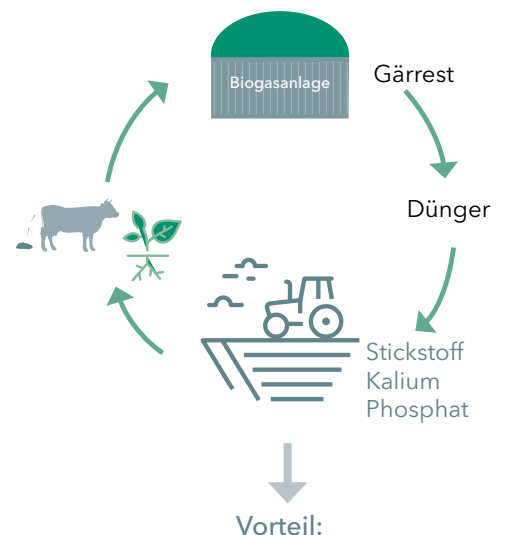
## Was nach der Vergärung übrig bleibt: Der Gärrest schließt den Stoffkreislauf

Nach Abschluss der Methanbildung bleibt als Rest ein wässriges Gemisch von nicht vollständig abgebauten organischen Substanzen (z.B. Lignin, Zellulose) und anorganischen Substanzen (z.B. Sand und mineralisierte Nährstoffe) übrig.

Dieser Rest wird als **Gärrest** bezeichnet und als **Dünger** weiterverwendet. Er ist wesentlich geruchsärmer als Gülle und wird von den Pflanzen besser aufgenommen.

Mit ihm werden Acker- und Grünlandflächen gedüngt, auf denen u.a. die Energiepflanzen für die Biogasanlage und das Futter für die Tiere angebaut werden können, deren Ausscheidungen schließlich wieder in die Biogasanlage kommen.

→ So gehen Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphat und Kalium nicht verloren und bleiben im Nährstoffkreislauf.



**Vorteil:** Weniger Einsatz von mineralischem Dünger, dessen Herstellung (fossile) Energie verbraucht und Treibhausgas-Emissionen erzeugt.

## Sicherheit beim Betrieb einer Biogasanlage

In Biogasanlagen werden große Mengen hoch entzündlicher Gase erzeugt. Zudem befinden sich in den Gasbehältern wassergefährdende Stoffe wie z. B. Gülle. Deshalb gelten für das Betreiben einer Anlage eine Fülle an **Sicherheitsbestimmungen, Auflagen und Vorschriften**, die umgesetzt und einzuhalten sind, damit die Anlagen sicher laufen.

### Zum Beispiel

- müssen die Betreiberinnen und Betreiber regelmäßige Schulungen absolvieren,
- müssen alle Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Betreiben der Biogasanlage in Arbeits- und Betriebsanweisungen genauestens geregelt bzw. beschrieben werden,
- wird die gesamte Anlage während des Betriebes überwacht (Prozesskontrolle) und Betriebsstörungen werden angezeigt,
- werden die Anlage und alle Sicherheitsvorkehrungen regelmäßig einer Überprüfung durch externe Stellen unterzogen.



P003 – Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten



D-P006 – Zutritt für Unbefugte verboten

## Biogas als Teil der Energiewende

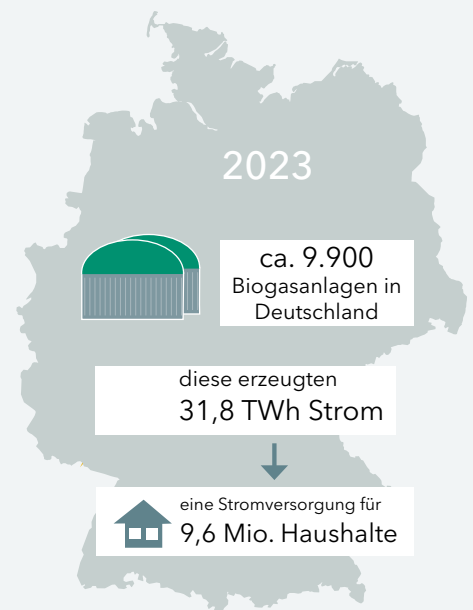
Biogas ist ein **erneuerbarer Energieträger für die Strom- und Wärmeerzeugung**, der die fossilen Energieträger (z.B. Erdgas, Kohle) zum Teil ersetzt und einen Beitrag zur erneuerbaren Energieversorgung leistet. Es wird mittels Blockheizkraftwerk (BHKW) zu Strom umgewandelt oder aufbereitet und ins Erdgasnetz eingespeist. Die bei der Verstromung anfallende Wärme wird zur Beheizung der Gärbehälter selbst oder für die Erwärmung von Gebäuden genutzt.

### Anteil Biogas an Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung

In 2023 stammten 51,8 % (= 272,4 Mrd. kWh) des in Deutschland erzeugten Stroms aus erneuerbaren Energiequellen (Windkraft, Photovoltaik, Biomasse, Wasserkraft).

Biogas und Biomethan trugen hier rund 31,8 Mrd. kWh bei.

(Quelle: destatis, 26.06.2024)



1 TWh = 1.000.000.000 kWh

## Biomethan als Kraftstoff

Biomethan wird auch als Treibstoff in Erdgasfahrzeugen genutzt. Im Vergleich zu fossilem Erdgas verursacht Biomethan hier bedeutend weniger Treibhausgas-Emissionen.

Die Zahl der mit Erdgas betriebenen Autos ist in Deutschland seit langem rückläufig; ebenso die Anzahl der Tankstellen, die diesen Treibstoff anbieten.



1 m<sup>3</sup> Biogas → entspricht energetisch → 0,6 m<sup>3</sup> Erdgas  
→ 0,6 l Heizöl

## Was sind Vorteile der Energieversorgung mit Biogas?

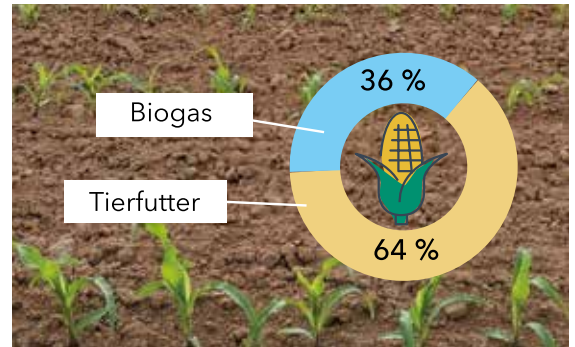
Die Produktion von Biogas hat gegenüber der Wind- und Sonnenenergie den Vorteil, dass die Energie flexibel und witterungsunabhängig bereitgestellt werden kann (auch wenn der Wind nicht weht und die Sonne nicht scheint) und speicherbar ist (Gasspeicher).

## Wird der Mais in Deutschland nur für Biogas angebaut?

In Deutschland wurde im Jahr 2023 auf 2,47 Mio. Hektar Mais angebaut. Das meiste davon, nämlich 64 %, wurde als Tierfutter verwendet, d.h. für die Milch und Fleischproduktion, etwa 36 % für die Energiegewinnung in Biogasanlagen.

Ob als Tierfutter oder zur Energiegewinnung, in beiden Fällen wird der Mais als ganze Pflanze geerntet, gehäckselt und siliert, um ihn haltbar zu machen. Dafür wird die frische Masse in Silos gefüllt, verdichtet und luftdicht abgedeckt.

Das EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) regelt wie groß die maximalen Einsatzmengen von Mais und Getreide sein dürfen.



## Beitrag von Biogasanlagen zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen (THG)

Biogas hilft, Treibhausgasemissionen zu reduzieren, besonders wenn es fossile Energieträger ersetzt. Folgende Bedingungen reduzieren Treibhausgase:

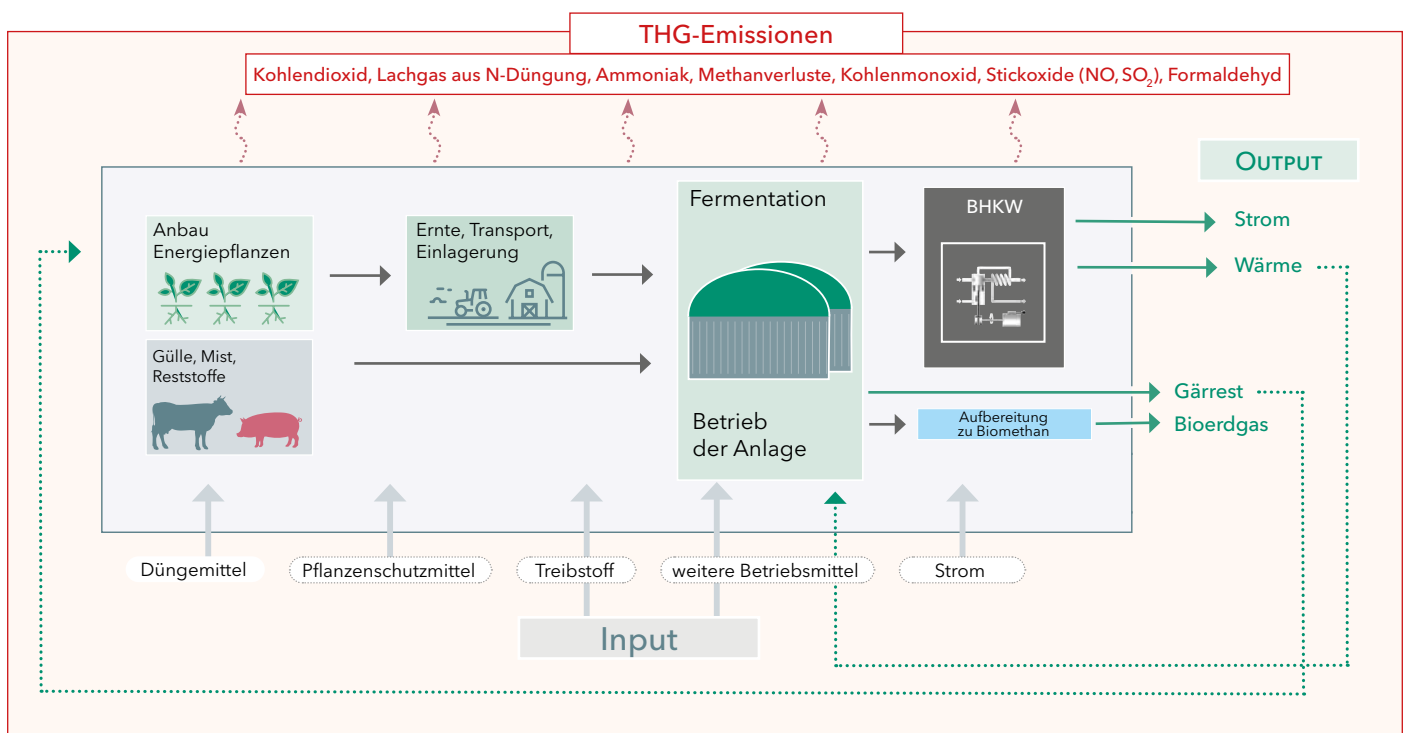
- wenn viele Wirtschaftsdünger und Reststoffe vergoren werden
- wenn die Biogasanlage effizient betrieben wird
- wenn Energiepflanzen effizient angebaut werden

Mehr zum Aspekt der Klimarelevanz von Biogasanlagen findest du hier:



Die Berechnung und Beurteilung der THG-Bilanz einer Biogasanlage ist sehr komplex und kann nicht pauschal erfolgen. Denn es müssen sowohl alle Emissionen wie auch die Einsparungen gegenüber fossilen Energieträgern entlang der gesamten Prozesskette berücksichtigt werden.

Folgende Grafik soll dies verdeutlichen:



HESSEN



**Herausgeber**

Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen  
HessenRohstoffe  
Am Sande 20, 37213 Witzenhausen  
Telefon: 05542 3038-350  
Email: [hero.bs@llh.hessen.de](mailto:hero.bs@llh.hessen.de)  
[www.llh.hessen.de](http://www.llh.hessen.de)



Stand: 12/2024