

**Wesentliche Einflussfaktoren für die Treibhausgasbilanz der Strombereitstellung aus Biogas:  
Erläuterung anhand ausgewählter Praxisbeispiele**



**Nr. V - 3/2016**

---

Zusammengestellt für die Arbeitsgruppe V (Betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung) im „Biogas Forum Bayern“ von:

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Berechnung der Treibhausgasbilanz von Biogasanlagen.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Erläuterung der Ergebnisse.....</b>	<b>7</b>
<b>4. Handlungsmöglichkeiten.....</b>	<b>9</b>
<b>5. Literaturhinweise.....</b>	<b>10</b>

## 1. Einleitung

Die Bereitstellung von Strom und Wärme aus Biogas kann einen bedeutenden Beitrag zur Senkung der Treibhaus (THG)-/Klimagasemissionen leisten. Durch die Biogasnutzung können fossile Energieträger bzw. Brennstoffe ersetzt und Klimagasemissionen vermieden werden, die ohne Biogaserzeugung in den landwirtschaftlichen Prozessen auftreten würden. Die vorliegende Fachinformation illustriert die THG-Bilanz der Strombereitstellung aus Biogas im Vergleich zu konventionellen Energieträgern anhand beispielhafter Berechnungen für vier reale, konventionell wirtschaftende Biogasbetriebe in Bayern.

## 2. Berechnung der Treibhausgasbilanz von Biogasanlagen

Abbildung 1 zeigt in schematischer Form die wesentlichen klimawirksamen Material- und Energieströme landwirtschaftlicher Biogasketten.

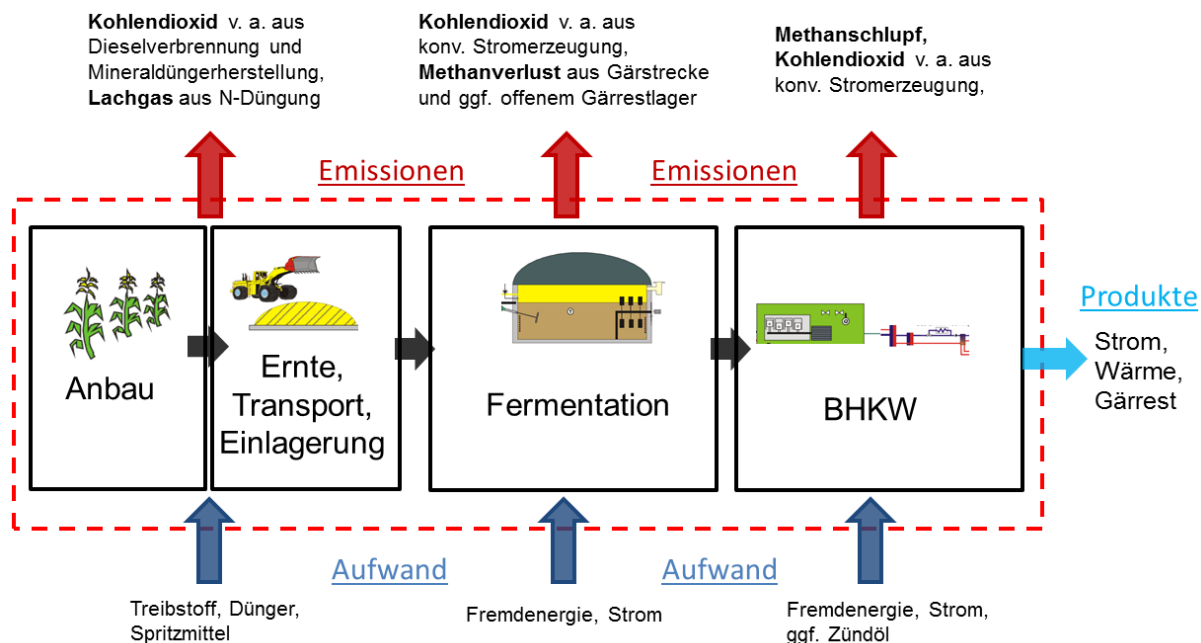


Abbildung 1: Schema der Verfahrensabschnitte der landwirtschaftlichen Biogasproduktion mit klimarelevanten Stoff- und Energieströmen, die für die Bilanzierung zu berücksichtigen sind.

Um die Vorgehensweise bei der THG-Bilanzierung möglichst praxisnah zu illustrieren, werden im Folgenden die THG-Bilanzen der Strombereitstellung in vier realen, konventionell wirtschaftenden Biogasbetrieben in Bayern vorgestellt (siehe auch Tabelle 1):

- Betrieb 1 hat sich auf die Strom- und Wärmebereitstellung aus Biogas spezialisiert.
- Betrieb 2 setzt neben Mais-, Gras- und Getreideganzpflanzensilage die im eigenen Mastbetrieb anfallende Schweinegülle für die Biogaserzeugung ein.
- Betrieb 3 liegt im Voralpengebiet und setzt Grassilage vom intensiven Grünland (fünf Schnitte, Gesamt-Stickstoff-Einsatz je ha: 282 kg) sowie Rindergülle von Nachbarbetrieben ein.
- Betrieb 4 ist ebenfalls ein Schweinemastbetrieb, realisiert aber im Vergleich zu Betrieb 2 einen wesentlich höheren Massenanteil an Schweinegülle für die Biogasproduktion.

Tabelle 1: Charakterisierung der bilanzierten Biogasbetriebe

ID	Einsatzstoffe*	EI. BHKW-Leistung, kW	Anteiliger Strombedarf**, %	Anteiliger Wärmeabsatz***, %
1	MS: 61 %, GS: 25 %, GPS: 10 %, CCM: 2 %, RG: 2 %	630	7,7	81
2	MS: 36 %, GS: 18 %, GPS: 15 %, SG: 12 %, RG: 4 %, G: 4 %	990	6,2	57
3	GS: 55 %, RG: 45 %	100	17,6	92
4	MS: 52 %, SG: 36 %, GPS: 8 %, CCM: 4 %	207	10	70

\*) Massenanteile der Einsatzstoffe in Prozent, CCM: Corn-Cob-Mix, G: Getreidekorn, GPS: Getreide-Ganzpflanzensilage, GS: Grassilage, KG: Kleegrassilage, MS: Maissilage, RG: Rindergülle, RM: Rindermist, SG: Schweinegülle; \*\*) bezogen auf die Stromerzeugung; \*\*\*) bezogen auf die nach Abzug des Anlagenbedarfs verfügbare BHKW-Wärme.

Die Datenerfassung auf den einzelnen Betrieben sowie die zusätzlich getroffenen Annahmen werden im Folgenden kurz beschrieben:

**Einsatzstoffe/Substrate:** Die Masse der eingesetzten Substrate wurde den Wiegetagebüchern der Betriebe entnommen. Angaben zum Dieserverbrauch sowie zu den eingesetzten Mengen an Düngern und Pflanzenschutzmitteln wurden von den Betriebsleitern erfragt.

**Gärstrecke:** Der elektrische Energiebedarf der Gärstrecke wurde in Summe erfasst und für einzelne Komponenten auch getrennt gemessen. Betriebe 3 und 4 bezogen die elektrische Energie für den Anlagenbetrieb aus dem öffentlichen Stromnetz („Deutscher Strommix“). Der Methanverlust aus der Gärstrecke durch Undichtigkeiten wurde pauschal mit 1 % des an den Biogasanlagen gemessenen Methanertrags abgeschätzt. Alle Biogasanlagen besitzen Gärrestlager mit Abdeckung und Gaserfassung.

**Blockheizkraftwerk (BHKW):** Basierend auf Messungen an Praxisanlagen wurde der Methanschlupf der BHKW einheitlich mit 1,5 % der Methanproduktion angenommen.

**Vorleistungen:** Unter diesem Begriff wurden die Treibhausgasemissionen zusammengefasst, die durch Bauvorleistungen und Instandhaltungsmaßnahmen an Maschinen, Geräten und Aggregaten sowie die Bereitstellung von Brennstoffen und Hilfsenergie verursacht werden.

**Gutschrift für die Substitution fossiler Wärmeträger:** Für den zu Heizzwecken genutzten Anteil der BHKW-Wärme wurde eine Gutschrift in Höhe der Treibhausgasemissionen berechnet, die für die entsprechende Wärmebereitstellung im „Bayerischen Wärme-Mix“ angefallen wären. Diese betragen je MJ Nutzwärme 0,075 kg CO<sub>2</sub>-Äq [1].

**Gutschrift für die Vergärung von Gülle und Mist:** Diese Gutschrift entspricht den THG-Emissionen in Form von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O), die bei der offenen Lagerung von Gülle und Mist anfallen würden. Als Emissionsfaktor für CH<sub>4</sub> wurde für Schweinegülle ein Wert von 25 % und für Rindergülle ein Wert von 17 % jeweils bezogen auf das maximale Methanbildungspotenzial angesetzt; für N<sub>2</sub>O wurde sowohl für Schweinegülle als auch für Rindergülle ein Emissionsfaktor von 0,004 kg N<sub>2</sub>O-N je kg Stickstoffgehalt verwendet [2].

Alle THG-Emissionen aus der Prozesskette (vgl. Abbildung 1) wurden addiert und in CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-Äq) umgerechnet. Hierfür werden die CH<sub>4</sub>-Emissionen mit dem Faktor 25 und die N<sub>2</sub>O-Emissionen mit dem Faktor 298 multipliziert [1]. Die berechneten CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen werden auf die bereit gestellte, ins Stromnetz eingespeiste elektrische Energie in Kilowattstunden (kWh) umgelegt. Ebenso wird mit den vermiedenen TGH-Emissionen durch die Substitution fossiler Energieträger bzw. die Vergärung von Gülle oder Mist vorgegangen. Im Saldo erhält man die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen der Strombereitstellung aus Biogas in kg/kWh nach folgender Formel (Ergebnisse siehe Abbildung 2):

$$\begin{aligned}
 &CO_2 - \ddot{A}q \text{ Saldo der Strombereitstellung, kg / kWh} = \\
 &= CO_2 - \ddot{A}q (\text{Substratbereitstellung}) + CO_2 - \ddot{A}q (\text{Gärstrecke}) + CO_2 - \ddot{A}q (\text{BHKW}) + CO_2 - \ddot{A}q (\text{Vorleistungen}) \\
 &- CO_2 - \ddot{A}q (\text{Wärmebereitstellung}) - CO_2 - \ddot{A}q (\text{Wirtschaftsdüngerlagerung})
 \end{aligned}$$

Da diesbezüglich noch große methodische Defizite bestehen, wurde eine eventuelle Freisetzung bzw. Festlegung von CO<sub>2</sub> aus bzw. im Humuskörper des Bodens in der THG-Bilanz des Substratanbaus nicht berücksichtigt. Diese würde dann auftreten, wenn eine massive Nutzungsänderung der betreffenden Fläche vorgenommen würde (z. B. Umbruch von Grünland) oder die Humusbilanz am Standort langfristig stark unausgeglichen wäre. Um dieses zu beurteilen, müssten die Nutzungshistorie und längerfristige Fruchtfolge bekannt sein.

### 3. Erläuterung der Ergebnisse

Abbildung 2 zeigt die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen und Gutschriften für die Strombereitstellung in den vier Biogasbetrieben im Saldo und in der Aufteilung auf die einzelnen Abschnitte der Biogaskette. In allen vier Fällen stammt der größte Anteil der THG-Emissionen aus der **Substratbereitstellung**. Im Falle von **Betrieb 1** sind dies CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen von 270 g/kWh, was 59 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen entspricht. Die **Gärstrecke** und das **BHKW** haben jeweils einen Anteil von ca. 18 % an den CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen. Die **Vorleistungen** und der **Betrieb der Anlage** fallen hingegen kaum ins Gewicht, da der Strombedarf dieser Anlage vom BHKW-Strom abgezweigt wird (Überschusseinspeisung). Den Emissionen steht eine **Gutschrift** für vermiedene Emissionen aus der **Wärmebereitstellung** in etwa der gleichen Höhe gegenüber, so dass sich im Saldo vergleichsweise sehr geringe spezifische CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen von ca. 2 g/kWh errechnen.

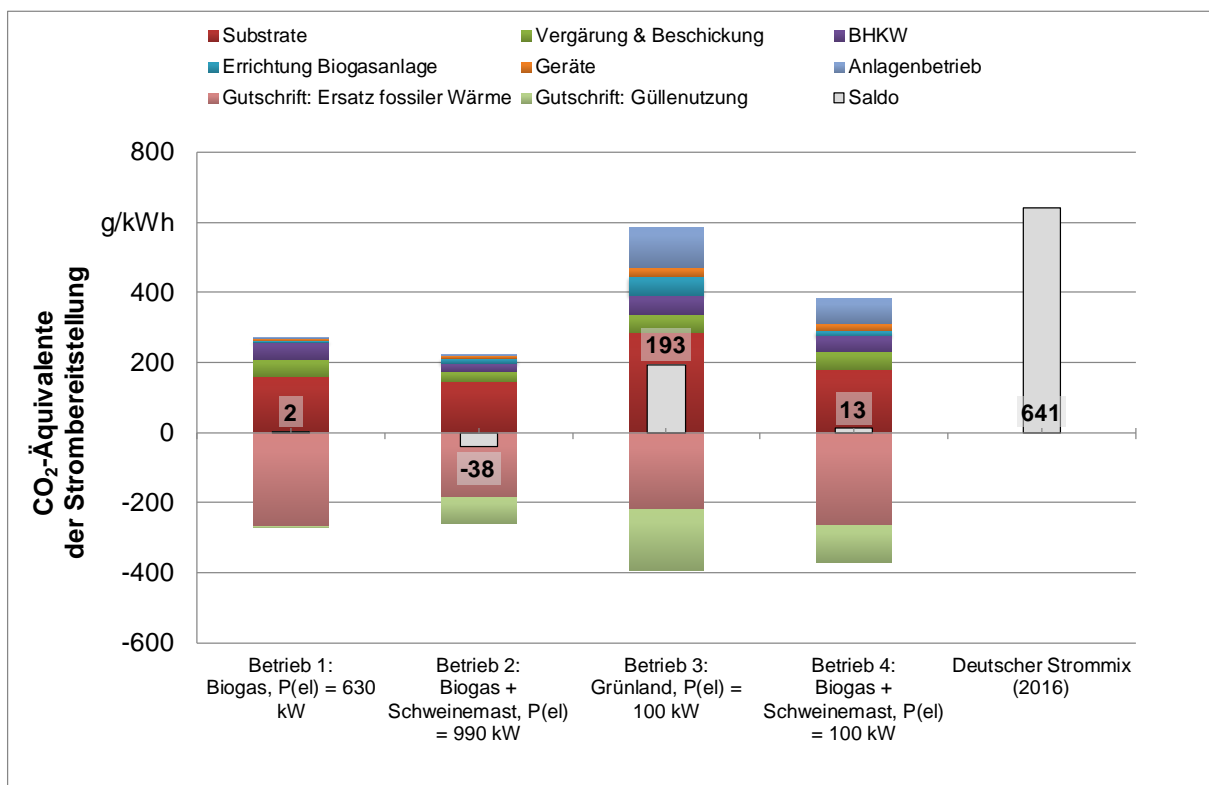


Abbildung 2: Spezifische CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen für die Strombereitstellung in den vier Biogasbetrieben im Saldo und in der Aufteilung auf die einzelnen Abschnitte der Biogaskette.

Der wesentliche Unterschied von **Betrieb 2** zu Betrieb 1 besteht darin, dass hier zu etwa 12 % der Masse der Einsatzstoffe Schweinegülle eingesetzt und somit auch eine Gutschrift für die Wirtschaftsdüngernutzung angerechnet wurde. Damit ergibt sich ein negativer Saldo der spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen von -38 g/kWh.

**Betrieb 3** verwendet Grassilage von intensiv bewirtschaftetem Grünland als Hauptsubstrat. Aufgrund des hohen Stickstoffumsatzes und Ernteaufwands ergeben sich vergleichsweise sehr hohe THG-Emissionen für die Substratbereitstellung von 284 g/kWh (Abbildung 2). Die Biogasanlage weist außerdem einen sehr hohen Strombedarf auf, was auf den Einsatz von großen Mengen an Ladewagen-Grassilage zurückzuführen ist (vgl. Tabelle 1). Da die spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen für den deutschen Strommix mit 641 g/kWh immer noch relativ hoch sind, verursacht in diesem Fall der **Anlagenbetrieb** mit ca. 119 g/kWh fast 20 % der CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen. Die Gutschriften für die Güllevergärung und den sehr guten Wärmeabsatz können in diesem Fall die CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen aus der Biogaskette bei weitem nicht kompensieren, so dass sich im Saldo mit 194 g/kWh die höchsten spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen in diesem Betriebsvergleich ergeben.

**Betrieb 4** hat insgesamt ähnliche Voraussetzungen wie Betrieb 1, bezieht jedoch Strom aus dem Netz und setzt im Substratmix zu mehr als einem Drittel Gülle ein. Im Saldo gleicht sich dies weitgehend aus.

Vergleicht man nun die berechneten Salden der spezifischen CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen der Strombereitstellung in den vier gezeigten Biogasbetrieben (-38...193 g/kWh) mit denjenigen im deutschen Strommix (641 g/kWh), so liegen diese um 70 bis 106 % niedriger. Ein dem derzeitigen deutschen Strommix vergleichbares Emissionsniveau von „Biogasstrom“ könnte sich für das Szenario der Biogasgewinnung ausschließlich aus Energiepflanzen mit Strombezug aus dem Netz und ohne Nutzung der BHKW-Wärme ergeben. Im folgenden abschließenden Kapitel sollen jedoch Möglichkeiten aufgezeigt werden, wie sich die Treibhausgasbilanz von Biogasbetrieben verbessern lässt.



#### 4. Handlungsmöglichkeiten

Die Möglichkeiten zur Minderung der THG-Emissionen aus der Biomassebereitstellung allgemein sind vielfältig. Stichworte sind: „gute fachliche Praxis“ in der Landwirtschaft, effizienter Einsatz von synthetischen und organischen Düngern sowie Minimierung des Kraftstoffverbrauchs und gegebenenfalls Einsatz regenerativer Kraftstoffe. Für weitere Informationen hierzu siehe auch die Fachinformation ["Umweltwirkungen der Biogasproduktion: Emissionen in die Luft"](#).

Im Folgenden beziehen sich die Prozentzahlen auf die gesamten CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen der Biogaskette. Entlang der Gärstrecke können die CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen durch Minimierung des Methanverlusts mittels technischer (soweit nicht bereits gesetzlich gefordert) und organisatorischer Maßnahmen (regelmäßige Kontrolle auf Leckagen) um etwa 3 bis 9 % vermindert werden (je nach Ausgangssituation). Einschlägige Informationen zu diesen Maßnahmen enthalten die Fachinformationen ["Gasfackeln – technische Grundlagen und Anwendung auf landwirtschaftlichen Biogasanlagen"](#) sowie ["Technische Anforderungen an Biogasanlagen für die flexible Stromerzeugung"](#).

Die regelmäßige Wartung und ggf. Revision des BHKW zur Minimierung des Methanschlupfs und zum Erhalt des elektrischen Nutzungsgrads weist ein Minderungspotential für die CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen von ca. 1 bis 2 % auf. Für allgemeine Informationen zur Minderung der BHKW-Emissionen siehe die Fachinformation ["Voraussetzungen für einen emissionsarmen Betrieb biogasbetriebener BHKW"](#).

Die Nutzung eines möglichst hohen Anteils der BHKW-Wärme für den effektiven Ersatz fossiler Energieträger ist ein mächtiger Hebel zur Verbesserung der Treibhausgasbilanz. Einen erheblichen Einfluss auf die rechnerische Treibhausgasbilanz haben auch die Höhe des Strombedarfs der Biogasanlage („Eigenstrombedarf“) und dessen Bezugsquelle. Für die vorliegenden Fallstudien entstehen für Betrieb 2 ca. 11 % und für Betrieb 4 ca. 4 % der CO<sub>2</sub>-Äq-Emissionen durch den Strombezug aus dem Netz, welcher derzeit immer noch sehr emissionsintensiv ist.

Falls Sie als Betreiber selbst die Treibhausgasbilanz für Ihre Biogasanlage abschätzen möchten, bietet sich der ‚*THG-Rechner Biogas*‘ der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft an, der als Webanwendung unter <http://www.thg-rechner.de/> kostenfrei zur Verfügung steht.

## 5. Literaturhinweise

- [1] Wolf, C., Dressler, D., Engelmann, K., Klein, D. et al. (2016): ExpResBio – Methoden. Methoden zur Analyse und Bewertung ausgewählter ökologischer und ökonomischer Wirkungen von Produktsystemen aus land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffen. Berichte aus dem TFZ Nr. 45. Straubing: Technologie- und Förderzentrum, 166 Seiten. ISSN 1614-1008.
- [2] Rösemann, C., Haenel, H.D., Dämmgen, U., Poddey, E., Freibauer, A. et al. (2015): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2013: Report on methods and data (RMD), Submission 2015. Thünen Report 27. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.

### **Zitiervorschlag:**

Hijazi, O. und M. Effenberger (2016): Wesentliche Einflussfaktoren für die Treibhausgasbilanz der Strombereitstellung aus Biogas: Erläuterung anhand ausgewählter Praxisbeispiele. In: Biogas Forum Bayern Nr. V - 3/2016, Hrsg. ALB Bayern e.V., Freising, Stand: [Abrufdatum]

Das „Biogas Forum Bayern“ ist eine Informationsplattform zum Wissenstransfer für die landwirtschaftliche Biogasproduktion in Bayern.

### **Arbeitsgruppe V (Betriebs- und volkswirtschaftliche Bewertung)**

hier erarbeiten Experten Publikationen zu folgenden Themen:

- Gesetzliche und politische Rahmenbedingungen
- Betriebswirtschaft
- Volkswirtschaft
- Organisation und Management
- Finanzierung

### **Mitglieder der Arbeitsgruppe**

- Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Rosenheim
- Bayerischer Bauernverband
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie
- Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Energie-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.)
- Fachverband Biogas e.V.
- Landesanstalt für Landwirtschaft  
Institut für Landtechnik und Tierhaltung  
Institut für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur
- OmniCert Umweltgutachter GmbH
- Technische Universität München



**Herausgeber:**

Arbeitsgemeinschaft Landtechnik  
und landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.  
Vöttinger Straße 36  
85354 Freising  
Telefon: 08161/71-3460  
Telefax: 08161/71-5307  
Internet: <http://www.biogas-forum-bayern.de>  
E-Mail: [info@biogas-forum-bayern.de](mailto:info@biogas-forum-bayern.de)