

Kilian Hartmann, Frankfurt/M.

# Ökobilanz Biogas

*Erneuerbare Energiequellen, darunter Biogas, gelten allgemein als umweltfreundlich. Ziel der Arbeit ist es, verschiedene Gesamt- und Teilprozesse der Biogaserzeugung bezüglich ihres Einflusses auf das ökologische Gesamtergebnis des Prozesses sowie untereinander zu vergleichen. Für die Vergleiche werden Ökobilanzen gemäß ISO 14040 ff. durchgeführt. Die Ergebnisse der Sachbilanz werden auf die erzeugte Energiemenge bezogen und mit dem Eco Indicator '99 Verfahren bewertet. Es zeigt sich, dass die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen der ökologisch bedeutsamste Teilprozess ist, gefolgt von den Emissionen der Ausbringung der Gärreste und des BHKW. Steigert man die Effizienz der Energiekonversion und -nutzung, so sind bedeutende ökologische Einsparungen zu realisieren.*

Wirtschaftsingenieur Dr. Kilian Hartmann ist Projektleiter im Fachzentrum Land- und Ernährungswirtschaft der DLG e.V., Eschborner Landstr. 122, 60489 Frankfurt; e-mail: [k.hartmann@dlg.org](mailto:k.hartmann@dlg.org)

## Schlüsselwörter

Biogas, Ökobilanz, Erneuerbare Energien

## Keywords

Biogas, LCA, renewable energies

Das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) wurde im Jahr 2000 geschaffen, im Jahr 2004 novelliert und soll das Ziel einer nachhaltigen Konversion von erneuerbaren Energiequellen in elektrische Energie unterstützen. Zu den erneuerbaren Energien im Sinne dieses Gesetzes zählen Wind, Wasser, Geothermie, Sonne sowie Biomasse. Der §1 (1) EEG formuliert unter anderem als Ziele des Gesetzes eine nachhaltige Energieversorgung im Sinne des Klima-, Natur- und Umweltschutzes. Weitere Ziele des Gesetzes, langfristige ökonomische Stabilität und weltweite Konfliktprävention, spielen für die hier angestellten Betrachtungen eine untergeordnete Rolle.

Biomasse soll in Zukunft eine Schlüsselrolle bei der Versorgung mit elektrischer Energie in Deutschland zukommen. Insbesondere der Bereich Biogas soll das wichtigste Standbein der zukünftigen Elektrizitätsversorgung aus Biomasse werden. Allerdings hat das Image der Biogasanlagen als ökologisch nachhaltige Energieerzeuger in der jüngsten Vergangenheit gelitten. Neben dem Biomasseanbau (Stichwort Maismonokulturen) stehen der Transport und die Ausbringung der Gärreste unter öffentlicher Kritik. Gleichzeitig gilt Biogas als umweltfreundlich, da fossile Ressourcen geschont und Kohlendioxidemissionen im Vergleich zur Stromkonversion aus fossilen Energiequellen gemindert werden.

Durch die Novellierung der Vergütungssätze des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der Schaffung eines Vergütungsbonus für die Verwendung von speziell für die energetische Verwertung angebauten Pflanzen im Jahr 2004 wurde ein Investitionsboom bei Biogasanlagen, speziell im Bereich 500 kW und größer, ausgelöst. In Verbindung mit diesem Boom wurde der Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion stark erweitert.

Bei dieser starken Zunahme der Anzahl sowie der installierten Leistung der Biogasanlagen stellt sich die Frage, ob Biogasanlagen als ökologisch nachhaltige Form der Stromkonversion im Sinne des EEG gelten können. Zur Untersuchung dieser Fragestellung wurde die nachfolgend vorgestellte Dissertation angefertigt.

## Methode

Das Untersuchungsobjekt ist eine fiktive Biogasanlage mit einer elektrischen Leistung von 1,0 MW. Von diesem Ausgangsszenario wurden mehrere Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Bei den Inputstoffen wurden die Produktion verschiedener Energiepflanzen betrachtet und unterschiedliche Energiepflanzensilagen-/Gülle-mischungen und eine Bioabfall-/Gülle-mischung in die Bewertung aufgenommen. Bei den Stromkonversionsverfahren wurde ein Gas-Otto-Motor mit einer Brennstoffzelle verglichen. Auf der Verwendungsseite wurden unterschiedliche Nutzungsintensitäten der Abwärme untersucht. Abschließend wurde der Einfluss unterschiedlicher Gärrestaufbereitungs- und -ausbringungsverfahren betrachtet.

Die Untersuchung wurde in Form einer Ökobilanz gemäß EN ISO 14040 ff. durchgeführt. Als Produkt des Biogasprozesses wurde die Einspeisung elektrischer Energie in das Stromnetz definiert. Die Betrachtung der Prozesskette Biogas richtet sich an dem Produkt aus. Im Rahmen der Untersuchung wurden alle Lebenswegabschnitte der Biogasproduktion untersucht und die bedeutendsten Einflussfaktoren ermittelt.

Der Rahmen einer Ökobilanz setzt sich aus 1) der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens 2) der Erstellung der Sachbilanz 3) der Wirkungsabschätzung und 4) der Auswertung der Daten zusammen. Das Prinzip der Ökobilanz sieht sowohl Wiederholungen der vier Abschnitte (Iterationen) als auch beliebige Wechsel (vorwärts, rückwärts, quer) zwischen den einzelnen Abschnitten der Bilanz vor.

Das Ziel der Untersuchung wurde gemäß der in der Einleitung gegebenen Fragestellung „ist Biogas eine ökologisch nachhaltige Form der Stromkonversion im Sinne des EEG?“ definiert. Unter diesem Gesamtziel der Untersuchung wurden als Teilziele die Frage nach ökologisch besonders relevanten Abschnitten des Biogasprozesses und dem Aufzeigen von ökologischen Optimierungspotenzialen des Gesamtprozesses definiert.

Der Untersuchungsrahmen der Bilanz soll gemäß der Normvorgabe den Lebensweg

Foto Schmack Biogas AG





des Produkts so vollständig als möglich abbilden. Daher wurde die Prozesskette Biogas vom Anbau der Energiepflanzen über den Transport, die Erstellung und den Betrieb der Biogasanlage bis zu dem Abriss der Biogasanlage und der Verwertung der Gärreste definiert. Mit dem Untersuchungsrahmen wurde die funktionelle Einheit der Untersuchung, ein Terrajoule eingespeiste elektrische Energie, definiert. Alle Daten innerhalb der Betrachtung sind auf diese funktionelle Einheit bezogen.

Da die Untersuchung allgemeine Aussagen über die ökologischen Aspekte der Biogaserzeugung liefern soll, wurden für die Sachbilanz soweit als möglich Durchschnittswerte vergleichbarer Inputstoffe/ Prozesse und Verfahren verwendet. Wo dieses nicht möglich war oder nur Daten einer Quelle verfügbar waren, etwa bei der Brennstoffzellentechnologie, wurde von dieser Methode abgewichen.

Für die Wirkungsabschätzung wurde die Methode des Eco indicator '99 (H) verwendet, so dass die Gesamtergebnisse der untersuchten Verfahren miteinander zu vergleichen sind. Bei dem Eco indicator '99 handelt es sich um ein Bewertungs- und Gewichtungsverfahren, das die Ergebnisse der Sachbilanz Wirkungskategorien zuordnet, normalisiert und gewichtet. Sodann werden die gewichteten Ergebnisse über ein gesondertes Bewertungsschema miteinander verglichen. Die Ergebnisse werden auf eine gemeinsame Einheit (Eco Punkte) bezogen. Bei Verwendung anderer Bewertungsschlüssel können die Ergebnisse abweichen. Erfassung, Gruppierung, Bewertung und Auswertung der Daten erfolgte durchgängig mit der Ökobilanzsoftware Sima Pro (Version 6.0).

Alle Ergebnisse wurden mit der Eco Indicator '99 (H) Methode ermittelt. Dadurch werden alle Ergebnisse der einzelnen Wirkungskategorien auf eine gemeinsame Einheit (Eco Punkte) aggregiert und in dieser Form dargestellt. Die Einheit ist dimen-

sionslos und für den ökologischen Vergleich verschiedener System entwickelt.

### Ergebnisse

In dem Standardszenario (maisbasierte Energiepflanzen-/Güllemischung, Gas-Otto-BHKW, keine externe Wärmenutzung, Gärrestaubsbringung gemäß Guter Fachlicher Praxis (GFP)) zeigten sich die in *Tabelle 1* dargestellten Resultate bezogen auf die einzelnen Module.

Den stärksten Einfluss auf das Gesamtergebnis hat in diesem Szenario die Produktion der Energiepflanzen für das Inputmaterial mit einem Anteil von rund 83,5% des Gesamtergebnisses. Die Emissionen des BHKW tragen zu 11,3%, der Strombezug für den Betrieb der Aggregate mit 4,5%, die Transporte zu 4,8% und der Bau und der Abriss der Biogasanlage zu 1,0% bei. Die Ausbringung der Gärreste (Schlechtschrift für Emissionen der Ausbringung und Gutschrift für Nährstoffrücklieferung) verbessert das ökologische Gesamtergebnis um 2,9%.

Insgesamt wird der Flächenverbrauch für den Energiepflanzenanbau als bedeutendster Einfluss auf das Gesamtergebnis erkannt (62,3% innerhalb des Moduls Inputmaterialien, 52,0% bezogen auf das Gesamtergebnis). Hierbei sind allerdings methodische Fragen zu berücksichtigen, die dieses Ergebnis einschränken. So ist kritisch zu hinterfragen, in wie weit das verwendete Hemeroby-Konzept zur Bewertung der Flächennutzung ein geeignetes Verfahren für landwirtschaftliche Produktionssysteme darstellt. Werden die direkten Effekte der Flächennutzung aus der Bewertung genommen (es verbleiben 1 150 Eco Punkte für indirekte Effekte), reduziert sich der Beitrag des Energiepflanzenanbaus auf 3 780 Eco Punkte oder 67,6% des Gesamtergebnisses von dann nur noch 5 590 Eco Punkten. Aufgrund dieser starken Gewichtung der Flächeninanspruchnahme besitzen Energiepflanzen mit hohen Flächenerträgen (Mais, Rüben) ökologische Vorteile vor Pflanzen, die weniger Biomasse bilden. Die aktuellen Züchtungsbemühungen gehen in diese Richtung, der Masseertrag pro Flächeneinheit stellt also das Ziel der züchterischen Bemühungen dar.

Da Abfälle als Input der Biogasproduktion ohne ökologischen Rucksack zu bilanzieren sind, werden hierdurch die ökologischen Belastungen der Vorkette der Biogasproduktion auf die Transportaufwendungen reduziert

und die Biogasbilanz um den Anteil des Energiepflanzenanbaus (83,5% des Gesamtergebnisses) verbessert. Aufgrund der Verfügbarkeitssituation werden erhöhte Transportaufwendungen (517 statt 463 Eco Punkte) angenommen.

Durch die Nutzung der Brennstoffzellentechnik im Vergleich zum Gas-Otto-BHKW können sehr niedrige Emissionen (204 statt 1 090 Eco Punkte) und höhere Wirkungsgrade erreicht werden. Diese höheren Wirkungsgrade führen zu anteiligen Einsparungen in den vorgelagerten Prozessabschnitten Energiepflanzenanbau und Transport. Das Gesamtergebnis dieses Szenarios liegt bei 6 990 Eco Punkten (27,4% Reduktion gegenüber dem Standardszenario), dabei 6 160 Eco Punkte für die Energiepflanzenproduktion.

Die Abwärmenutzung kann bedeutende ökologische Gutschriften erzielen, wenn hierdurch der Verbrauch fossiler Ressourcen eingeschränkt wird. In dem untersuchten Szenario wurde eine Nutzung von 23,7% der gesamten anfallenden Wärmeenergie als Alternative für den Betrieb von Erdgasheizungen für Mehrfamilienhäuser unterstellt. Durch die Einsparungen fossiler Energieträger kann das Gesamtergebnis um 1 490 Eco Punkte verbessert werden. Die Schaffung neuer Wärmeabnehmer, etwa Hackschnitzeltrocknung, führt zu keinem Einsparpotenzial und bedingt daher keine ökologischen Vorteile.

Werden die Gärreste nicht gemäß GFP, sondern per Prallteller und ohne direkte Einarbeitung ausgebracht, werden die NH<sub>3</sub>-Emissionen exponentiell gesteigert. Dies verschiebt die Effekte aus der Gärrestnutzung von einer ökologischen Gutschrift im Standardszenario zu einer Schlechtschrift in Höhe von 1 890 Eco Punkten. Ursache hierfür sind die erhöhte Emission versauernd und eutrophierend wirkender Substanzen sowie der Verlust von Nährstoffen.

### Fazit

Es kann festgehalten werden, dass der ökologisch wichtigste Bereich des Untersuchungsobjekts der Flächen- und Energiebedarf der Biomasseproduktion ist. Die BHKW- und die Gärrestemissionen haben einen spürbar negativen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Das ökologische Ergebnis kann verbessert werden, wenn höhere Flächenerträge erzielt oder biogene Abfälle anstatt Energiepflanzen als Input genutzt werden. Die Nutzung der Abwärme des BHKW zur Einsparung fossiler Energieträger ermöglicht bedeutende Gutschriften. Werden alle Optimierungsmöglichkeiten genutzt, verursacht Strom aus Biogas sehr geringe ökologische Effekte.

Tab. 1: Resultate Standardszenario (Eco Punkte)

Modul	Gesamt	Input	BHKW-Emission	Strombezug	Transport	Gärrestnutzung	BGA
Punkte	9630	8040	1090	436	463	-275	98

Table 1: Results of standard scenario