

Energieproduktion aus Biogas in Schleswig-Holstein

Werden mit Mais die Nachhaltigkeitskriterien der EU erfüllt?

Die Europäische Kommission diskutiert derzeit die Einführung einer Zertifizierung für Stromproduktion aus gasförmiger Biomasse. Das bedeutet, dass zukünftig auch die finanzielle Förderung der Biogasproduktion zur Energiegewinnung an bestimmte Nachhaltigkeitskriterien, allen voran das Treibhausgasminderungspotenzial, gekoppelt sein wird. Verschiedene Studien zur Nutzung von Biogas zur Strom- und Wärmebereitstellung haben gezeigt, dass bei der Energieproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen im Gegensatz zu fossilen Energieträgern nachweislich Treibhausgase (THG) eingespart werden. Das Verbundprojekt Biogas-Expert hat dazu verschiedene Anbausysteme zur Biogasproduktion in Schleswig-Holstein geprüft, um regional optimierte Biomasseproduktionssysteme im Kontext des Klimaschutzes zu identifizieren.

Sandra Claus, Kiel

In den meisten Bundesländern wird die Substratproduktion durch Mais dominiert, bedingt durch ein im Vergleich zu alternativen Kulturen wie Weizen, Gerste, Zuckerrüben oder Gras sehr hohes Ertrags- und Methanbildungspotenzial. In Schleswig-Holstein, mit aktuell circa 633 Biogasanlagen und einer installierten elektrischen Gesamtleistung von 253 MWel, hat der Silomaisanbau aufgrund seiner hohen Produktivität in den letzten Jahren eine starke Ausdehnung auf mittlerweile 181.400 ha erfahren, wovon ungefähr die Hälfte für die Biogasproduktion eingesetzt wird. Ein nicht unerheblicher Anteil des Maises steht in Selbstfolge. Potenziell negative Umweltwirkungen des Substratanbaus, wie beispielsweise Ammoniak- und Lachgas-Emissionen, Humusabbau, eine erhöhte Erosionsgefahr, ebenso wie die häufig durch einen hohen Einsatz an fossilen Brennstoffen gekennzeichnete Substratproduktion können sowohl die Energie- als auch die Treibhausgas-Bilanz negativ beeinflussen. Zusätzlich befindet sich ein Großteil der in Schleswig-Holstein angesiedelten Biogasanlagen im Landschaftsraum Vor-

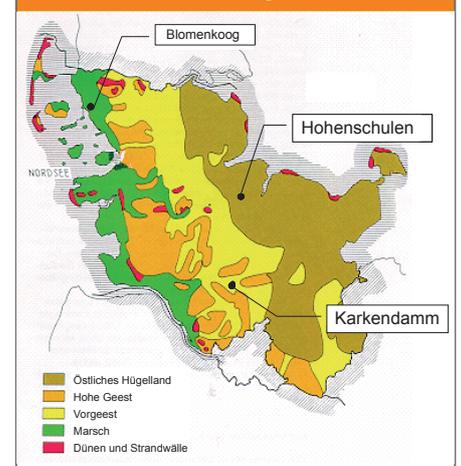
geest, wo aufgrund der leichten, sandigen Böden ein hohes Nitratauswaschungspotenzial besteht. Diese Faktoren sind mit Blick auf eine nachhaltige Biogasproduktion kritisch zu prüfen, da sie im Sinne einer Zertifizierung durch die Renewable Energy Directive (RED) der EU und die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) von erheblicher Bedeutung sind.

Vor diesem Hintergrund sollte im Rahmen des Biogas-Expert-Projekts aufgezeigt werden, wie viel Energie produziert wird und welche THG-Einsparpotenziale erzielt werden können, wenn die Bereitstellung der Substrate durch Anbausysteme erfolgt, welche an die Boden- und Klimaverhältnisse der drei Landschaftsräume Schleswig-Holsteins (Marsch, Geest und Hügelland) angepasst sind (Abb. 1).

Biogas-Expert-Projekt

Um die Vorzüglichkeit von Kulturpflanzenarten und Energiefruchtfolgen im Hinblick auf die Energie- und THG-

Abb. 1: Drei repräsentative Versuchsstandorte der Landschaftsräume Östliches Hügelland (Hohenschulen), Geest (Karkendamm) und Marsch (Blomenkoog)



Bilanzen für die Naturräume Geest, Marsch und Östliches Hügelland zu analysieren, ist es notwendig, die Umweltauswirkungen entlang des gesamten Lebenszyklus der Biogasproduktion detailliert zu erfassen und mittels der Methodik der Ökobilanzierung (siehe Kasten) zu bewerten.

Im Rahmen des Verbundprojektes Biogas-Expert wurde ein Großteil der für die Ökobilanzierung benötigten Daten sowohl über Feldversuche als auch über Modellierung bereitgestellt. Die Feldversuche wurden auf drei repräsentativen Standorten in den Landschaftsräumen Marsch (Blomenkoog), Geest (Karken-

Tab. 1: Die Energiepflanzenanbausysteme an den Standorten im Hügelland, in der Geest und in der Marsch

Hügelland	Geest	Marsch
Mais Selbstfolge	Mais Selbstfolge	Mais Selbstfolge
Mais – Winterweizen – Welsches Weidelgras (Zwischenfrucht, 2 Schnitte)		Mais – Winterweizen – Welsches Weidelgras (Zwischenfrucht, 1 Schnitt)
	Ackergras (4-Schnitt)	Ackergras (4-Schnitt)



Maisanbau am Nord-Ostsee-Kanal

Foto: D. Habbe

damm) und östliches Hügelland (Hohenschulen) über jeweils 2 Jahre durchgeführt. Insgesamt wurden drei Substratproduktionssysteme, Mais in Selbstfolge, Ackergras in 4-Schnitt-Nutzung und eine Energiefruchtfolge (Tab. 1), untersucht. Zusätzlich zum Einfluss der Kulturart wurde die Wirkung von N-Düngerart und N-Menge auf Ertragsleistung und Umwelteffekte geprüft. Als Düngerarten wurden KAS und Biogas-Gärrest aus Kofermentation eingesetzt, die in Hohenschulen und Karkendamm in vier und in der Marsch in drei Düngerstufen (Tab. 2) ausgebracht wurden. Daten wurden erhoben zur Ertragsleistung der Anbausysteme, zum spezifischen Methanertrag der Substrate sowie zu Lachgas- und Ammoniakemissionen und zur N-Konzentration im Sickerwasser.

Die Ökobilanz, als geeignetes Instrument zur Ermittlung der Umweltwirkungen der Biogasproduktion, betrachtet die gesamte Prozesskette der Energiegewinnung aus Biogas (siehe Abb. 2). Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Untersuchung der Wirkungskategorien kumulierter Energieaufwand und Treibhausgaspotenzial gelegt. Die Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung des

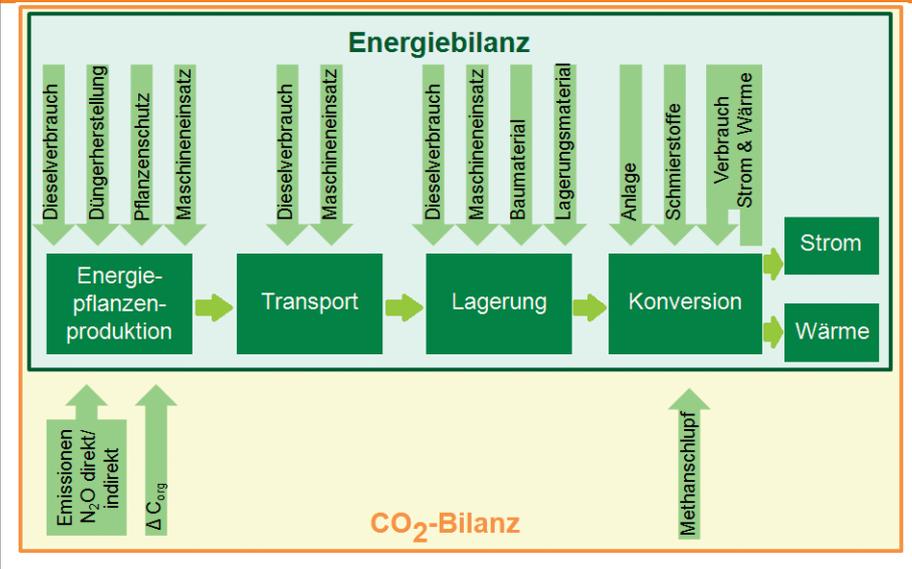
Tab. 2: Stickstoffdüngestufen der geprüften Kulturen

2 Jahre (2007–2008)	2 Jahre (2007–2008)	2 Jahre (2009–2010)
Hügelland	Geest	Marsch
<ul style="list-style-type: none"> • KAS • Gärrest (Kofermentation) 	<ul style="list-style-type: none"> • KAS • Gärrest (Kofermentation) 	<ul style="list-style-type: none"> • KAS • Gärrest (Kofermentation)
Mais: 0, 120, 240, 360 kg N ha ⁻¹ Weizen: 0, 120, 240, 360 kg N ha ⁻¹ Gras (ZW): 0, 160 kg N ha ⁻¹ Ackergras: 0, 160, 320, 480 kg N ha ⁻¹		Mais: 0, 150, 200 kg N ha ⁻¹ * ¹ Weizen: 50, 220, 300 kg N ha ⁻¹ * ² Gras (ZW): 0, 80 kg N ha ⁻¹ Ackergras: 0, 360, 480 kg N ha ⁻¹
* ¹ davon 50 kg N ha ⁻¹ als Unterfußdüngung mit KAS * ² 0, 240, 320 zu Sommerweizen		

Ökobilanz

Eine Ökobilanz, auch genannt Lebenszyklusanalyse, dient dazu, mehr Transparenz in die Umwelteigenschaften von Produkten und Dienstleistungen zu bringen. Dabei werden alle Umweltwirkungen systematisch analysiert, die während der Produktion, der Nutzung und Entsorgung eines Produktes sowie der damit verbundenen vor- und nachgelagerten Prozesse entstehen. Nachdem Ziel und Untersuchungsrahmen einer Ökobilanzstudie festgelegt sind, erfolgt basierend auf einer Sachbilanz eine Zusammenfassung der Umwelteffekte zu Umweltkategorien. Die darauf folgende Wirkungsabschätzung dient dazu, die Umweltwirkungen eines Produktes auf verschiedene Wirkungskategorien wie Klimawirksamkeit, Energieeffizienz, Ressourcenverbrauch, Versauerung und Eutrophierung abzuschätzen und zu bewerten. Aus diesen Ergebnissen können dann Schlussfolgerungen und Empfehlungen entwickelt und in die weiteren Entscheidungen, den Lebensweg des Produktes betreffend, integriert werden.

Abb. 2: Systemgrenzen der Energie- (grün umrandet) und CO₂-Bilanz (orange umrandet)



Tab. 3: In der Ökobilanzierung getroffene Annahmen für die Pflanzenproduktion und die Biogasanlage

Annahmen	Parameter
Pflanzenproduktion	
Hof-Feld-Entfernung	8 km
Schlaggröße	20 ha
Gülletransport	absätziges Verfahren
Biogasanlage	
Anlagentyp	Monofermentation
Motorart	Zündstrahlmotor
Installierte Leistung el. (Elektrizität)	500 kW
Wirkungsgrad el. (Elektrizität)	40 %
Wirkungsgrad th. (Wärme)	41,5 %
Eigenstrombedarf	7,5 % des produzierten Stroms
Wärmenutzung	45 %

Tab. 4: Umrechnungsfaktoren zur Ermittlung des direkten und indirekten fossilen Energieinputs

Produkt	Herstellungenergie	CO ₂ -Äquivalente
Diesel	42 MJ l ⁻¹	2,9 kg kg ⁻¹
Schmieröl	42 MJ l ⁻¹	2,9 kg kg ⁻¹
N-Dünger (KAS)	39,7 MJ kg ⁻¹	7,82 kg kg ⁻¹
P ₂ O ₅	11,5 MJ kg ⁻¹	1,18 kg kg ⁻¹
K ₂ O	8,2 MJ kg ⁻¹	0,67 kg kg ⁻¹
Kalk	1,8 MJ kg ⁻¹	0,3 kg kg ⁻¹
Gärrest	11,6 MJ m ⁻³	30,3 kg m ⁻³
Herbizide	288 MJ kg ⁻¹	5,3 kg kg ⁻¹
Fungizide	196 MJ kg ⁻¹	5,3 kg kg ⁻¹
Saatgut Gras	12,2 MJ kg ⁻¹	1,8 kg kg ⁻¹
Saatgut Mais	3,4 MJ kg ⁻¹	0,63 kg kg ⁻¹
Saatgut Weizen	4,5 MJ kg ⁻¹	0,3 kg kg ⁻¹
PE-Folie	4,8 MJ m ⁻²	3,6 kg kg ⁻¹
Silobau	4200 MJ m ⁻²	30,6 kg m ⁻²

direkten und indirekten fossilen Energieinputs zur Erstellung der Energie- und Treibhausgasbilanzen sind, ebenso wie die zugrunde gelegten Prozesse und Annahmen, in Tabelle 3 und 4 dokumentiert.

Energiebilanz

Um eine Energiebilanz zu berechnen, ist es notwendig, sowohl den Input an Energie für die Biogasproduktion als auch den produzierten Output an Energie zu ermitteln. Der Energieinput umfasst hierbei die Summe aller zur Biogasproduktion notwendigen Prozesse, wie z. B. die Herstellung von Dieselmotoren, Maschinen und Düngemitteln oder auch Energie in Form von Strom und Wärme beispielsweise zum Betrieb der Biogasanlage. Der Energie-Output umfasst die durch Umwandlung des Substrates in der Biogasanlage gewonnene Energie in Form von Strom und Wärme. Der tatsächliche Energiegewinn, also die Nettoenergie, wird durch Abzug des Energieaufwandes vom Energie-Output ermittelt.

Der Vergleich der Produktionssysteme im Hügelland sowie von Mais in Selbstfolge und dem Deutschem Weidelgras auf der Geest zeigt für den Nettoenergiegewinn eine deutliche Überlegenheit des Mais in Selbstfolge (87 bis 101 GJ pro ha) (Abb. 3). Diese Werte sind bezogen auf das N-Optimum und bezeichnen die Menge Stickstoffdüngung, bei der ein maximaler Nettoenergiegewinn erreicht wird. Die Überlegenheit des Mais ist auf die höheren TM-Erträge bei geringem Stickstoffdüngungsbedarf zurückzuführen und bestätigt die Hypothese, dass Mais auf der Geest aufgrund der Ertragsleistung eine bessere Energiebilanz aufweist als das 4-Schnitt-genutzte Ackergras. Für den Standort im Hügelland wurde angenommen, dass eine nahezu ganzjährige und daraus resultierende höhere Strahlungsaufnahme der Mais-Weizen-Gras-Fruchtfolge im Vergleich zum Mais in Selbstfolge zu einem insgesamt höheren Biomassertrag und daraus folgend zu einer besseren Energiebilanz führt. Diese Annahme konnte für die Energiebilanz nicht bestätigt werden, wobei jedoch einschränkend anzumerken ist, dass der Winterweizen in der Fruchtfolge im Hügelland im ersten Versuchsjahr vorfruchtbedingt (Weizen) einen Minderertrag erzielte und daher diese Fruchtfolge bei anderer Vorfrucht vermutlich ein höheres Potenzial aufweisen

würde. Für den Marschstandort belegt der Vergleich dieser Systeme eine ähnliche Situation. Die Mais-Weizen-Gras-Fruchtfolge erzielte ebenfalls einen deutlich geringeren Nettoenergiegewinn im Vergleich zum Mais in Selbstfolge. Als Ursache hierfür ist anzuführen, dass im Herbst 2008 witterungsbedingt nach der Maisernte kein Winterweizen etabliert werden konnte und der alternativ gewählte Sommerweizen einen deutlich geringeren Ertrag aufwies. Daraus wird deutlich, dass dieses Anbausystem an einem Grenzstandort des Maisanbaus mit einem Anbauisiko behaftet ist. Darüber hinaus konnte standortbedingt die Zwischenfrucht Welches Weidelgras nur über einen Herbstschnitt genutzt werden.

Der Nettoenergiegewinn von Mais in Selbstfolge lag in der Marsch unter den im Hügelland bzw. in der Geest erzielten Werten. Dies wird auf die für den Mais suboptimalen Standortbedingungen in der Marsch zurückgeführt (langsamere Erwärmung des Bodens im Frühjahr, periodisch auftretende Frühjahrstrockenheit sowie Phasen mit Staunässe in der späten Vegetationsperiode). Der Nettoenergiegewinn war an diesem Standort jedoch trotzdem um 12 bis 36 GJ pro ha höher als der der Fruchtfolge und des Ackergrases. Diese speziellen Umweltbedingungen der Marsch bedingen für den Mais jedoch ein erhöhtes Ertragsrisiko, wie die Variation der Erträge in den Versuchsjahren belegt. Der Versuch wurde insgesamt über 4 Jahre (2008 bis 2011) durchgeführt, von denen jedoch nur zwei Jahre (2009 bis 2010) in die Ökobilanzierung einfließen. Im Jahr 2008 war, bedingt durch Frühjahrstrockenheit und daraus resultierend mangelnder Bestandsetablierung, ein Komplettausfall des Maises zu verzeichnen. Da die Energie- und Treibhausgasbilanzierung sich somit nur auf die Jahre 2009 bis 2010 bezieht, ist der Ertragsausfall nicht in die Berechnungen eingeflossen, muss aber bei einer abschließenden Bewertung berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zum Geeststandort war das Ackergras in der Marsch durch eine gleichbleibend hohe Ertragsleistung bei hoher Ertragsstabilität gekennzeichnet. Allerdings wies das über Gärrest versorgte Ackergras an beiden Standorten einen deutlich geringeren Energieoutput (Abb. 3) auf als die mineralisch gedüngte Variante. Dies ist zum einen durch höhere NH₃-Emissionen zu erklären, da im Gegensatz zum Mais eine Einarbeitung des Gärrestes im Grünland aufgrund der Ausbringtechnik über Schleppschlauch



Eine ökoefiziente Produktion von Biogas aus Mais ist möglich

Foto: landpixel

nicht möglich war. Eine geringere N-Düngewirkung ist in der Marsch weiterhin vermutlich durch eine Fixierung des Gärrest-Ammoniums an Tonminerale des Bodens zu erklären. Eine Ausschöpfung des Energieertragspotenzials allein über die Düngung mit Gärrest, im Sinne geschlossener Nährstoffkreisläufe, ist folglich auch bei Berücksichtigung von langfristigen N-Düngeeffekten für Ackergrassysteme nicht gegeben.

CO₂-Bilanz

Ein notwendiger Schritt zu Quantifizierung von CO₂-Einsparungen regenerativer Energien ist die Erstellung einer CO₂-Bilanz. Hierfür müssen, ebenso wie in der Energiebilanz, zuerst die Inputs und Outputs des Systems erfasst werden. Die CO₂-Bilanz wird in der Einheit CO₂-Äquivalente pro Hektar [CO₂ äq. pro ha] erstellt und ausgewertet. Da-

Abb. 3: Energieinput (orange), Gesamtoutput (grün) und Nettoenergiegewinn (gelb) angegeben als GJ pro Hektar [GJ ha⁻¹] bei optimaler N-Versorgung zur Erreichung eines maximalen Nettoenergiegewinns in Abhängigkeit von Standort und N-Düngeform (im Mittel über 2 Jahre)

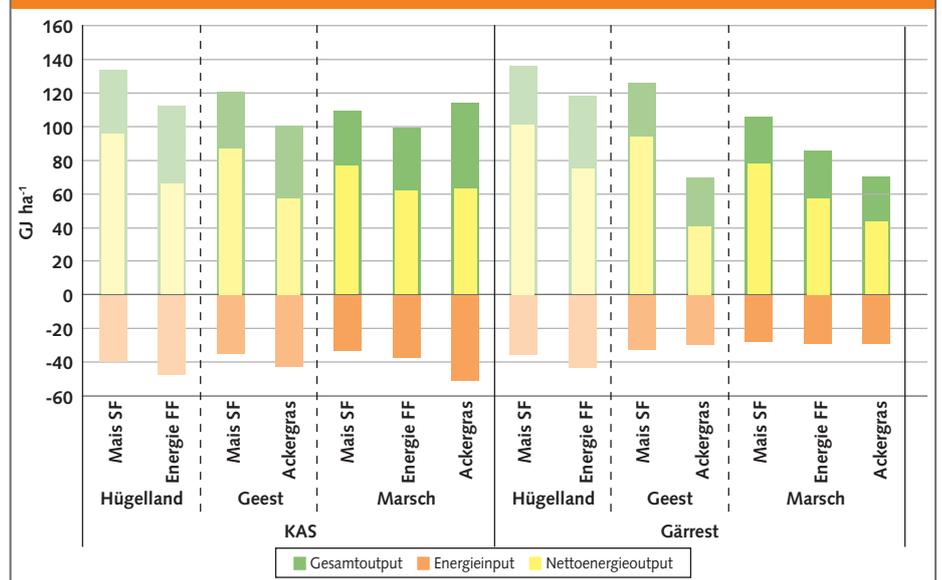
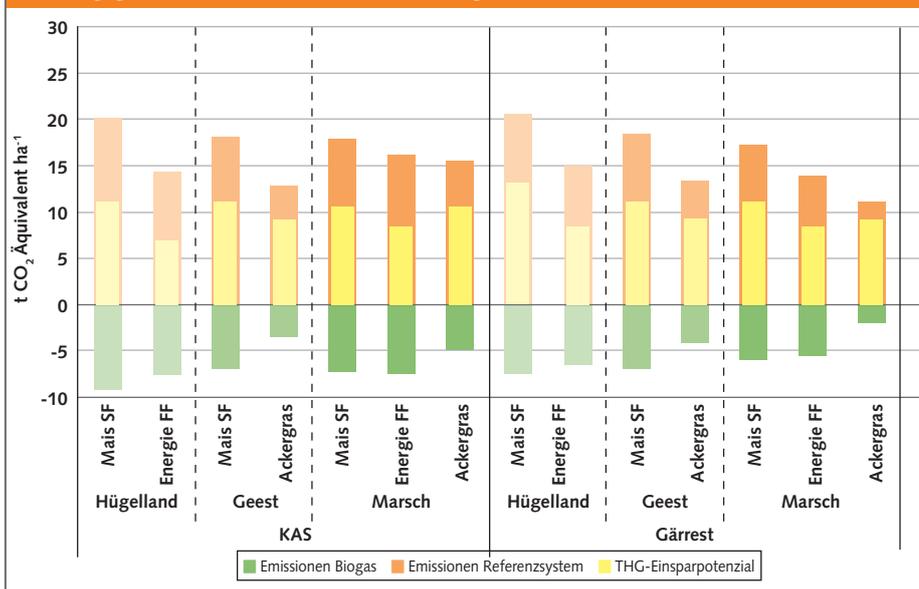


Abb. 4: Treibhausgasemissionen der Biogasproduktion (grün), Treibhausgasemissionen des Referenzsystems (orange) und Treibhausgas-(THG-)Einsparpotenzial (gelb) in CO₂-Äquivalenten [t CO₂-Äquivalent ha⁻¹] bei optimaler N-Versorgung zur Erreichung eines maximalen Netto-Energiegewinns in Abhängigkeit von Standort und N-Düngerform (im Mittel über 2 Jahre)



für werden alle Emissionen, die bei der Produktion von Energie aus Biogas entstehen, in diesem Fall die Emissionen der Pflanzenproduktion, des Transportes, der Lagerung und Konversionsverluste, direkte und indirekte N₂O-Emissionen, Humusgehaltsänderungen im Boden (nach VDLUFA) und Methanschlupf, aufsummiert. Diese Emissionen werden mit einem Referenzsystem, also der Freisetzung von Treibhausgasen bei der Erzeugung derselben Energiemenge über fossile Energieträger, verglichen. In dieser Studie wurden dazu die Emissionen des fossilen Strom- und Wärmemixes Deutschlands herangezogen. Das

THG-Minderungspotenzial ergibt sich dann aus der Differenz der Emissionen des Referenzsystems zu den Emissionen der Biogasproduktion aus nachwachsenden Rohstoffen.

Mais in Selbstfolge erzielte bei Düngung mit Gärrest an allen drei Standorten mit 13,2 bis 10,5 t CO₂ äq. pro ha das höchste THG-Einsparpotenzial (Abb. 4). Durch die hohe Biomasseproduktion und damit einhergehend höherem Methanhektarertrag von Mais konnten die im Vergleich zu Ackergras bzw. der Fruchtfolge höheren N₂O-Emissionen und die negative Humusbilanz von Mais überkompensiert werden. Damit kann-

te die Annahme, dass die Fruchtfolge an Standorten im Hügelland und in der Marsch ein höheres THG-Minderungspotenzial aufweist, nicht bestätigt werden. Hier ist jedoch, wie schon für die Energiebilanz erläutert, zu berücksichtigen, dass die Fruchtfolgen im Hügelland und in der Marsch Mindererträge erzielen, die bei optimalem Pflanzenbaumanagement das THG-Minderungspotenzial erhöhen würden.

Generell wiesen die im Hügelland und in der Marsch mit Gärrest gedüngten Anbausysteme ein höheres THG-Minderungspotenzial auf, was auf niedrigere CO₂-Emissionen durch den Wegfall der N-Düngerproduktion und durch Humusgutschriften für die Düngung mit Gärrest zurückzuführen ist. Für Ackergras auf der Geest und in der Marsch war ein umgekehrter Effekt zu beobachten. Die Düngung mit Gärresten führte zu einem geringeren THG-Einsparpotenzial im Vergleich zur Mineraldüngung, was, wie bereits erläutert, in der geringeren Biomasseerträgen bei organischer Düngung auf Grünland begründet liegt.

Bei optimaler N-Versorgung mit mineralischem N-Dünger erzielte der Mais in Selbstfolge im Hügelland und auf der Geest ebenfalls das höchste THG-Minderungspotenzial im Vergleich zur Fruchtfolge und dem Ackergras. Die mit KAS gedüngte Variante des Ackergrases in der Marsch konkurriert in Bezug auf das Einsparpotenzial mit dem des Maises, da hier die Emissionen der Produktion durch den bei mineralischer Düngung vergleichsweise hohen Biomassertrag und die positive Humusbilanz des Grünlandes (+600 kg Humus-C pro ha und Jahr) überkompensiert werden. Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass ein THG-Einsparpotenzial in dieser Höhe nur mit einer Gabe von 480 kg N pro ha mineralisch erreicht werden konnte. Da jedoch für eine optimierte Düngung das realistischerweise erreichbare Ertragsniveau berücksichtigt werden muss, ist das höhere Einsparpotenzial auf Hektarbasis im Vergleich zum Mais an diesem Standort bei langfristiger Betrachtung unter Praxisbedingungen kritisch zu hinterfragen.

Erfüllen die Treibhausgasminderungen der untersuchten Systeme die EU-Vorgaben?

Im Vergleich zu der von der EU-Kommission diskutierten fossilen Referenz

Abb. 5: Einordnung der Ergebnisse der THG-Bilanz in den aktuellen Kontext der Kriterien der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung



Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung

Die Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV) leitet sich aus der übergeordneten EU-Richtlinie zu den Erneuerbaren Energien „Renewable Energy Directive“ (RED) ab und soll die nachhaltige Produktion von Strom und Wärme aus flüssiger Biomasse sicherstellen. In der BioSt-NachV sind bestimmte Nachhaltigkeitskriterien zur Produktion und Zertifizierung von Strom aus flüssiger Biomasse definiert, die an eine Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz gekoppelt sind. Eines der wichtigsten Ziele dieser Richtlinie ist der Klimaschutz, denn je nachdem welche Biomasse und welche Produktionspfade eingesetzt werden, kann die Klimabilanz variieren und negative Umwelteffekte verstärken. Im Sinne des Klimaschutzes sind von daher für die Energieproduktion aus flüssiger Biomasse bestimmte Treibhausgas-(THG-)Minderungsziele festgelegt, um die THG-Emissionen gegenüber den fossilen Kraftstoffen zu reduzieren. Diese Minderungsziele liegen aktuell bei 35 Prozent, ab 2016 bei 50 Prozent und für Neuanlagen ab 2018 bei 60 Prozent. Bislang gilt diese Verordnung nur für die Energieproduktion aus flüssiger Biomasse, aktuell diskutiert die Europäische Kommission jedoch über eine Erweiterung der RED, die dann auch Regelungen für feste und gasförmige Biomasse und ein Mindesteinsparpotenzial von 60 Prozent mit einschließen soll.

Erdgas (69 g CO₂ äq. pro MJ) lagen die ermittelten THG-Einsparungspotenziale der Anbausysteme, bis auf die Fruchtfolge im Hügelland bei Mineraldüngung (48 Prozent), über 50 Prozent (Abb. 5). Dies ist im Hinblick auf die aktuellen Kriterien der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung als positiv zu bewerten. Bislang gilt die Verordnung lediglich für die Stromproduktion aus flüssiger Biomasse, mit Einsparzielen von derzeit 35 Prozent, 60 Prozent ab dem Jahr 2015 und 60 Prozent ab dem Jahr 2018. Aktuell diskutiert die Europäische Kommission, diese Zertifizierung auch auf die Stromproduktion aus Biogas mit Einsparzielen von mindestens 60 Prozent zu erweitern. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass mit dem derzeitigen Stand der Technik das Einsparziel von 60 Prozent für das Ackergras in der mit Gärrest gedüngten Variante erreicht wird, was hauptsächlich durch die Gutschriften für den Humusaufbau bedingt ist. Das hohe, auf die Produkteinheit (kg CO₂ äq. pro GJ) bezogene THG-Einsparpotenzial von Ackergras ist jedoch mit einer geringen Flächenproduktivität, d. h. geringen Strom- und Wärmeerzeugung je ha, verbunden, was angesichts knapper Flächen kritisch zu diskutieren ist (ILUC-Effekte). Insgesamt wird deutlich, dass eine Annäherung an die zukünftig geltenden RED-Minderungsziele von 60 Prozent für alle untersuchten Systeme vornehmlich beim Einsatz von Gärresten zur N-Düngung gegeben ist.

Zwar verfehlen in dieser Studie die geprüften Mais-Selbstfolgen und Fruchtfolgen das 60-Prozent-Einsparziel knapp,

aber wir gehen dennoch davon aus, dass dies unter Berücksichtigung längerfristiger Effekte und weiterer Aspekte gelingen kann. Dies ist wie folgt zu begründen:

In dieser Studie wurden aufgrund der Versuchsdauer (2 Jahre) nur die kurzfristigen Effekte der Gärrest-Düngung betrachtet, somit sind längerfristige Veränderungen der Stickstoffnutzungseffizienz nicht berücksichtigt. Es ist jedoch analog zu langfristiger Gülleapplikation ein Anstieg durch die Re-Zyklisierung der Nährstoffe im System anzunehmen. Wird dies unterstellt, sind Einsparpotenziale von 60 Prozent durchaus erreichbar.

Ein wesentlicher Grund für die Nichterreicherung des 60-Prozent-Einsparziels beim Mais sind die negativen Humuswirkungen nach VDLUFA-Kennwerten. Diese beruhen auf mehr als 30 Jahre alten Daten und berücksichtigen nicht den seitdem zu konstatierenden Zuchtfortschritt beim Mais, der sich auch in einer höheren Humusreproduktion niederschlagen dürfte. Eigene Untersuchungen in Schleswig-Holstein zeigen für langjährigen Maisanbau in Selbstfolge deutlich geringere Humuszehrungen. Diesbezüglich ist somit weiterer Forschungsbedarf gegeben.

Fazit

Zusammenfassend zeigt die ökobilanzielle Betrachtung der Biogasproduktion, dass eine ökoefiziente Produktion von Biogas auf allen untersuchten Standorten gegeben ist. Für die Standorte im Hügelland und auf der Geest zeigt sich für die

Energie- und CO₂-Bilanz auf Hektarbasis eine Vorzüglichkeit des Mais. Eine Optimierung der Fruchtfolgeglieder in der Energie-Fruchtfolge kann (und sollte) dennoch eine Alternative zum Mais in Selbstfolge darstellen und durchaus die durch die RED geforderten Minderungsziele von 60 Prozent erreichen. Das THG-Einsparpotenzial des Ackergrases erfüllt auf beiden Standorten die RED-Vorgaben, weist jedoch eine geringe Flächenproduktivität auf, d. h. geringere Strom- und Wärmeerzeugung je Hektar. Für den Standort in der Marsch bleibt insbesondere im Hinblick auf das Treibhausgas-minderungspotenzial eine Vorzüglichkeit der untersuchten Anbausysteme zu diskutieren. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Energiebilanz weist auch hier der Mais eine Vorzüglichkeit auf, das Ackergras ist jedoch konkurrenzfähig. Voraussetzung für eine positive Energiebilanz und ein hohes THG-Einsparpotenzial sind eine optimierte „gute fachliche Praxis“ des Substratanbaus und eine effiziente Umwandlung in der Biogasanlage, verbunden mit einer möglichst hohen Wärmenutzung bzw. Einspeisung des Biogases in das Erdgasnetz. Nur so wird Biogas als effizienter, grundlastfähiger Energieträger auch in der Zukunft einen sinnvollen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

Bedanken für die Erfassung und Bereitstellung von Daten, und Unterstützung durch fachliche und methodische Beiträge möchte ich mich bei: Klaus Dittert, Dirk Gericke, Antje Herrmann, Henning Kage, Robert Quakernack, Mehmet Senbayram, Klaus Sieling, Nikolai Svoboda, Friedhelm Taube und Anna Techow. Alle Autoren waren zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeiten Mitglieder der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der CAU Kiel. <<

■ KONTAKT ■ ■ ■

Dipl.-Geogr. Sandra Claus

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung Grünland und Futterbau /
Ökologischer Landbau, D-24118 Kiel

Telefon: 0431 8802142

Telefax: 0431 8804568

sclaus@email.uni-kiel.de