

REDUZIERUNG DES FLÄCHENANSPRUCHS FÜR DEN ANBAU VON ENERGIEPFLANZEN FÜR BIOGASANLAGEN

Diskussionspapier:

ohne Anspruch auf Wissenschaftlichkeit, aber mit dem Anspruch auf politische Wirksamkeit



Foto: Walter Danner

Bild 1: Hydrolysetanks ermöglichen die Vergärung faseriger Einsatzstoffe.

nötigte eine Biogasanlage mit 500 kW Leistung anfangs noch 300 ha Ackerfläche zur Silomaisproduktion, so sind es heute nur noch 250 ha. Diese Reduktion ist jedoch noch nicht ausreichend, da die Kosten schneller und stärker gestiegen sind als die Produktivität.

Auch ist noch nicht berücksichtigt, dass wir in Zukunft auch Biosprit wie Rapsöl auf den gleichen Ackerflächen erzeugen sollen. Die Schweine-, Rinder- und Geflügelmäster importieren Futtermittel in einem Umfang, dass - würden sie in Deutschland angebaut - etwa 2 Mio. ha zusätzlich benötigt würden. Lapidare Schlussfolgerung: Die Ackerfläche ist einfach zu klein, um allen Ansprüchen gerecht zu werden und den Gesamtbedarf zu decken. Da sie sich nicht ausdehnen lässt, muss die Effizienz größer werden. Im Anschluss werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie im Bereich Biogas der Flächenanspruch reduziert, möglichst halbiert, werden kann.

Die Entwicklung

Biogasanlagen in Deutschland sind eine Erfolgsgeschichte. Als im Jahr 2004 der Bonus für nachwachsende Rohstoffe, der sog. Nawaro-Bonus, in das EEG eingeführt wurde, stieg die Zahl der Biogasanlagen innerhalb von 10 Jahren von 2.050 auf ca. 8.000. Die installierte elektrische Leistung erreichte eine Kapazität von 3.804 MW, was etwa der Leistung von zwei Atomkraftwerken entspricht.

Mit der steigenden Zahl der Biogasanlagen wuchs auch der Bedarf an Biomasse. Wurden die Biogasanlagen vor 2004 vorwiegend abfall- und reststoffbasiert betrieben, reichen diese Einsatzstoffe nun nicht mehr. Heute wird der Biogasstrom überwiegend aus Pflanzen, die speziell für Biogasanlagen angebaut werden, gewonnen. Silomais macht ca. 73% der Einsatzstoffe ¹⁾ aus. Nicht nur die Anzahl, auch die Größe der Biogasanlagen nahm zu. War vor 15 Jahren eine 100 kW Biogasanlage eine recht große Anlage, so liegt der Durchschnitt heute bei 500 kW. Auch sind die Biogasanlagen im Norden Deutschlands in der Regel größer als im Süden. Größere Biogasanlagen benötigen größere Mengen Futter, zu dessen Produktion wiederum größeren Flächen nötig sind. Das führt lokal und regional zu steigenden Pachtpreisen und zu Konkurrenz unter den Landwirten. Zeitgleich zu dieser Entwicklung waren die Getreidepreise sehr hoch so dass der Drang des einzelnen Landwirts nach Expansion

und Gewinnsteigerung anstieg. Das verschärfte die Situation zusätzlich.

In selben Zeitraum wurden weiter Mastställe für 60 Mio. Hähnchen und 2,5 Mio. Schweine gebaut. Auch die Tierhaltung beansprucht Flächen zur Futtererzeugung und Gülleausbringung. So stiegen die Pachtpreise und die Rentabilität sank. Eine Folge davon ist, dass die Gewinne nicht von den Landwirten, sondern vermehrt von den Verpächtern gemacht werden. Um den Landwirten den wirtschaftlichen Druck zu nehmen, muss der Flächenanspruch je erzeugter kWh Biogas-Strom reduziert werden. Hier sind schon Erfolge zu verzeichnen. Be-

Warum benötigen wir überhaupt Biogasanlagen?

Wer die Energiewende im Bereich Strom mit 100% Erneuerbaren Energien möchte, der weiß auch, dass der Strom von PV-Anlagen nur am Tage und bei Sonnenschein und von Windkraftanlagen nur bei ausreichend Wind produziert wird. Von den 8.760 Jahresstunden scheint die Sonne weniger als 2.000 Stunden im Jahr. Ein Windrad bringt es auf ca. 1.500 Volllaststunden jährlich. Wir haben bei Wind

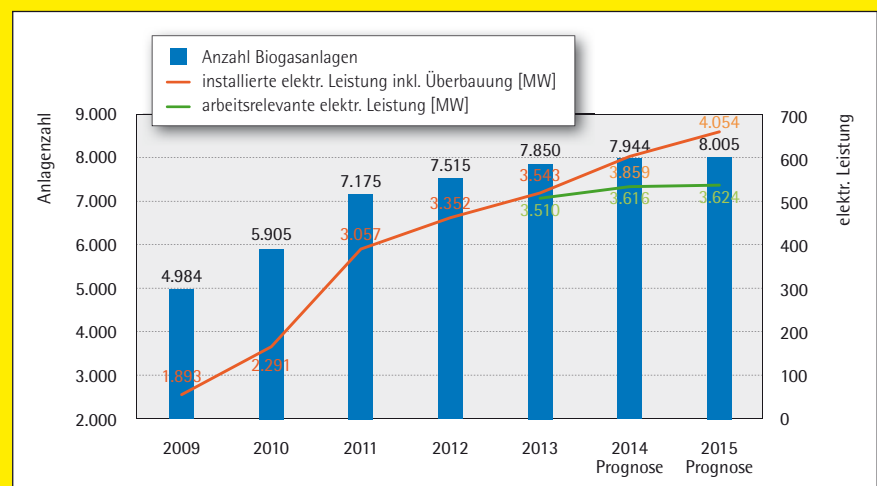


Bild 2: Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen und der gesamten installierten elektr. Leistung in MW (Stand: 11/2014)

© Fachverband Biogas e.V.

und Sonne keinen Einfluss darauf, wann und wie viel Strom produziert wird. Oft genug differieren Stromproduktion und Stromverbrauch deutlich. Hier braucht es ein Regulativ. Biogasanlagen sind in der Lage flexibel Biogas und Strom zu produzieren. Wenn Sonne und Wind zur Verfügung stehen, können die Blockheizkraftwerke (BHKWs) herunter geregelt oder ganz abgeschaltet werden. Das Biogas wird in der Anlage gespeichert. Bei Strombedarf werden die BHKW-Motoren wieder eingeschaltet. Biogasanlagen sind ein zentraler Bestandteil der Energiewende mit 100% Erneuerbaren Energien.

Möglichkeiten den Flächenanspruch zu verringern

Es gibt viele technische und biologische Möglichkeiten den Flächenanspruch zu verringern. Sie werden im Folgenden dargestellt. Dabei ist die Bezugsgröße der Ersatz von Silomaisanbau. Der Grund für die Auswahl ist, dass Silomais der Haupteinsatzstoff für Biogasanlagen ist. Silomais ist die ertragreichste Energiepflanze in Deutschland und wurde im Jahr 2013 auf 2 Mio. ha angebaut. Davon waren 820.000 ha Silomais für Biogasanlagen bestimmt. Allerdings ist Silomais auch der am meisten kritisierte Einsatzstoff.

1. Möglichkeit: Höhere Produktivität des Energiepflanzenanbaus

Die Pflanzenzucht hat in den letzten Jahren große Fortschritte bei der Weiterentwicklung von Energiepflanzen gemacht. Die Trockenmasseerträge von Silomais wurden von 15 to je ha auf in Einzelfällen bis zu 25 to je ha gesteigert. Doch je mehr Silomais angebaut wird, umso größer ist das Ertragsrisiko für die Landwirtschaft und die Biogasanlagenbetreiber, da bei unpassendem Wetter, wie Kälte- oder Trockenperioden, hunderttausende Hektar betroffen sein können. So hat 2013 die Durchwachsene Silphie ²⁾, die vom Ertragspotential noch keine Konkurrenz zu Silomais darstellt, an einigen Standorten einen höheren

Hektarertrag gebracht als Silomais, da die Wetterbedingungen für Silomais ungünstig waren ³⁾. Die Gesamtproduktivität der Energiepflanzenproduktion sollte im Mittel mehrerer Jahre betrachtet und es sollen auch ökologische Aspekte, wie Blühpflanzen für Bienen und Hummeln, berücksichtigt werden.

Zu diesem Zweck experimentieren verschiedene Forschungseinrichtungen und Landwirte mit alternativen Energiepflanzen.

2. Möglichkeit: Einsatz von landwirtschaftlichen Nebenprodukten wie Stroh oder Pferdemit

Der Biogasboom, der mit dem hohen Nawaro-Bonus ab 2004 einsetzte, hat dazu geführt, dass überwiegend Maissilage als Energieträger in Biogasanlagen eingesetzt wurde. Das war auch sinnvoll, da das Produktions-Know-how und die Technik vorhanden waren. Maissilage ist einfach zu vergären, der Faseranteil ist recht niedrig und die unverdauliche Lignozellulose (Holzstoff) liegt bei einem Anteil von nur 2%. Der unverdauliche Anteil von Lignozellulose bei Stroh beträgt 50%. Eine Tonne Stroh hat genauso so viel unverdauliche Lignozellulose wie 70 to Maissilage. ⁵⁾ Das hat dazu geführt, dass von den fast 8.000 Biogasanlagen in Deutschland nur ganz wenige größere Mengen an faserhaltiger Biomasse wie Körnermaisstroh oder Rapsstroh einsetzen können. Die meisten Biogasanlagen sind hierfür technisch und biologisch nicht ausgerüstet.

Pferdemist

Es gibt in Deutschland ca. 1 Mio. Pferde, die jährlich etwa 10 bis 15 Mio. to Pferdemit produzieren. ⁶⁾ Die Mistensorgung stellt auf vielen Reiterhöfen ein Problem dar, da die Höfe zwar viele Pferde, aber wenig Flächen zum Ausbringen des Mistes haben. In den üblichen einstufigen Biogasanlagen mit Fermenter und Nachgärer schwimmt das Stroh fast völlig unverdaut durch die Biogasanlage. Deshalb wird diese Biomassequelle noch

	Anteil in %	Fläche in Mio. ha
Silomais für die Tierfütterung	47	1,17
Silomais als Energiemais	33	0,82
Körnermais	30	498
Gesamt	100	2,49

Tabelle 1: Maisanbau in Deutschland 2013
4). Diese Tabelle ist die Grundlage für die weiteren eigenen Berechnungen.

unzureichend genutzt. Ein zusätzlicher Vorteil der Pferdemitvergärung wäre, dass darin enthaltene Parasiten durch den Vergärungsprozess gezielt abgetötet werden. Bei der Ausbringung auf Weiden und Koppeln stecken sich die Tiere sonst immer wieder neu an.

Mit der Biogasausbeute von Pferdemit können bis zu 4 Mio. to Maissilage und damit bis zu 100.000 ha Maisanbaufläche ersetzt werden.

Maisstroh und Rapsstroh

2013 wurden in Deutschland 498.000 ha ⁷⁾ für den Anbau von Körnermais genutzt. Die Maiskörner dienen der Schweine- oder Geflügelfütterung. Es werden nur die Körner geerntet, das Maisstroh verbleibt auf dem Feld und wird untergepflügt. Zwei Drittel der Biomasse des Körnermaises bleiben ungenutzt. Dabei eignet sich Maisstroh sehr gut für die Vergärung und bringt, bezogen auf die Trockensubstanz, etwa 80% des Biogasertrags von Energiemais. In Österreich setzt sich aufgrund der niedrigen Einspeisevergütung und des daraus resultierenden wirtschaftlichen Drucks die Vergärung von Maisstroh Schritt für Schritt durch. Dafür werden zuerst die Maiskolben geerntet und als Futter verwendet oder verkauft. In einem zweiten Schritt werden die Maisstängel geerntet, einsiliert und später in der Biogasanlage verwendet. Ein Hektar Körnermaisstroh kann ca. 0,45 ha Silomais ⁸⁾, auf der Basis des Methanertrags je Hektar, ersetzen. Dabei sind die Ernteverluste miteinbe-



Bild 3: Silomais für Biogasanlage



Bild 4: Pferdemit ist ein weitestgehend ungenutzter Einsatzstoff

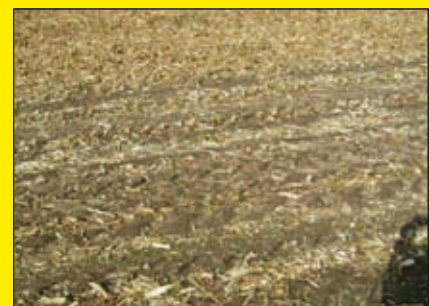


Bild 5: Maisstroh – ein Vergleich: ungeerntetes und geerntetes Feld

Substrat	Mais-Äquivalente	Aufkommen in Deutschland	Einsparungspotenzial Silomaisfelder [ha] gegenüber Stand 2013 (2 Mio. bzw. 820.000 ha)
Pferdemist		10 bis 15 Mio. to	100.000 (12%)
Maisstroh	80 % des Biogaspotentials	497.000 ha	200.000 (24%)
Rapsstroh	1 to Rapsstroh ersetzt 0,01 ha Silomaisanbaufläche	ca. 1,4 Mio. ha 9 to / ha	125.000 (15%)
Getreidestroh	70 % des Biogaspotentials	12 Mio. to	theoretisch 70% realistisch 15% 100.000 ha

Tabelle 2

rechnet. Bei 497.000 ha Körnermaisbau in Deutschland können theoretisch ca. 200.000 ha Silomaisanbaufläche ersetzt werden. Das sind ca. 24% der Maisanbaufläche für Biogasanlagen.

In Österreich wird auch Rapsstroh als Einsatzstoff in Biogasanlagen verwendet. Pro ha Rapsfeld werden im Mittel 9 to Rapsstroh⁹⁾ geerntet. Mit einem ha Rapsstroh können 0,09 ha Silomaisanbaufläche ersetzt werden. Rechnerisch können so bei 1.397.000 ha Rapsfläche etwa 125.000 ha Anbaufläche für Mais ersetzt werden.¹⁰⁾

Getreidestroh

Das Potential für Getreidestroh liegt in Deutschland bei über 13 Mio. to Frischmasse. Bei der Trockenmasse liegt die Menge mit 12 Mio. to ähnlich hoch wie die Trockenmasse bei Maissilage für Biogasanlagen.¹¹⁾ Die Biogasausbeute von Stroh liegt etwa bei 70% der Biogasausbeute von Mais. Rein theoretisch könnten damit 70% der Ackerflächen für Energiemais substituiert werden. Aber auch andere Nutzer wie Bioethanolhersteller oder Strohheizwerke beanspruchen dieses Potential. Bei nur 20% Potentialnutzung könnten schon 15% der Maisflächen oder etwas mehr als 100.000 ha ersetzt werden.

Die einzelnen Effekte sind in Tabelle 2 nochmals zusammengefasst.

Theoretisch lassen sich zwei Drittel der Maisanbaufläche in Deutschland mit landwirtschaftlichen Nebenprodukten substituieren. Es können aber nicht alle Potentiale technisch genutzt werden und es gibt nicht neben jedem Reiterhof eine Biogasanlage. Wenn sich nur 50% des theoretischen Potenzials technisch und wirtschaftlich nutzen ließen, dann könnte ein Drittel der Maisanbaufläche für Biogasanlagen frei werden für eine andere Nutzung.

Ähnliches gilt für Rübenblatt oder Hopfen- und Rebhäcksel, die nicht in die Betrachtung aufgenommen wurden.

Humusbilanz und Bodenfruchtbarkeit bei der Strohnutzung

Gegner des Stroheinsatzes in Biogasanlagen argumentieren, dass mit der Ernte von Stroh der Humusgehalt des Bodens sinken wird, weil die organische Masse zum Aufbau von Humus fehlt. Dabei wird übersehen, dass 90% der organischen Masse, die üblicherweise untergepflügt wird, im Boden zu CO₂ und Methan abgebaut wird und in die Luft übergeht. Auch der Stickstoff geht in die Luft und in das Grundwasser. Nur 10% der Biomasse wird zu Dauerhumus umgebaut. Beim Einsatz von Stroh in Biogasanlagen werden die schnell verfügbaren Stoffe wie Stärke und Hemizellulose und auch die Zellulose abgebaut. Die nicht abbaubare Lignozellulose verbleibt im Gärrest, wird auf die Felder ausgebracht und steht zur Bildung von Dauerhumus zur Verfügung. An die Adresse der „Humus-Besorgten“ ist zu sagen, dass der Humuserhalt und -aufbau am besten mit der richtigen Fruchtfolge zu leisten ist. Gerade Bio-

gasanlagen sind prädestiniert, Biomasse von humusbildenden Kulturen wie z.B. Klee- und Gras zu verwerten. Klee und Gras werden geerntet, die Wurzeln verbleiben im Boden.

3. Möglichkeit: Besserer Abbau der Biomasse, insbesondere der Zellulose und Hemizellulose, in der Biogasanlage

Biogasanlagen waren bis 2004, als das EEG in Kraft trat, immer Abfallvergärungsanlagen. Da es eine Annahmgebühr für die Abfälle gab, war die Effizienz der Vergärung zweitrangig. Es war wichtig, so viele Abfallstoffe wie möglich durch die Biogasanlage zu schleusen. Aufbauend auf dieser Technologie wurden dann ab 2004 Biogasanlagen für die Vergärung von Maissilage gebaut. Zu dieser Zeit war der Silomais billig und für 25 €/to zu haben. Bei einer Einspeisevergütung von bis zu 25 ct/kWh Strom, wenn alle Boni erreicht wurden, spielte die biologische Effizienz weiterhin keine Rolle. Erst als die Anzahl der Biogasanlagen und Mastställe sich erhöhte, dadurch die Pachtpreise und die Kosten von Maissilage auf über 40 €/to stiegen, wurden die Themen Effizienz bei der Biogasausbeute und der Ersatz von Maissilage durch andere Einsatzstoffe wichtig.

Die Fachliteratur gibt oft die obere Grenze für den Methanertrag pro to organischer Trockensubstanz (oTS) bei Ganzpflanzen-Silage mit 473 m³ an. Laut KTBL ist bei Maissilage in der Praxis mit 340 bis 360 m³ Methan (CH₄) zu rechnen. Bei Stroh liegt der Methanertrag wegen des hohen Ligningehaltes nur bei 150 bis 200 m³ CH₄/to oTS. Rechnerisch werden bei Maissilage ein Viertel und bei Stroh

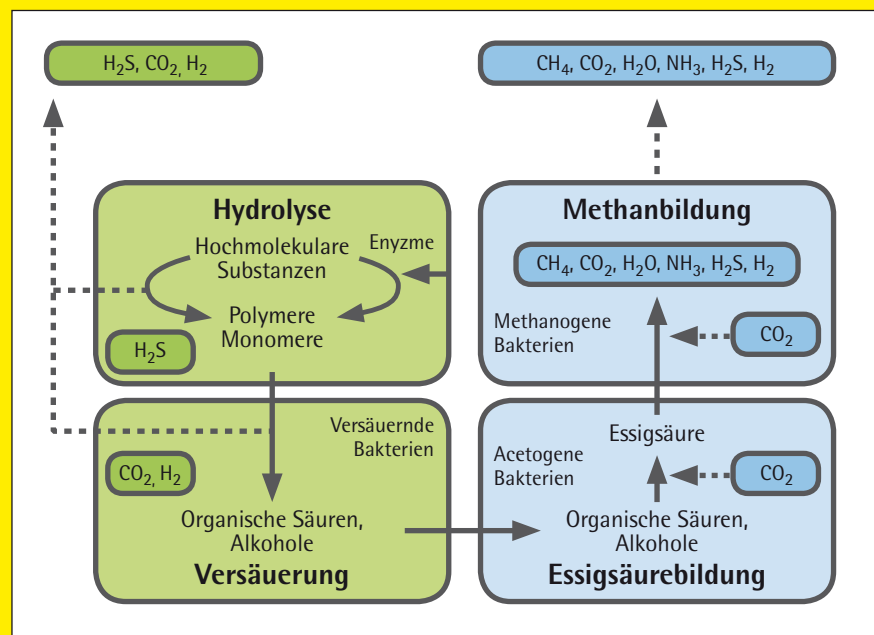


Bild 6: Die 4 Stufen der anaeroben Vergärung

über die Hälfte der Biomasse nicht abgebaut. Hier ist noch ein großes Potential erschließbar.

Hauptgrund für die schlechte Effizienz bei der Biogasgewinnung ist die Anordnung der Biologie bei den bestehenden Biogasanlagen. Über 90% der Biogasanlagen in Deutschland, die mit Nawaros betrieben werden, sind sog. einstufige Biogasanlagen mit Fermenter, Nachgärer und Endlager. Sie funktionieren biologisch gesehen wie ein Monogastrier. Monogastrier wie Mensch und Schwein haben nur einen Magen und brauchen hochverdauliches Futter wie Stärke, Eiweiß und Fette, Maissilage eben. Schwein und Mensch fressen kein Gras und kein Stroh. Auch sind einstufige Biogasanlagen nicht für die Vergärung von faserhaltigen Einsatzstoffen mit hohem Zelluloseanteil geeignet. Zellulose ist aber weltweit die häufigste und günstigste Biomasse. Auch ein Nachgärer nach dem Fermenter macht aus einer einstufigen Biogasanlage keine zweistufige Biogasanlage. Zwei Schweine ergeben keine Kuh.

Kühe haben ein mehrstufiges Verdauungssystem, das sich im Laufe der Evolution an die Verdauung von Zellulose angepasst hat. Deshalb fressen Kühe, abgesehen von denen in der heutigen Intensivhaltung, Gras und keine Kartoffeln oder Getreide und schon gar keinen Fisch und andere Kadaver. Die Verdauungsbiologie der Kuh ist das ideale Modell für eine Biogasanlage, die Zellulose in großem Stile verwerten kann.

Die Produktion von Biogas aus Biomasse erfolgt biochemisch gesehen grundsätzlich in vier Stufen.

Diese biologischen Stufen haben verschiedene Optima hinsichtlich Temperatur und pH-Wert. Alles im selben Behälter einer einstufigen Biogasanlage zu vermischen, bedeutet geringe Effizienz. Um Zellulose abzubauen zu können,

Die Rolle der DGS

Die DGS ist seit den 1970er Jahren Trendsetter in Sachen Energiewende. Fachleute und interessierte Bürger promoten bestehende Technologien für die Erzeugung regenerativer Energien. Sie erdenken aber auch Zukunftsszenarien für die weitere Entwicklung hin zu 100% Erneuerbare Energien. In diesem Kontext ist auch dieser Artikel zu sehen.

Schon 2007 hat der Arbeitskreis Biogas in der DGS darauf hingewiesen, dass die Effizienz der Biogasanlagen hinsichtlich des Abbaus der Biomasse zu Biogas zu gering ist.



Foto: Walter Danner

Bild 7: Maisstrohernte

müssen Biogasanlagen mehrstufig, also mindestens zweistufig, aufgebaut werden. In der ersten Stufe, die landläufig Hydrolyse genannt wird, werden bei hohen Temperaturen von bis zu 60°C und niedrigem pH-Wert unter 7 die langen Zelluloseketten mit Enzymen zerkleinert und von Bakterien zu Fettsäuren wie Essigsäure und Propionsäure umgebaut. In der zweiten Stufe werden dann die Fettsäuren zu Biogas umgebaut. Hier soll der pH-Wert bei 8 liegen und die Temperatur niedriger sein. Außerdem laufen die verschiedenen Prozesse in ganz unterschiedlichen Geschwindigkeiten ab. Vermehren sich Hydrolyse-Bakterien in wenigen Stunden, brauchen die Methanbakterien etwa zwei Wochen. Beide Prozesse im selben Behälter ablaufen zu lassen, wäre wie ein Wettkampf von 100 m Sprintern mit Marathonläufern über eine Wettkampfdistanz von 1.000 m. Das ist schlicht ineffizient.

Die logische Schlussfolgerung ist, dass bestehende Biogasanlagen technisch so umgerüstet werden müssen, dass sie faserige und schwer abbaubare Biomasse einsetzen können.

4. Möglichkeit: Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades beim BHKW durch Erhöhung des Methangehaltes im Biogas

Die elektrischen Wirkungsgrade bei Biogas-BHKWs haben in den letzten 10 Jahren enorm zugenommen. Lag der elektrischer Wirkungsgrad 2004 noch bei 33 bis 35%, sind es heute 38 bis 41% je nach Größe des BHKW. Dadurch verbraucht eine Biogasanlage etwa 13% weniger Einsatzstoffe bei gleicher Stromproduktion. Die Flächenbindung verringerte sich um 13%. Das sind bei einer 500 kW Biogasanlage zwischen 30 ha und 40 ha weniger.

Die physikalischen Grenzen sind bei den BHKWs fast ausgereizt. Eine Möglichkeit den Wirkungsgrad zu steigern liegt in der Erhöhung des Methangehaltes im Biogas. Je nach Art der Einsatzstoffe besteht Biogas zu 50 bis 53% aus Methan und zu 47 bis 50% aus Kohlendioxid. Die Datenblätter der BHKW-Hersteller weisen bei 60 bis 65% Methangehalt einen um 0,7 bis 1% höheren Wirkungsgrad aus. Der um 1% höhere Wirkungsgrad reduziert die benötigte Einsatzstoffmenge um etwa 2%. Das klingt nicht nach viel, aber bei einer Gesamtfläche für Biogas-Mais von 820.000 ha im Jahr 2013 bedeutet das eine Reduzierung des Flächenanspruchs von 16.000 ha¹²⁾ nur für Silomais.

Die Erhöhung des Methangehaltes lässt sich erreichen, indem man sich den physikalischen Effekt der CO₂-Löslichkeit in Flüssigkeiten zunutze macht. Wenn Biogas durch das Gärsubstrat im Fermenter oder Endlager geblasen wird, löst sich ein Teil des CO₂ in der Flüssigkeit. Die Biogasmenge nimmt ab, die Methanmenge bleibt gleich und der Methangehalt im Biogas steigt an. Dieser Effekt wird seit Jahren bei Gasrührwerken beobachtet und wird ganz deutlich bei Gasrührwerken im Endlager. Wird das Endlager bei vollem Behälter mit einem Gasrührwerk bewegt, wie es im Winter der Fall ist, steigt der Methangehalt des Biogases auf Werte von 60 bis 65% an. Im Frühjahr und Sommer, wenn das Endlager nicht ganz gefüllt ist und zu wenig Flüssigkeit für das Aufnehmen von CO₂ im Behälter vorhanden ist, sind die Methangehalte mit 50 bis 53%¹³⁾ niedriger. Das ist ein klares Indiz für den Effekt der CO₂-Löslichkeit im Gärsubstrat.

Um diesen Effekt ganzjährig nutzen zu können, müssen die Fermenter mit Biogasarührwerken gerührt werden, da Fermenter ganzjährig voll sind.

Politische Forderungen

- Wiedereinführung des Nawaro-Bonus
- für landwirtschaftliche Nebenprodukte und Energiepflanzen (ohne Mais)
 - für neue Energiepflanzen, die eine positive ökologische Wirkung haben, wie beispielsweise Wildpflanzenmischungen
 - für Klee gras und Zwischenfruchtmischungen
 - Pferdemist in die Regelung für den bestehenden Güllebonus aufnehmen
- Eine gesetzliche Regelung einführen, dass Überschuss-Strom aus Erneuerbaren Energien, ohne Gebühren (EEG-Umlage, etc.) genutzt werden kann

5. Möglichkeit: Bio-Methanisierung zur Nutzung des CO₂ im Biogas

Die Möglichkeit zur Produktion von Methan aus CO₂ und Wasserstoff (H₂) ist seit Paul Sabatier, einem französischen Chemiker, bekannt. Dabei werden CO₂ und H₂ über einen Katalysator zu CH₄ und Wasser umgewandelt.



Einen biologischen Umwandlungsprozess von CO₂ und H₂ zu Methan und Wasser gibt es auch bei der Biogasbildung. Beim Abbau von Biomasse entstehen als Zwischenprodukte CO₂ und H₂. Spezialisierte Bakterien nutzen diese Zwischenprodukte zur Bildung von CH₄ und Wasser. Dieser Prozess wird „biologische Methanisierung“ genannt. Ihn gibt es seit Jahrtausenden. Erste Forschungsergebnisse zeigen, dass sich dieser Prozess auch ganz gezielt zur Methanproduktion nutzen lässt. Wenn CO₂ und H₂ in Gärsubstrat eingebracht werden, entsteht CH₄ und Wasser. Der begrenzende Faktor bei diesem Prozess ist die Verfügbarkeit von Wasserstoff. Biomasse besteht in der Masse aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und anderen Elementen. In der pflanzlichen Biomasse mit einem hohen Zelluloseanteil ist nur so viel natürlicher Wasserstoff vorhanden, dass der Methangehalt im Biogas von Ganzpflanzen bei ca. 50% liegt. Bei Fetten kann der Methangehalt höher sein, da dort mehr Wasserstoff in Relation zum Kohlenstoff zur Verfügung steht. Um den Methangehalt im Biogas zu erhöhen, muss folglich von außen Wasserstoff zugeführt werden.

Maßnahme	Mögliche Einsparung
Höhere Produktivität des Energiepflanzenanbaus	10%
Einsatz von landwirtschaftlichen Nebenprodukten wie Stroh und Pferdemist	30%
Besserer Abbau der Biomasse, insbesondere der Zellulose und Hemizellulose in der Biogasanlage	10%
Erhöhung des elektrischen Wirkungsgrades beim BHKW	2%
Bio-Methanisierung zur Nutzung des CO ₂ im Biogas für die weitere Methanproduktion	10% (Schätzung)

Tabelle 3

Dieser kann mittels Elektrolyse erzeugt und bereitgestellt werden. Bei der Elektrolyse wird mittels elektrischen Stroms Wasser (H₂O) in Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) aufgespalten. Der Wasserstoff kann zur biologischen Methanisierung genutzt werden. Der Sauerstoff wird entweder in die Atmosphäre entlassen, im BHKW zur Verbesserung des elektrischen Wirkungsgrads eingesetzt oder einer anderen Nutzung zugeführt. Stromquelle für die Elektrolyse kann der Überschussstrom von Wind und Sonne sein. Bereits heute werden Überschüsse an Windstrom in die Nachbarländer Polen, Niederlande und Dänemark abgeleitet. Statt diesen Strom zu für den Erzeuger ungünstigsten Preisen zu exportieren, erscheint es sinnvoll daraus Wasserstoff herzustellen um damit speicherbares Methan herzustellen.

Ausblick: Die Chancen der biologischen Methanisierung in Biogasanlagen

Es gibt zurzeit zwei grundlegende Forschungsansätze zur biologischen Methanisierung. Bei der ersten Methode wird ein Behälter mit Füllkörpern, auf denen ein Bakterienrasen angesiedelt ist, mit CO₂ und H₂ beschickt. Eine zweite Mög-

lichkeit ist es, in mit Gärsubstrat gefüllte Behälter H₂ und Biogas als CO₂-Quelle einzublasen. In beiden Fällen wird von den Bakterien Methan produziert.

Es gab 2013 in Deutschland 7.720 Biogasanlagen¹⁴. Jede Biogasanlage hat mindestens drei Behälter (Fermenter, Nachgärer, Endlager). Rechnerisch stehen also auf deutschen Biogasanlagen mindestens 25.000 Behälter. Diese Behälter können umgerüstet und zur biologischen Methanisierung genutzt werden. Die Frage lautet nun: Wie kommt der Strom für die Elektrolyse zur Biogasanlage?

Biogasanlagen stehen meist auf einzelnen Bauernhöfen außerhalb von Siedlungen. Sie wurden dort angesiedelt, um die Geruchsbelästigung der Bevölkerung gering zu halten. Meist wird die Biomasse auch auf den Bauernhöfen selbst und nicht in den Dörfern erzeugt. Die Stromanschlüsse der Biogasanlagen sind von begrenzter Kapazität.

Wie viel Strom und Wasserstoff werden für die Umsetzung des CO₂ im Biogas benötigt?

Aus der Sabatier-Formel zur Umsetzung von CO₂ und H₂ zu CH₄ ergibt sich, dass zu jedem CO₂-Molekül vier Wasserstoff-Moleküle benötigt werden.



Bild 8: Silphie mit Bienenstöcken

Foto: Walter Danner

Eine 500 kW Biogasanlage erzeugt ca. 250 m³ Biogas pro Stunde. Davon sind 50% CO₂. Um dieses CO₂ vollständig zu Methan umzuwandeln bräuchte es eine Stromleitung zur Biogasanlage von ca. 7 MW. Eine Stromleitung mit einer solchen Kapazität ist in Gewerbe- und Industriegebieten, aber nicht bei Biogasanlagen, verfügbar. Die Annahme für die Berechnung ist hier, dass nur etwa 2.000 Stunden im Jahr billiger Überschussstrom zur Verfügung steht. In dieser Größenordnung ist ein solches Projekt völlig unrealistisch.

Wenn man darauf abzielt, nur 10 bis 20% des CO₂ umzuwandeln, wird ein solches Projekt technisch realistisch. Die Anschlussleistung für den Elektrolyseur läge nur noch bei 700 kW bis 1,5 MW. Wirtschaftlich ist das zurzeit nicht umsetzbar, weil die rechtlichen Bestimmungen für den Bezug von billigem Strom noch nicht gegeben sind.



Foto: Walter Danner

Bild 9: Strohanlieferung in der Biogasanlage auf der Manor Farm in Clixby, Lincolnshire (GB)

Zusammenfassung

Im Überblick sind hier die Maßnahmen und Effekte in der Tabelle 3 dargestellt.

Die angegebenen Prozentzahlen für die Einsparung können nicht einfach aufsummiert werden, da viele Biogasanlagen bereits einige der Maßnahmen umsetzen. Es kommt auch gar nicht auf die einzelne Zahl an. Es wird aber deutlich, dass es Möglichkeiten gibt mindestens 50% der Silomaisfläche für Biogasanlagen zu ersetzen.

Ausblick

„Biogasanlagen werden effizienter“, lautete die Überschrift eines Artikels in einer landwirtschaftlichen Fachzeitschrift ¹⁶⁾. In Niedersachsen ist die Leistung der Biogasanlagen innerhalb von drei Jahren um 19% gestiegen, obwohl der Energie-maisanbau in dieser Zeit stagnierte. In diesem Artikel werden keine weiteren Zusammenhänge genannt, es sei vielmehr ein Zusammenspiel mehrerer Faktoren. Das Ergebnis der niedersächsischen Biogasinventur belegt jedoch, dass Biogasanlagen flächeneffizienter betrieben werden können. Sollte sich die Politik zu einer gezielten Förderung der Flächeneffizienz durchringen können, dann könnte das schneller gehen als man annimmt.

Stand: 10.12.2014

Da es sich hier um ein Diskussionspapier handelt, sind Rückmeldungen, Hinweise, Verbesserungen erwünscht. Alles, was zur weiteren Energiewende beiträgt, ist herzlich willkommen.

Walter Danner
mail: w.danner@strohvergaerung.de

Fußnote

- 1) FNR Basisdaten 2014
- 2) Durchwachsene Silphie ist ein widererdeckte, blühende Energiepflanze, die einmal den Silomais auf speziellen Standorten ersetzen soll
- 3) Mündliche Information von Guido Mayer, Biogasanlagenbetreiber, der Silomais und die Durchwachsene Silphie anbaut, 2013
- 4) <http://de.wikipedia.org/wiki/Energiemail>
- 5) Eine Tonne Stroh mit 88% Trockensubstanz (TS) und 50% Anteil an Lignozellulose enthält ca. 440 kg Lignozellulose. Eine Tonne Maissilage mit 30% TS und 2% Lignozellulose enthält ca. 6 kg Lignozellulose. Damit enthält eine Tonne Maissilage etwa nur ein 70igstel an Lignozellulose im Vergleich zu Stroh.
- 6) Ulrich Geuder, Wohin mit dem Pferdemit? Ein Blick auf Mengen, Qualitäten und Absatzwege, 19. C.A.R.M.E.N.-Symposium am 11. und 12. Juli 2011 in Straubing
- 7) http://www.maikomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland/Anbaufläche_Körnermais
- 8) Eigene Berechnung
- 9) Mündliche Mitteilung von Josef Höckner, Juli 2013
- 10) Eigene Berechnung
- 11) Björn Schwarz (IKTS), Dr. Gerd Reinhold (TLL), Potenziale und Wirtschaftlichkeit von Stroh als Substrat in Nassvergärungsanlagen, Energiepflanzentag in Trossin am 29.08.2012
- 12) Biogas und Ökolandbau – Renew's Kompakt, 11.02.2014
- 13) Herde Christian, Mündliche Mitteilung, 8.03.14
- 14) Biogas und Ökolandbau – Renew's Kompakt, 11.02.2014
- 15) Unter Stroh wird hier Stroh von Getreide, Körnermais, Raps, etc. subsummiert.
- 16) top agrar 12/2014, Seite 98

Zum Autor

Walter Danner – Agraringenieur und Unternehmer – hat mehr als 40 Biogasanlagen in der Bandbreite von 10 kW (Containeranlage) bis 4 MW in 12 Ländern auf 4 Kontinenten entworfen und gebaut. Im Auftrag der UNIDO hat er kleine HPTC Biogas Anlagen (temperaturkontrollierte Hochleistungs-Anlagen) für Entwicklungsländer konzipiert. Diese sind in der Lage, speziell hoch faserige Einsatzstoffe wie Nebenprodukte aus der Landwirtschaft, z.B. Stroh, Mist sowie Abfälle aus Schlachthäusern und Konservenfabriken zu verwerten.

Die von Walter Danner entwickelte Biogastechnologie ist mit einer speziellen Batch-Hydrolyse zum Voraufschluss der faserreichen Biomasse ausgestattet, was den größtmöglichen Biogasertrag ermöglicht. Mit dieser Technologie kann fast jeder Einsatzstoff – außer Holz – vergärt werden.

Walter Danner ist Sprecher der Deutschen Gesellschaft für Solarenergie und Regionalgruppensprecher des Fachverbandes Biogas für Niederbayern.