

Strom, Wärme und Treibstoffe aus Biomasse

H. Kabisch, Berlin

Biomasse ist eine Erneuerbare Energiequelle (EE) für alle Energieversorgungssysteme. „Energiepflanzen“ und ein Erdgasersatz verändern den ländlichen Bereich, in dem der Landwirt mit Unterstützung von Maschinenbau und Elektrotechnik zum Energiewirt wird. Der Beitrag beschreibt, was alles zur Biomasse gehört, warum sie eine EE ist und auf welchen Wegen die Energie genutzt werden kann.

1 Biomasse ist mehr als Stroh und Laub

Biomasse ist gespeicherte Sonnenenergie. Als alternativer Energieträger zu seinen jahr-millionenalten Vorgängern wie Kohle, Erdöl und Erdgas gilt sie nach der Wasserkraft als weltweit bedeutendste EE. Das verdeutlicht auch das energiepolitische Programm der Europäischen Union (EU). Ziel ist u. a. die Verdopplung des EE-Anteils am Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2010. Dabei soll sich der Anteil an Bioenergie sogar verdreifachen. Vereinbarungsgemäß wächst ihr Anteil in den Mitgliedstaaten längerfristig auf mindestens 20 % des Energiebedarfs. In Deutschland wird diese Entwicklung seit 1999 durch Vergütungen im Rahmen des Erneuerbare-Energie-Gesetzes (EEG) durch finanzielle Mittel zur Durchführung von Forschungen – beispielsweise auf dem Gebiet der Vergasung fester Biomasse – gefördert. Ziel ist auch hier ein Marktanreizprogramm, an dessen Ende auf Förderung verzichtet werden kann.

Die Ursachen für dieses geplante überdurchschnittliche Wachstum sind vielfältig. So können mit Biomasse auch Treibstoffe gewonnen werden – ein Beitrag zur Begrenzung der CO₂-Emissionen im ständig wachsenden Straßenverkehr. Im Gegensatz zu Windkraft und Photovoltaik lässt sich mit dem Energieträger Biomasse die Stromerzeugung problemlos ohne Zwischenspeicherung zeitlich dem Verbrauch anpassen. Schließlich werden Pflege und Aufbereitung der Biomasse zu einer wirtschaftlichen Stabilisierung im ländlichen Bereich führen, an dem auch Handwerk und Gewerbe teilhaben. Das gilt – wie noch gezeigt wird – in besonderem Maße für die Stromgewinnung. Dabei kann der Landwirt in sonnenreichen Zonen noch stärker als in den letzten Jahren zusätzlich auf Photovoltaik und Solarthermie setzen.

Biomasse sind Energieträger organischer Herkunft und kohlenstoffhaltiger Materie. Dazu zählen alle pflanzlichen und tierischen Stoffe

sowie deren Umwandlungsprodukte und organischen Abfälle, die für eine Energiegewinnung geeignet sind.

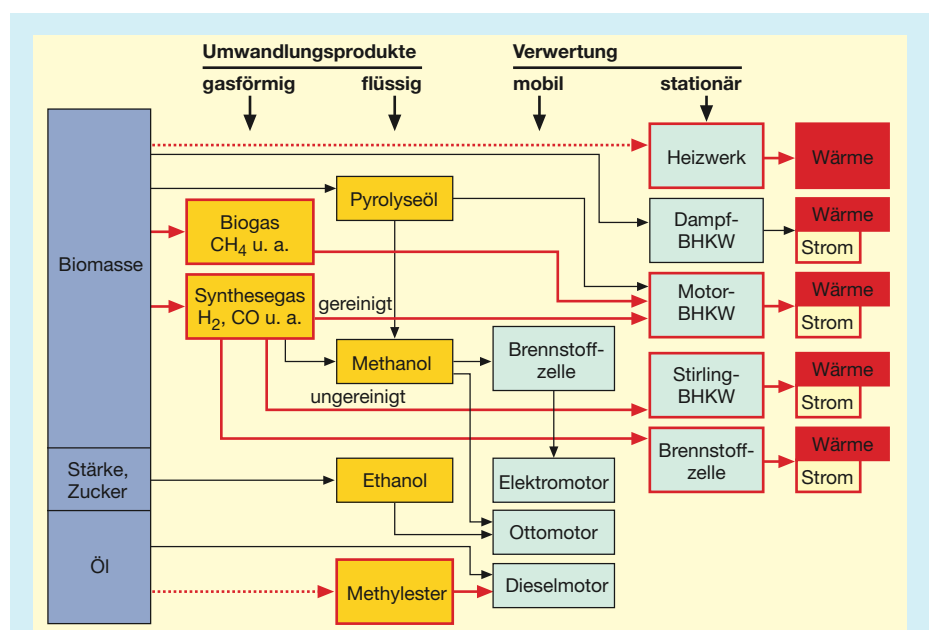
Primäre Biomassen sind beispielsweise land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe, die nicht für die Ernährung oder als Futtermittel verwendet werden, also solche, die durch Photosynthese entstanden sind.

Sekundäre Biomassen umfassen energetisch nutzbare pflanzliche, tierische und menschliche Reststoffe wie Dung, Gülle, Getreide, Obst-, Gemüserückstände, aber auch organische Abfälle aus Wohn- und Gewerbebereichen oder durch Umwandlung entstandene Stoffe wie Papier und Zellstoff – also der verwertbare Teil des Siedlungsmülls [1]. Schließlich gehören auch Klär- und Deponiegas dazu, die bei der Verrottung bzw. durch bakterielle Umsetzungsprozesse organischer Substanzen entstehen – u. a. auch bei der Entsorgung von Klärschlamm.

In Ergänzung zum EEG gibt es seit Juni 2001 eine Biomasse-Verordnung, die festlegt, welche Stoffe als Biomasse gelten und gefördert

2 Geschlossener Kohlenstoffkreislauf mit Energiegewinn

Zur Bewertung ihrer Klimafreundlichkeit muss der ganze Lebensweg der Gewächse und der daraus entstandenen primären Biomasse berücksichtigt werden. Er beginnt beim von der Photosynthese gesteuerten Pflanzenwachstum. Dabei wird der Atmosphäre Kohlendioxid (CO₂) entzogen. Gleichzeitig entstehen in der Pflanze energiereiche organische Kohlenstoffverbindungen, vor allem Kohlenhydrate (Zucker, Stärke, Zellulose) sowie Fette und Proteine. Am Ende des Lebensweges wird aus der Pflanze Biomasse. Verfault und verrottet diese Biomasse, dann entweicht der organische Kohlenstoff ungenutzt für die Menschheit in die Atmosphäre. Selbst wenn der Biomasse vor der Verrottung beispielsweise durch Verbrennen Wärmeenergie entzogen wird, entweicht CO₂ in die Atmosphäre. In beiden Fällen wird die gleiche Menge CO₂ freigesetzt, die die Pflanze beim Wachstum auf-



1 Möglichkeiten der Umwandlung und Verwertung von Biomasse als Energieträger

Quelle: FVS

Autor

Dipl.-Ing. Helmut Kabisch ist freier Fachjournalist, Berlin.

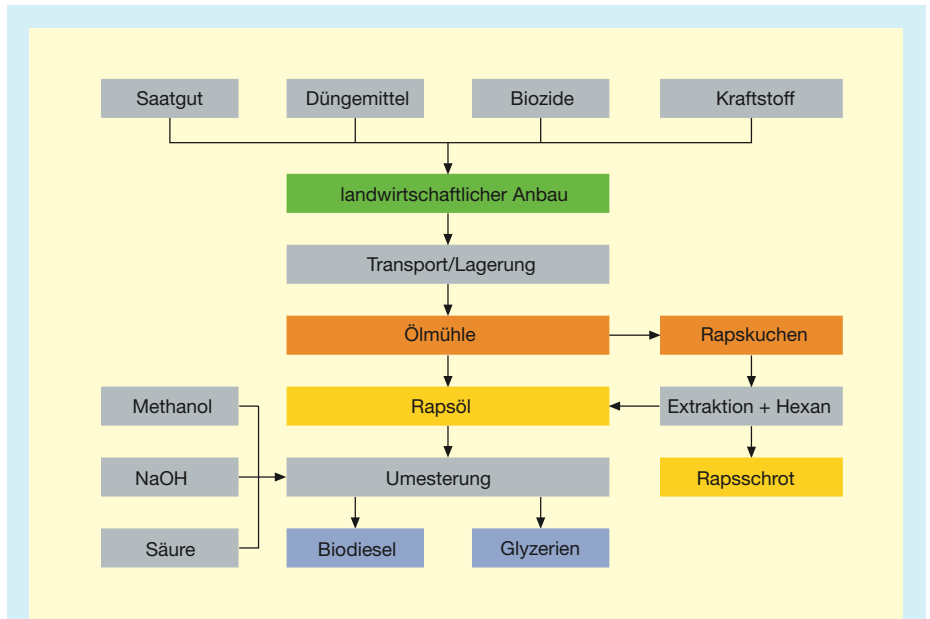
genommen hat. Biomasse ist also ein „CO₂-neutraler Energieträger“. Allerdings erfordert seine Nutzung Hilfsenergie für Anbau, Pflege, Ernte oder Bergung, Lagerung und Transport sowie für die Umwandlung der Biomasse in feste, flüssige oder gasförmige Energieträger. Deshalb ist es notwendig, Ökobilanzen aufzustellen, die über CO₂-Emissionen Auskunft geben.

3 Energiegewinnung aus Biomasse

Um die Energie der Biomasse nutzen zu können, muss die Biomasse zunächst durch Sammeln bzw. Ernten frei von Fremdstoffen sortiert sowie transportiert und gelagert werden. Damit sind die wesentlichen Voraussetzungen geschaffen, um anschließend mit unterschiedlichen Technologien in einem als Biokonversion genannten Prozess die Biomasse in feste, gasförmige oder flüssige Brennstoffe umzuwandeln (Bild 1). Dabei ist es durchaus möglich, dass mehrere Prozessdurchläufe erforderlich sind, um den gewünschten Brennstoff zu erzeugen. Das gilt beispielsweise für Holz und -abfälle, die mit physikalischen Umwandlungstechnologien aufbereitet und anschließend zu Pellets (Presslinge aus trockenem, naturbelassenem Restholz – meist Sägespäne – mit einem Durchmesser von 5 bis 15 mm und einer Länge von 10 bis 30 mm ohne chemische Zusätze) unter mechanischem Druck geformt werden. Noch umfangreicher ist der bereits heute realisierte Herstellungsprozess des Treibstoffs Biodiesel (Bild 2). Wichtige Stationen sind die Gewinnung von Raps und Rapsöl sowie die Umesterung. Dabei wird das Rapsöl gepresst, raffiniert (unerwünschte Nebenprodukte werden entfernt) und der molekulare Aufbau unter Zugabe von Methanol verändert. Außer Kraftstoff entstehen der Chemierohstoff Glycerin und das Tierfutter Rapsschrot. Allerdings haben nicht alle Energieträger ein mit Biodiesel vergleichbares hohes Produktionsniveau erreicht. Das gilt vor allem auch für noch hochwertigere Treibstoffe, die später einmal Biodiesel als derzeitige Übergangslösung ersetzen dürften.

4 Strom und Wärme durch Verbrennung

In den letzten Jahren sind in zunehmendem Maße Heizkraftwerke entstanden, die auf dem Wege der Verbrennung von Holz Kraft-Wärmegekoppelt Energie bis zu einer elektrischen Leistung von 20 MW liefern (vgl. Bild 1). Da das Holzpotential weitgehend ausgeschöpft sein soll, könnte der gegenwärtige Bauboom möglicherweise in diesem Jahr zu Ende gehen. In der Zukunft dürften neuentwickelte Kraftwerke mit Holzvergasung die erwartete Lücke schließen.



2 Herstellungprozess von Biodiesel mit allen Vorstufen und erzeugten Produkten sowie den Aufwendungen für den Rapsanbau

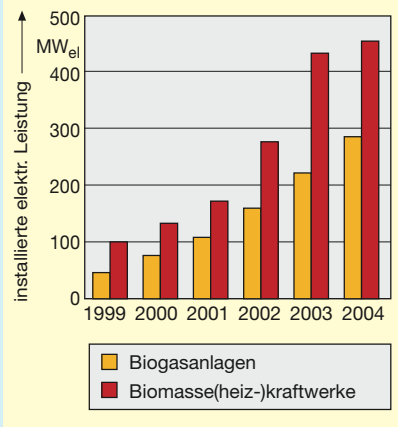
Quelle: BMU

Schwerpunkt bleibt aber weiterhin die Kleinfeuerungsanlage zur Heizung und Warmwasserbereitung. Zunehmend werden auch Erzeugnisse angeboten, die die Integration eines solarthermischen Systems erlauben. Die Energieversorgung erfolgt über Pellets oder Restholz aus der Umgebung. In wenigen Jahren dürften auch die über einen Wärmekraftmotor (Stirlingmotor) angetriebenen Blockheizkraftwerke (BHKW) mit Pelletversorgung für die Gebäudetechnik zur Verfügung stehen.

5 Strom und Wärme aus stillgelegtem Acker

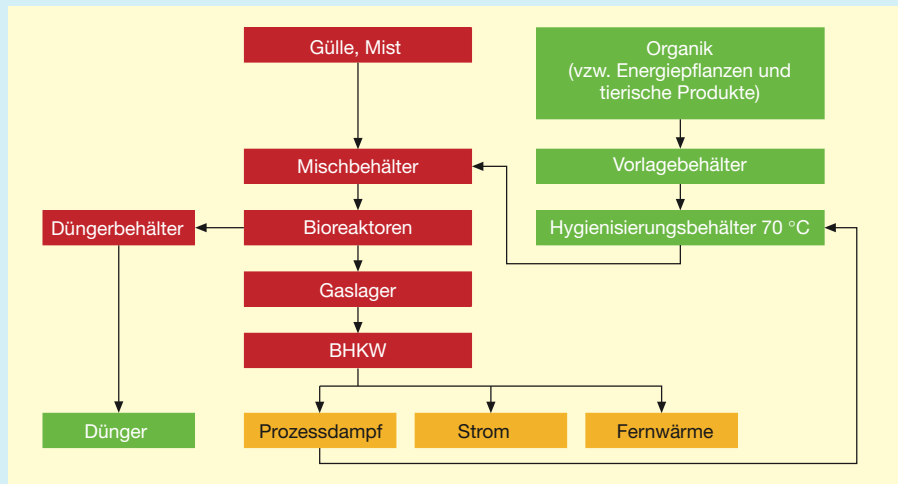
Für den ländlichen Raum stehen insbesondere Strom- und Wärmegewinnung mit Biogas auf der Tagesordnung. Sie erlaubt dem Landwirt die Deckung des eigenen Energiebedarfs und die Belieferung von Strom- und Wärmenetzen. Seine heutige Reife hat diese Technologie nicht zuletzt den Energiepflanzen zu verdanken – im Folgenden als NR bezeichnet. Gemeint ist der gezielte Anbau von Pflanzen, mit denen industrielle Produkte oder Energie gewonnen wird. Teilweise können auch Tierprodukte, die neben der Nahrungsmittelerzeugung anfallen, als NR bezeichnet werden (Beispiel: Wolle). Im Gegensatz zu fossilen Rohstoffen erneuern sich die NR jährlich oder in überschaubaren Zeiträumen und leisten einen steigenden Beitrag zu einer nachhaltigen Wirtschaftsweise. Insgesamt handelt es sich um Grundsubstanzen aus der Land- und Forstwirtschaft, die nicht als Nahrung oder Futter genutzt werden. Ausgangspunkt für dieses zunächst weitgehend neue Marktsegment waren die mit Be-

ginn der 80er Jahre wachsenden Überschüsse der landwirtschaftlichen Produktion. Sie führten in mehreren Ländern der Europäischen Union und nicht zuletzt auch in Deutschland bis heute zu Flächenstilllegungen, für die eine Prämie gezahlt wird. Diese Entwicklung veranlasste 1983 die Bundesregierung zur Ausarbeitung einer „Gesamtkonzeption NR“, deren Ziel die Vorbereitung eines neuen Geschäftsfeldes war und bis heute noch ist. Verbunden damit war die schrittweise Nutzung der Flächen und umfangreiche Forschungs-, Entwicklungs- und Markteinführungsprogramme. Allein in den letzten zehn Jahren wurden über 1.000 Forschungsprojekte (u. a. Stromerzeugung mit gasbetriebenen BHKW und mit Brennstoffzellen) und annähernd die gleiche Anzahl an Vorhaben zur Markteinführung auf den Weg gebracht. Schwerpunkt ist inzwischen die Energiepflanze, die – wie die Rapsfelder in Deutschland beweisen – wirtschaftlich genutzt werden. Inzwischen werden von jedem zehnten Hektar (1 ha = 10.000 m²) Ackerfläche NR geerntet. Nach Einschätzung von Dr. A. Schütte, Chef der koordinierenden Fachagentur für NR (FNR) bestimmen heute noch altbekannte Feldfrüchte, die zur Gasaufbereitung unverzichtbar sind, den Anbau. Neue Energiepflanzen brauchen noch einige Jahre bis zum großflächigen Anbau. Schütte erwartet, dass die Anbaufläche von gegenwärtig 850.000 ha im nächsten Jahr auf über eine Mio. ha und damit auf etwa 8,5 % der gesamten bewirtschafteten Fläche wächst. Andere Experten der Biogasbranche vertreten sogar den Standpunkt, dass als Folge der EU-Erweiterung im Jahr 2030 in Deutschland keine Nahrungsmittel mehr angebaut werden und die gesamte Ackerfläche NR zur Verfügung steht [2] – [5].



3 Stromerzeugung in Deutschland aus Biogasanlagen und Biomasse-Kraftwerken

Quelle: BUA und Institut für Energetik und Umwelt, Leipzig



4 Von der Gülle bis zum Strom

Schematische Darstellung der Prozessstufen zur Gewinnung von Strom mit Biogas. Zentrum der Biogaserzeugung ist der Bioreaktor, vielfach auch als Fermenter oder Faulbehälter bezeichnet. Quelle: BMU

6 Strom und Wärme aus Biogas

Die Nutzung von Biogas hat in Deutschland eine längere Entwicklungsgeschichte. Bereits 1937 hatten die Städte Halle, Pforzheim, Essen, Erfurt, Pörsneck, München und Heilbronn ihren städtischen Fuhrpark auf Biogasbetrieb umgestellt. In den Kriegsjahren wurden die Technologien zur Gasherstellung verbessert und die Nutzung auf Heizung erweitert. Erst danach verlagerte sich die Aktivität auf das Land. Mitte des Jahrhunderts gab es in der Bundesrepublik etwa 50 Biogasanlagen, die aber bald wieder stillgelegt wurden und nur beschränkt durch verbesserte Anlagen ergänzt wurden.

Ende der 90er Jahre setzte in der deutschen Landwirtschaft eine rasante Entwicklung der Biogaserzeugung ein, die unterstützt von der Förderung durch das EEG bis heute anhält und seit einigen Jahren auch nicht auf NR verzichtet. Allerdings wird die installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen noch unterhalb der Leistung der Biomassekraftwerke liegen (Bild 3). Mitte des Jahres 2003 lieferten 2000 Biogasanlagen in Deutschland über die installierten Blockheizkraftwerke (BHKW) Strom und Wärme. Sie wurden am Anfang der Entwicklung meist von Einzelbauern betrieben und bestreichen etwa den elektrischen Leistungsbereich von 5,5 bis 100 kW. Inzwischen gibt es Anlagen bis weit über die Grenze von 500 kW, die als bäuerliche Gemeinschaftsanlagen, von Landwirtschaften mit hohen Tierbeständen, von Energieversorgungsunternehmen und auch von Kommunen betrieben werden. Bereits am 30.5.02 wurde das bis heute größte Biokraftwerk Deutschlands im Lausitzdorf Alteno (Brandenburg/Spreewald) mit einer elektrischen Leistung von etwa 1 MW in Betrieb genommen. Die weltweit leistungs-

stärkste landwirtschaftliche Biogasanlage wurde vor einem reichlichen Jahr in Betrieb genommen und liefert elektrisch 2245 kW (Quelle: „Sonne Wind & Wärme“). Wie bei anderen Biogasanlagen der obersten Leistungsklasse sind mit dem Betrieb erhebliche Transporte verbunden. Die in der Nähe von Schiene und Autobahn installierte Brandenburger Anlage verwertet biogene Reststoffe aus Industrie, Landwirtschaft, Gewerbe und Gemeinden und hat eine Verarbeitungskapazität von 86000 t/a.

Die Erzeugung von Biogas ist ein biologischer Prozess. Bis auf vereinzelte Testanlagen kommt die ein- oder zweistufige Nassvergärung zur Anwendung. (Die Alternative wäre die noch nicht ausreichend erprobte Trockenfermentation.) Zentrum der Biogaserzeugung ist der Bioreaktor, vielfach auch als Fermenter oder Faulbehälter bezeichnet (Bild 4). In seinem Inneren erzeugen Mikroorganismen (Bakterien) aus organischer Materie in einem anaeroben Prozess Biogas. Voraussetzung sind Dunkelheit, ein luftdichter Raum (Bakterien vertragen keinen Sauerstoff) und ein bestimmtes Temperaturniveau (vorzugsw. 30-37 °C). Gleichzeitig entsteht ein hochwertiges Düngemittel, das wesentlich weniger geruchsintensiv als frische Gülle ist. Es ist als feste Masse oder als Flüssigkeit verfügbar und ermöglicht darüberhinaus die Verschiebung der Düngung auf die effektive Wachstumsphase.

7 Erdgasniveau noch nicht erreicht

Qualitätsmaßstab für die Nutzbarkeit des Gases ist in erster Linie der Gehalt an Methan (CH₄). Über 80 % der untersuchten 32 Biogasanlagen erreichten einen CH₄-Anteil von weniger als 60 % und nur 6,3 % der Anlagen schaff-

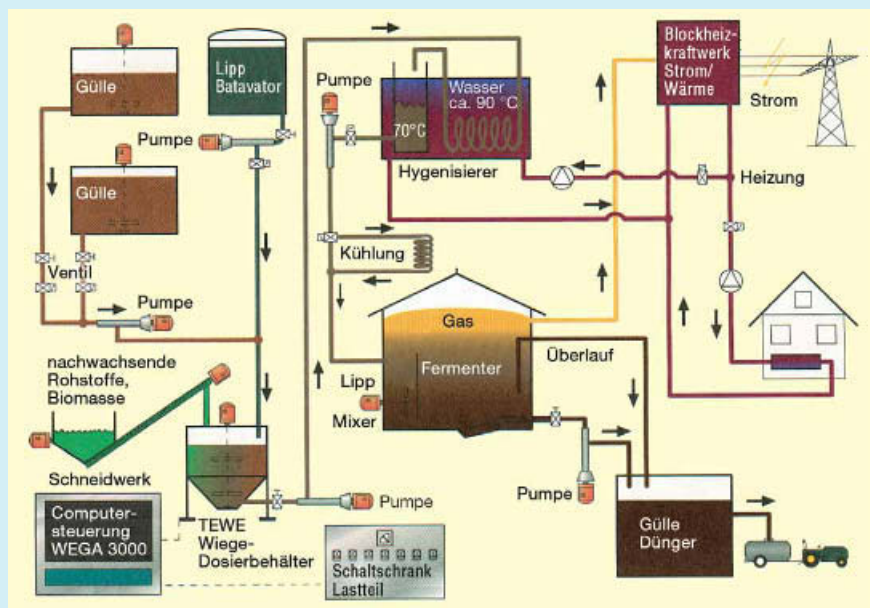
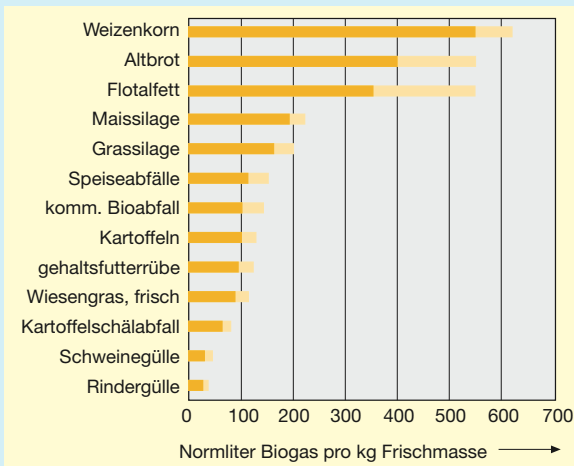
ten mehr. Zum Vergleich: Erdgas der Qualitätsstufen L und H sichert einen Methangehalt von 82 bzw. 93 %. Damit liegt der Brennstoff Biogas noch weit unter dem garantierten Qualitätsniveau der Erdgaslieferanten. Zwar wurde der Brennwert von Biogas durch Zuführung von Methangas versuchsweise erhöht. Dennoch ist eine kostengünstige Massenproduktion mit Erdgasniveau noch lange nicht realisierbar. Ein wichtiger Grund ist die große Schwankungsbreite der Bestandteile des Biogases, das aus vielen Anlagen stammt.

Darüber hinaus unterscheiden sich die Gase durch den Reinheitsgrad. Damit fehlen zurzeit zwei wichtige Voraussetzungen, um – wie von der Fa. Farmatic beabsichtigt – noch in diesem Jahr Biogas in das Erdgasnetz einzuspeisen. Deshalb steht die Biogas-Forschung vor der Aufgabe, die bisherigen Gasaufbereitungssysteme zu verbessern. Das ist aber auch unverzichtbar, um Gasmotoren noch wartungsärmer und Brennstoffzellen überhaupt betreiben zu können. Auch die Erzeugung von Wasserstoff aus Biogas erfordert höhere Reinheitsgrade.

8 Energiegewinne sind angesagt

Es gibt verschiedene Ansatzpunkte, um die Wirtschaftlichkeit der Biogasanlagen weiter zu erhöhen und damit die Förderquote zukünftig bis auf null zu reduzieren. Bereits in der Vergangenheit ist es gelungen, die Gasausbeute durch Feldfrüchte zu erhöhen (Bild 5). Verbesserung durch neue Energiepflanzen werden erwartet. Ein weiterer Schritt ist die Minimierung des Energiebedarfs, der nach Literaturangaben im Durchschnitt bei 40 % der BHKW-Leistung liegt und zu erheblichen Anteilen durch Pumpen und Rührwerke verur-

5 Die Gasausbeute ist abhängig von Menge und Zusammensetzung des organischen Anteils. Gezeigt werden die Bereiche, die üblicherweise erreicht werden Quelle: ENR



6 Schema einer modular aufgebauten, vollautomatischen Biogasanlage mit zusätzlicher Option (Hygenisierung und bei Bedarf auch Dosierung). Integriert sind u. a. verschiedenartige Pumpen, Rührwerke, Ventile und Frequenzumrichter zur Drehzahlverstellung und eine Steuerung der Komponenten Quelle: Lipp/TEWE-Elektronik

sacht wird (Bild 6). Berichtet wurde über eine 100-kW-Anlage, deren Eigenverbrauch weniger als 25 % beträgt. Auch die bessere Nutzung der Abwärme über Nahwärmenetze und durch teilweise Transformation in den Kältebereich könnte die Wirtschaftlichkeit steigern. Schließlich bestimmt auch der Wirkungsgrad des BHKW den Energiegewinn. Zur Auswahl stehen ein nach dem Gas-Otto-Verfahren modifizierter Benzinmotor und ein Zündstrahl-Dieselmotor. Ersterer ist relativ billig und realisiert einen elektrischen Wirkungsgrad von 20 bis 25 %. Der modifizierte Dieselmotor ist teuer, sichert aber einen Wirkungsgrad von 30 bis 38 %.

Noch höhere Wirkungsgrade verspricht die Brennstoffzellentechnologie. Werden Hochtemperaturbrennstoffzellen eingesetzt, dann sind sogar zusätzlich die Installation eines über Turbine angetriebenen Generators und ein elektrischer Gesamtwirkungsgrad von etwa 60 % nicht auszuschließen. Ob und wann sich diese Systeme rentieren, ist aber unklar. Erste Forschungen sind angelaufen, um die Chancen der Hochtemperaturbrennstoffzelle vom Typ HotModule zu klären.

Literatur

- [1] Kabisch, H.: Kraft-Wärme-Kopplung für jede Leistung. Elektropraktiker Berlin 58(2004)2, S. 90.
- [2] Tagungsband Ausbau der Bioenergie – im Einklang mit dem Natur- und Umweltschutz?! Perspektivforum des BBE und FNR am 10.2.04 in Berlin.
- [3] Informationsschrift „Biomasse – nachwachsende Energie aus Land- und Forstwirtschaft“. Hrsg.: CMA Bonn, 2. Auflage 1997.
- [4] Informationsschrift „Nachwachsende Rohstoffe“. Hrsg.: Fachagentur NR, Gülzow.
- [5] Hartmann, Hans (Hrsg.) u. a.: Handbuch Bioenergie-Kleinanlagen. 1. Auflage, Februar 2003.
- [6] Informationsbroschüre „Von der Forschung zum Markt: 10 Jahre Fachagentur NR e.V.“ Fachagentur NR, Gülzow.
- [7] Leitfaden Bioenergie; Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit. Hrsg.: Fachagentur NR, Gülzow.