

Bioenergie: Zukunft für ländliche Räume

Einführung

Der ländliche Raum ist seit mehr als einem Jahrhundert ständigen Veränderungen unterworfen. Die Industrialisierung hat nicht nur die Landwirtschaft revolutioniert, sie hat auch eine Einkommensentwicklung in den Städten in Gang gesetzt, mit der die landwirtschaftlich Beschäftigten in den Industrieländern ohne schützenden staatlichen Rahmen nicht mithalten konnten. Diese schützende und fördernde Agrarpolitik hat den produktivitätsbedingten Rückgang landwirtschaftlicher Arbeitsplätze zugleich sozial abgefedert.

Seit wenigen Jahrzehnten sind zwei neue Herausforderungen deutlich geworden, die erheblichen Einfluss auf Landwirtschaft und den ländlichen Raum nehmen und ihn weiter verändern können: die Liberalisierung des Welthandels und die Energie- und Klimaschutzpolitik.

Während die globale Liberalisierung die Schutzzonen der Landwirtschaft schrittweise verkleinert oder gar beseitigt, öffnet die Energie- und Umweltpolitik neue Optionen für die landwirtschaftliche Produktion. Ob und welche dieser Optionen wirtschaftlich bestehen können, ist noch ungewiss: Auf der einen Seite verbessern die enorm gestiegenen Ölpreise seit 2004 sowie der im Rahmen des Kyoto-Protokolls geschaffene Preismechanismus für CO₂-Emissionen die Wirtschaftlichkeit agrarisch erzeugter Energie. Auf der anderen Seite gefährdet der Druck vieler Entwicklungs- und Schwellenländer auf Abschaffung landwirtschaftlicher Subventionen den vor allem in Deutschland und Europa bereits gestarteten Prozess der Vermarktung von Agrar-Energie.

Unter dem Gesichtspunkt einer umweltschonenden und klimaneutralen Energieversorgung sind seit der Ölversorgungskrise vor 30 Jahren erneuerbare Energien als heimische und oft sehr umweltfreundliche Energiequellen interessant geworden. Ihr Flächenbedarf im Falle der Windenergie und Investitionsbeteiligungen schaffen Einkommen im ländlichen Raum. Ebenso können und werden bereits große Flächen zur Erzeugung von Energiepflanzen genutzt.

Diese Produkte sowie die energetische Verwertung landwirtschaftlicher Abfälle und Reststoffe, gemeinsam als Biomasse bezeichnet, bereichern den ländlichen Raum gleich zweifach: zum einen durch die zusätzliche Wertschöpfung durch lokal zu erbringende Arbeit im Zusammenhang mit dem Einsammeln und Aufbereiten dieser Biomasse, zum anderen durch die ebenfalls lokale Nutzung der Biomasse-Energie im landwirtschaftlichen Betrieb oder im nahen Wohnbereich, wobei zumeist Erdöl ersetzt wird.

Der erste Beitrag von *Gerd Eisenbeiß* und *Gerhard Wagner* gibt einen Überblick in Bezug auf die energiewirtschaftliche Rolle der Biomasse in einer nachhaltigen Energieversorgung Deutschlands mit einem Blick auf Europa und darüber hinaus. Dabei werden die Mengenverhältnisse des Energieverbrauchs ebenso einbezogen wie die Konkurrenz der Nahrungsmittelproduktion mit Energiepflanzen um Ackerfläche und Wasser.

Leider sind die Nutzungsformen der Biomasse bis heute nur in Ausnahmefällen betriebswirtschaftlich rentabel realisierbar. Deshalb hat der Staat – in Deutschland u. a. durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) – einen differenzierten Förderrahmen geschaffen, um die Verwertung dieser Biomasse attraktiv zu machen. Diese Regelungen werden im zweiten Beitrag von *Christof Stein* dargestellt.

Viele Kontroversen gibt es in der Öffentlichkeit über den möglichen Umfang einer auf Biomasse basierenden Energieversorgung Deutschlands. Deshalb will der Beitrag von *Karin Holm-Müller*, *Thomas Breuer* und *Gregor Pallast* die verschiedenen Potenzial-Definitionen klären und an den beiden Beispielen Energieholz und Rapsöl die Abhängigkeit der Konzepte von den jeweils getroffenen Annahmen zeigen.

Der Beitrag von *Gisela Beckmann* stellt die regionale Verteilung des Aufkommens an tierischen Exkrementen, Reststroh und Restholz dar. Agrarische Abfälle und Rest-

Gerd Eisenbeiß
Karin Holm-Müller
Gerhard Wagner

Dr. Gerd Eisenbeiß
Forschungszentrum Jülich
GmbH
Mitglied des Vorstandes
52425 Jülich

Prof. Dr. Karin Holm-Müller
Universität Bonn
Landwirtschaftliche Fakultät
Abteilung Ressourcen- und
Umweltökonomik
Nussallee 21
53115 Bonn

Dr. Gerhard Wagner
Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn
E-Mail:
gerhard.wagner@bbr.bund.de

stoffe fallen regional nicht gleichmäßig an. Das Biogaspotenzial aus tierischen Exkrementen ist vor allem in Teilen Niedersachsens, Schleswig-Holsteins, Nordrhein-Westfalens vorhanden, jenen Regionen mit Massentierhaltung. Stärker über das gesamte Bundesgebiet verteilt ist das Holzpotenzial. Das Reststrophotenzial konzentriert sich dagegen hauptsächlich auf die nördliche Hälfte des Bundesgebiets.

Feuchte Biomasse wird am besten zu Biogas fermentiert. Der Beitrag von *Bernd Krautkremer* und *Uwe Hoffstede* ist der Biogas-Technologie gewidmet und zeigt verschiedene Anwendungssysteme, deren Wirtschaftlichkeit entscheidend vom Nutzungskonzept abhängt. Während erzeugter Strom stets und nach dem EEG günstig ins allgemeine Stromnetz eingespeist werden kann, ist die unmittelbare Nutzung gekoppelt erzeugter Wärme oft ein schwer zu lösendes Problem. Diskutiert werden auch Mikrogas-Netze zur Verteilung von Biogas aus größeren Anlagen im örtlichen Nahraum sowie die Aspekte einer Einspeisung ins Netz der Erdgasversorgung.

Mit der Verwertung fester Restbiomasse in Form von Reststroh und Restholz befasst sich der Beitrag von *Ludwig Leible* und *Stefan Kälber*. Besonders ehrgeizig ist dabei das Ziel, aus solchen Rohstoffen einen Kraftstoff zu machen. Aspekte der besonderen Gefährdung des Transportwesens wegen seiner fast eindimensionalen Abhängigkeit von der Ölversorgung können dafür sprechen, die ökonomischen und ökologischen Mehrkosten gegenüber direkter Verbrennung in Kauf zu nehmen.

Mit den Standortfaktoren der Produktion biogener Kraftstoffe befasst sich der Artikel von *Thomas Breuer*. Für diesen Bereich sind die europäischen und nationalen politischen Rahmenbedingungen erheblich verbessert worden, um mit den konventionellen Kraftstoffen konkurrenzfähig zu werden. Während bei der Standortsuche zentraler Produktionsanlagen hauptsächlich harte Faktoren wie Transportkosten, Subventionen und Synergieeffekte eine Rolle spielen, fallen bei dezentralen Produktionsanlagen weiche Faktoren wie Regionalität, Mentalität und Kooperation stärker ins Gewicht.

Der Bau von Anlagen zur Umwandlung von Biomasse in Strom, Wärme oder Kraftstoffe braucht Planungssicherheit; zugleich soll Wildwuchs vermieden werden. *Philipp Röhnert* erläutert in seinem Beitrag die neuen und verbesserten Regelungen des Baugesetzbuchs (BauGB), die Privilegierung von Vorhaben für Biomasseanlagen im Außenbereich und solcher im Rahmen der Bauleitplanung.

Zwei Beiträge beschäftigen sich mit den möglichen Veränderungen der Landschaftsfunktionen und der Kulturlandschaften: *Michael Rode* und *Helga Kanning* diskutieren diese Aspekte vor dem Hintergrund der Optimierung räumlicher Planung, und *Helmut Haberl* entwickelt Szenarien am Beispiel Österreichs und Deutschlands, die die kulturlandschaftlichen Auswirkungen der Biomassenutzung im Wandel der Energiesysteme darstellen.

Einzelbeispiele schildern abschließend *Rosa Hemmers* (lokale und regionale Beispiele) sowie *Christiane Brunner*, *Manfred Hotwagner* und *Alexandra Kopitar* (energieautarke Stadt Güssing/Österreich).

Insgesamt soll das Heft die vielfachen Möglichkeiten der Biomasse-Nutzung für die Energieversorgung aufzeigen: die verschiedenen Arten von Biomasse selbst – von Reststoffen und Abfällen bis zu gezielt erzeugten Energiepflanzen –, die Diversität der Wandlungstechnologien zur Bereitstellung von Nutzenergie in Form von Strom, Wärme und Kraftstoffen und die Anwendungsformen zur lokalen Versorgung im ländlichen Raum. Wenn diese Nutzung durch günstige gesetzliche Rahmenbedingungen dauerhaft ermöglicht wird, entstehen Wertschöpfung und Arbeitsplätze im ländlichen Raum, die einer Entsiedelung dieser Räume entgegenwirken und zudem einen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten. Ob dieser Beitrag größer wird als die heute für möglich gehaltenen etwa 6 bis 10 % des Energieverbrauchs in Deutschland und Europa hängt natürlich wesentlich davon ab, wie erfolgreich gleichzeitig die prioritären Anstrengungen sein werden, den Energieverbrauch deutlich zu senken.

Biomasse im System moderner Energieversorgung

Gerd Eisenbeiß
Gerhard Wagner

1 Energie und Gesellschaft

Ein Leben ohne Energie, ohne ständigen Verbrauch technisch bereitgestellter Energie, können wir uns kaum vorstellen. Energie ist wie das Blut in unseren Adern, der Lebenssaft unserer Gesellschaft. Dies gilt insbesondere für die Lebensformen in den hoch entwickelten industrialisierten Regionen, aber auch für weniger technisch unterstützte Gesellschaften, die sich heute in vielen Fällen in einer stürmischen Entwicklung befinden und sich unserer Lebensweise annähern.

Sowohl historisch als auch in weniger entwickelten Regionen der Erde sind Pflanzen die erste Energiequelle. Denn Pflanzen stellt die Natur selbst zur Verfügung, indem das Licht der Sonne genutzt wird. Alles so verfügbare Material nennen wir heute Biomasse, insbesondere wenn wir von ihrer energetischen Verwertung sprechen. Gerade weil wir so abhängig sind von einer jederzeit reichlichen und preiswerten Energieversorgung, ist diese Biomasse auch in den industrialisierten Ländern wieder wichtig.

Zwei Engpässe der Energieversorgung werden uns immer klarer, und zwar

- der Versorgungsengpass wegen der schwindenden Vorräte insbesondere an Öl und Gas bei steigendem Bedarf vor allem in Ländern wie China und in Südasiens sowie
- der Entsorgungengpass, weil wir die Atmosphäre nicht länger als „Müllhalde“ für die Nutzungsrückstände, also das Verbrennungsprodukt CO₂ missbrauchen dürfen.

Wir brauchen also nicht nur neue Energiequellen, sondern vor allem solche, die lange verfügbar sein werden und Umwelt und Klima nicht gefährden. Gleichzeitig dürfen sie die wirtschaftliche und soziale Entwicklung nicht durch zu hohe Kosten beeinträchtigen – kurz, sie sollen nachhaltig sein. In diesem Zusammenhang sind erneuerbare Energien eine Hoffnung, die mehr und mehr Realität gewinnt, und Biomasse ist eine dieser Energiequellen, die auch in Deutschland wichtige Beiträge liefern kann.

Um welche Bedarfsmengen es sich handelt, verdeutlichen die folgenden Zahlen, die den Verbrauch des Jahres 2003 in Deutschland wiedergeben.¹

Deutscher Primärenergieverbrauch	14 334 PJ
Deutscher Endenergieverbrauch	9 206 PJ
... davon Heiz- und Prozesswärme	52,0 %
... davon Kraftstoffe	28,5 %
... davon Elektrizität	19,4 %

Beim Primärenergieeinsatz entfallen etwa 18 % auf den nicht-elektrischen Verkehr, auf die Elektrizitätserzeugung etwa 38 %. Diese Anteile unterscheiden sich so deutlich von den oben aufgeführten, weil die energetischen Verluste beim Verkehr erst nach der Kraftstoffbereitstellung anfallen, während sie bei der Elektrizitätserzeugung vor der Strombereitstellung im Kraftwerk liegen.

2 Biomasseaufkommen

Sonne und Photosynthese, Böden und Wasser lassen jährlich pflanzliche Biomasse von 120 Mrd. t nachwachsen, davon etwa 50 % als Holz. Diese globale „Nettoprimärproduktion“ (NPP) hat allerdings aufgrund menschlicher Aktivitäten bereits um 10 % abgenommen. Ein Teil dieser Biomasse wird bereits intensiv, häufig aber sehr ineffizient genutzt; man schätzt, dass die Menschheit 12 % ihres Energiebedarfs durch Biomasse deckt (allein an Feuerholz 2 Mrd. t) und dabei insbesondere in den ariden und semiariden Gebieten dem natürlichen Kreislauf so viel Biomasse durch Verbrennung entzieht, dass nachhaltige Schäden bei der Bodenqualität und am Holzbestand zu beklagen sind. In vielen Ländern der Dritten Welt gibt es eine akute Brennholzkrise, die insbesondere die Frauen zu immer größerem Zeitaufwand für die tägliche Holzbeschaffung zwingt. Ein sehr geringer Teil der NPP wird landwirtschaftlich produziert, um die Menschheit zu ernähren: knapp 4 Mrd. t vor allem Getreide wie Reis, Weizen, Mais etc und Wurzelfrüchte oder Knollen wie Kartoffeln, Maniok sowie Obst und Gemüse². Pflanzenöle³ und Zucker spielen mit jeweils grob 100 Mio. t eine ge-

Dr. Gerd Eisenbeiß
Forschungszentrum Jülich GmbH
Mitglied des Vorstandes
52425 Jülich

Dr. Gerhard Wagner
Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung
Deichmanns Aue 31-37
53179 Bonn
E-Mail:
gerhard.wagner@bbr.bund.de

(1)

Alle Verbräuche sind in PJ (= Peta-Joule oder 10^{15} Joule) angegeben. Anschaulicher sind äquivalenten Mengen an Steinkohle oder Öl: 29,3 PJ entsprechen 1 Mio. t Steinkohle, 1 Mio. t Öl entsprechen 41 PJ. Elektrischer Strom wird normalerweise in kWh angegeben, wobei 1 TWh einer Mrd. kWh oder 3,6 PJ entspricht.

(2)

Das entspricht etwa 2 Mrd. t Steinkohle oder etwa 15 % des Welt-Energieverbrauchs.

(3)

Die Welternte an Ölsaaten liegt in der Größenordnung von 300 Mio. t, davon grob 50 % Soja; Raps macht gut 10 % aus. Neben Pflanzenölen wird aus Ölsaaten vor allem Tierfutter gewonnen.

(4)

Prof. Dr. H. Mohr in www.fv-sonenenergie.de/Publikationen/index.html Themenhefte 1998

(5)

Mehr dazu unter Prof. Dr. K. Becker, www.uni-hohenheim.de/~www480/docs/se990720/jatropha.html

(6)

Der Begriff der Überproduktion bezieht sich lediglich auf die Nachfrage zu den geforderten Preisen. In Wahrheit liegt oft eine Unterproduktion vor, wie leicht an den Importüberschüssen bei billigeren Futtermitteln abzulesen ist. Deutschland ist insofern ein Biomasse-Importeur, insbesondere für seine hohe Fleischproduktion.

(7)

Das Strohaufkommen beträgt ein Vielfaches der für die Energienutzung unterstellten Mengen von 130 PJ, darf aber größtenteils dem agrarischen Produktionsprozess, d.h. den Böden, nicht entzogen werden.

(8)

Nach M. Kaltschmitt in „Energie, Umwelt & Wasser“ (IER 2003)

(9)

Insgesamt werden in Deutschland etwa 12 Mio. ha oder 120 000 km² ackerbaulich genutzt.

(LW = 17 Mio. ha gesamt, bzw. 19 Mio. ha Flächenerhebung !)

(10)

Die bebaute Ackerfläche beträgt etwa 0,4 Mio. ha.

ringere Rolle. Es sei aber darauf hingewiesen, dass mit den der Ernährung dienenden Agrarprodukten jeweils etwa die gleichen Mengen an Bioabfällen anfallen, insbesondere Stroh und Blattwerk.

Andererseits sei eine warnender Hinweis auf die Produktionsfaktoren Boden und Wasser nicht unterdrückt: Agrarisch nutzbarer Boden und Verfügbarkeit von Wasser sind ebenso knapp wie Energie selbst. So stehen pro Kopf der Weltbevölkerung nur mehr 0,22 ha zur Verfügung (1980 waren es noch 0,30 ha!)⁴ und der Anbau von 1 t Getreide verbraucht etwa 1000 t Wasser. Und natürlich konkurriert eine agrarische Energiepflanzenproduktion mit der Produktion von Nahrungsmitteln für die wachsende Menschheit, wenn es nicht gelingt, Energiepflanzen auf sonst nicht verwendbaren Böden wachsen zu lassen. Hier ist Forschung erforderlich, um z.B. eine Pflanze wie *Jatropha*⁵ für die Erzeugung von Bio-Diesel einsetzen zu können.

In Europa ist die Situation umgekehrt: Hier haben wir eine Überproduktion an Agrarprodukten⁶, die durch Prämien für die Stilllegung von Nutzflächen eingedämmt wird.

In Deutschland werden 2004 agrarisch etwa 50 Mio. t Getreide, knapp 30 Mio. t Zuckerrüben und etwa 5 Mio. t Rapspflanzen geerntet; dazu kommen etwa 50 Mio. t Holzzuwachs. Auch hier sind es also beachtliche Mengen an Biomasse, die als landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Abfälle anfallen und energetisch verwertet werden können. Zusätzlich können jene stillgelegten Flächen für einen spezifischen Energiepflanzenanbau erschlossen werden, auf denen bei deutschen Einkommenserwartungen Nahrungsmittelproduktion trotz Agrarsubventionen unwirtschaftlich ist. Dies gilt jedenfalls dann, wenn die Politik für den Energiepflanzenanbau höhere Hilfen bietet.

Als „technisches Potenzial“, d.h. nutzbar ohne Berücksichtigung ökonomischer Aspekte, wurde für Deutschland eine Energiemenge von etwa 8 % des heutigen Verbrauchs ermittelt. Im Einzelnen erscheinen folgende Nutzungen möglich:

- etwa 800 PJ an agrarischen und forstlichen Reststoffen, die zu grob gleichen Teilen aus Stroh⁷, Waldrestholz, Schwachholz, Zuwachs Altholz und in geringerem Umfang Industrierestholz bestehen⁸

- knapp 300 PJ an Reststoffen, die zur Biogaserzeugung genutzt werden können und hauptsächlich aus Exkrementen und Ernterückständen bestehen, aber auch Klär- und Deponiegas mit umfassen
- eigens für Energiezwecke angebaute Energiepflanzen, wobei eine Mio. ha (immerhin 10 000 km² oder die halbe Fläche Hessens) je nach Pflanzenart etwa 100 bis 200 PJ liefern könnten – bei Zuckerrüben eher 100, bei Getreide- oder Raps (Ganzpflanzenverwertung) etwa 150 und bei Hölzern wie schnell wachsenden Pappeln sogar fast 200 PJ.

Werden 2 Mio. ha für Energiepflanzenanbau reserviert⁹, so läge das Gesamtaufkommen in der Größenordnung von 1000 bis 1500 PJ, also bei etwa 10 % des heutigen Verbrauchs. Natürlich würde dieser Beitrag prozentual bedeutender, wenn es gelänge, den Verbrauch durch Effizienzgewinne zu senken. Hier liegen ja in der Tat große Potenziale – zumal in einer Zukunft mit höheren Energiepreisen als heute.

Auf der Ebene der EU mit damals noch 15 Mitgliedern wurde bis 2010 eine Verdreifung des Biomasse-Aufkommens angepeilt, wofür insgesamt etwa 5 bis 6 Mio. ha Anbaufläche benötigt werden.

Im Zusammenhang mit dem Energiepflanzenanbau wird viel über die Zukunft des Landwirts als „Energiewirt“ gesprochen. Insbesondere knüpfen sich daran dort Hoffnungen, wo Schutzmechanismen und Subventionen bei der Nahrungsmittelproduktion im Zuge der Liberalisierung wegbrechen werden, z.B. bei der Ernte von 26 Mio. t Zuckerrüben¹⁰, die von billigeren Zuckerimporten aus z.B. Brasilien bedroht sind. Ob sich hier tatsächlich zusätzliche agrarische Marktchancen im Energiesektor ergeben, ist Thema anderer Beiträge dieses Heftes. Hier sei nur als technisches Potenzial vermerkt, dass eine Umlenkung der gesamten deutschen Zuckerrübenenernte auf Bio-Sprit in Form von Ethanol nur etwa 6 % des Benzinverbrauchs ersetzen würde (27,2 Mio. t 2002; der Dieserverbrauch betrug im selben Jahr 28,6 Mio. t).

Das Biomasse-Aufkommen ist also bedeutend, aber doch auf einen Beitrag beschränkt, der durch eine ganze Reihe anderer Energiequellen ergänzt werden muss, um Deutschland möglichst klimaschonend und

ausreichend zu versorgen. Wenn Biomasse in erheblichem Umfang energetisch genutzt wird, stellt dies konsequenterweise eine im Wesentlichen neue Wirtschaftsaktivität dar, die in ländlichen Räumen angesiedelt sein und diese stärken wird. So äußerte sich beispielsweise auch die ehemalige Bundesministerin für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: „Wir sehen hier ein enormes Potenzial für die Entwicklung vor allem strukturschwacher ländlicher Räume“. In einer Pressemitteilung des Ministeriums heißt es in Bezug auf die nachwachsenden Rohstoffe: „Wenn diese Potenziale genutzt werden, können Land- und Forstwirte in großem Stil zu Energie- und Rohstoffwirten werden und zehntausende Arbeitsplätze vornehmlich im ländlichen Raum gesichert und geschaffen werden“.

3 Umwandlungstechniken zu Wärme und Strom

Wie in der Verbrauchsübersicht quantifiziert, braucht unsere Gesellschaft nicht unmittelbar Kohle oder Biomasse, sondern Strom, Kraftstoff und Wärme für Industrie, Gewerbe, Verkehr und Haushalte. Die unterschiedlichen Biomassearten sind also zu veredeln, damit sie solche Energiedienstleistungen ermöglichen. Ganz grundsätzlich kann man Biomasse

- entweder verbrennen, ggf. direkt oder nach einem Vergasungszwischenschritt, um daraus Wärme und Strom zu gewinnen,
- oder über Zwischenschritte in Kraftstoffe umwandeln.

Direktes Verbrennen dürfte insbesondere bei Feststoffen wie Holz und Stroh der Verwertungspfad der Wahl sein. Hausheizungen mit Holzöfen sind eine zunehmend genutzte Möglichkeit; mehr als 15 000 Einheiten waren bereits 2001 auf Basis von Holzpellets in Betrieb, heute sicher mehr. Auch Getreide-Ganzpflanzen¹¹ können zur Heizung in Nahwärmezentralen herangezogen werden; dies wäre sogar nahezu wirtschaftlich, gäbe es nicht moralische Hemmungen, Nahrungsmittel schlicht zu verbrennen.

Der kostengünstigste Weg ist die sog. Ko-Verbrennung in Kohlekraftwerken mit dem Produkt Strom, wenn ein solches Kraftwerk

regional verfügbar ist. Vielfach sind auch in Deutschland Holzheizwerke und Holzheizkraftwerke entstanden oder im Bau, die Holzhackschnitzel verbrennen. Der Strom wird ins Netz abgegeben und die erzeugte Wärme über Nahwärmeleitungen in nahe Wohngebiete verteilt. Wegen der niedrigen Prozesstemperaturen ist das Strom-Wärme-Verhältnis relativ klein. Technisch ist bei solchen Anlagen der Immissionsschutz ein Problem, weil Holz wie auch Stroh solche Elemente wie Alkalimetalle enthalten, deren Emission durch Rückhaltesysteme gewährleistet werden muss. Das ist bei kleinen Anlagen natürlich spezifisch teurer als bei großen. Andererseits ist der Transport solcher Biomasse aufwändig, so dass große Anlagen nicht billig genug beschickt werden können.

Obwohl hier also noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht, um zu eleganten und billigeren Lösungen gerade für Kleinanlagen der kW-Klasse zu kommen, sorgt insbesondere die Unterstützung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)¹² für einen Anlagenmarkt der MW-Klasse bis zu 20 MW_{el}, wo die EEG-Förderung endet. Am oberen Ende dieser Leistungsklasse werden mit Dampfzuständen bei 87 bar und etwa 480° elektrische Wirkungsgrade um 35 % erreicht.

Für feuchte Biomasse wie Gülle oder Silagegut ist Fermentation unter Luftabschluss zur Erzeugung von Biogas der beste Weg der Energieumwandlung; es können auch organische Abfälle zugegeben werden. Solche Biogasanlagen haben ebenfalls dank des bereits erwähnten EEGs einen Markt gefunden, der es dem Bauern oder einer Gemeinschaft erlaubt, Feuchtabfälle zu verwerten und dabei oft auch Entsorgungsprobleme zu lösen. Mit dem erzeugten Biogas kann sowohl unmittelbar geheizt und gekocht oder auch Strom und Kälte erzeugt werden. Bei letzteren Anwendungen kommen sowohl marktgängige motorische Anlagen in Frage, z. B. Blockheizkraftwerke zur Versorgung mit Strom und Wärme, wie auch künftig verfügbare Mikrogasturbinen, Stirlingmotoren oder gar Brennstoffzellen. Prinzipiell würden preisgünstige Stirlingmotoren – die es noch nicht gibt – wegen ihrer externen Verbrennung besondere Vorteile beim Einsatz von Biogas bieten, während Brennstoffzellen besonders hohe Anforderungen an die Reinheit

(11)
1 kg trockene Getreidepflanze hat einen Heizwert, der einem halben kg Steinkohle entspricht. Dabei stecken die Hälfte des Heizwertes im Korn und die andere Hälfte im Halm, bzw. Stroh.

(12)
Die Fördergrundsätze und Vergütungssätze dieses deutschen Gesetzes zur Förderung erneuerbarer Energien werden an anderer Stelle in diesem Heft erläutert.

des Biogases stellen werden. Im Hinblick auf Brennstoffzellen muss wegen der mancherorts unrealistisch kurzfristigen Erwartungen auf die noch lange Entwicklungsdauer (grob zehn Jahre) hingewiesen werden, bis kostengünstige und robuste Geräte zur Verfügung stehen werden.

Um zu gemeinschaftlicher Biogasverwertung zu kommen und möglicherweise größere Stromerzeugungsanlagen betreiben zu können, werden auch Mikrogasnetze im Hinblick auf Wirtschaftlichkeitsvorteile untersucht. Solche Netze könnten auch günstiger sein als Einspeisungen in kommerzielle Gasleitungen, die eine teure Anpassung von Druck, Heizwert und Reinheit erfordern.

Biomasse kann auch durch Vergasung in Biogas überführt werden, also thermochemisch. Dabei wird in beschränktem Umfang Sauerstoff bzw. Luft zugegeben, um eine Teilverbrennung zu Kohlenmonoxid (CO) zu ermöglichen. Dieses Brenngas kann dann wie Biogas aus Fermentern weitergenutzt werden. Obwohl die Feststoff-Biomasse hierbei über den Zwischenschritt einer Vergasung geschickt wird, erscheint der Weg wegen der höheren Wirkungsgrade bei der Stromerzeugung attraktiv. Die Beherrschung des Vergasungsprozesses vor allem im Hinblick auf eine möglichst geringe Schadstoffbildung stellt noch erhebliche Anforderungen an Forschung und Entwicklung bezüglich der Verfahren und Werkstoffe.

4 Biokraftstoffe

Aus Biomasse lassen sich auch Kraftstoffe gewinnen, die das heute dominierende Öl im Verkehrssektor zumindest teilweise ersetzen können. Das gilt für Dieseleratz aus Ölfrüchten wie Raps ebenso wie für Bioalkohole aus Getreide und Zuckerrüben oder Fischer-Tropsch-Diesel aus Biogas. Alle diese Wege sind allerdings in ökonomischer und ökologischer Hinsicht, also bei Kosten und Klimaschutz, weniger effizient als die Verbrennung zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung; denn bei dieser Strategie werden ja Öl und Gas ersetzt, die leichter im Verkehrssektor eingesetzt werden können. Das liegt zumeist an den längeren und verlustreichen Wankungsketten von der Roh-Biomasse zum Kraftstoff.

Gleichwohl hat der europäische Gesetzgeber vorgeschrieben, bis 2010 5,75 % neuartige, insbesondere erneuerbare Kraftstoffe in den Kraftstoffmarkt einzubringen. Auch der deutsche Gesetzgeber hat Biokraftstoffen bis 2009 durch die vollkommene Befreiung von der Mineralölsteuer eine kräftige Unterstützung eingeräumt. Der Sinn solcher Maßnahmen kann darin gesehen werden, dass die Kraftstoffversorgung wegen der zurzeit einseitigen Abhängigkeit vom Öl und den politisch instabilen Bezugsregionen besonders gefährdet erscheint, zumal viele Beobachter des Ölmarkts davon ausgehen, dass ein Rückgang der Förderung schon bald die Preise noch weiter nach oben drücken wird.

Die technischen Verfahren knüpfen an die alten Erfahrungen mit der Kohleverflüssigung an. Biomasse wird auf einem der bereits geschilderten Wege vergast (mitunter muss auch zusätzlich Wasserstoff als Hydriermittel zugegeben werden) und in ein Synthesegas aus CO und Wasserstoff überführt, woraus in einem Fischer-Tropsch-Prozess ein Dieselöl synthetisiert wird; dieser Weg wird heute als „BTL“ bezeichnet, also „biomass-to-liquid“ analog zu dem „gas-to-liquid“-Prozess (GTL), der Erdgas in den Dieselmarkt bringen soll. Diskutiert und experimentell untersucht werden auch Verfahren der Wasserstoff-Gewinnung aus Biomasse.

Einen direkteren Zugang zum Kraftstoffmarkt bieten Ölfrüchte, insbesondere Raps, und Bioalkohole aus Getreide. In Deutschland ist bisher vor allem der Rapsanbau durch Steuerbefreiung und Stilllegungsprämien gefördert worden; so werden heute etwa 5 Mio. t Raps auf 1,3 Mio. ha Land gewonnen, davon 2,7 Mio. t für die Produktion von 0,8 Mio. t RME (Raps-Methylester). Weltweit wird an Verfahren gearbeitet, auch jene Pflanzenteile energetisch zu nutzen, die nach der Ölgewinnung als Abfälle verbleiben – sei es durch enzymatischen Aufschluss zur Kraftstoffgewinnung oder durch Verbrennung. Große Steigerungsmöglichkeiten werden auch von umweltengagierten Instituten nicht mehr gesehen, zumal die Umweltbilanz des Rapsanbaus zur energetischen Nutzung heftig umstritten ist. Die in Deutschland geschaffene Verteilungsinfrastruktur von mehr als 1 400 Biodiesel-Tankstellen steht zudem für eine Politik, Zugang zu reinem erneuerbarem Kraftstoff

zu bieten; demgegenüber dürfte eine Beimischstrategie bei gleichem Klimaschutz deutliche Kostenvorteile bieten. Wenn diese Analyse richtig ist, wird der Rapsöl- und RME-Markt zukünftig durch die Wirkung einer steuerlichen Förderung von Mischkraftstoffen Veränderungen erfahren.

Bioalkohole aus Biomasse, insbesondere Bioethanol, werden aus Zuckerrüben¹³ oder wie Schnaps aus Korn¹⁴ hergestellt; dabei gilt die Ethanolerzeugung aus Getreide als deutlich kostengünstiger. Zurzeit werden in der EU 300 000 t produziert; diese Zahl dürfte rasch wachsen, um der Beimischvorgabe bei Otto-Kraftstoff zu genügen. Neue Anlagen werden mit billigen Importen zu kämpfen haben, die z. B. Brasilien (derzeitige Bioalkohol-Produktion aus Zuckerrohr 120 Mio. hl gegenüber 21 Mio. hl in Europa) bei Liberalisierung des Marktes liefern möchte. Ein Indikator für die großen Probleme europäischer Zuckerrübenproduzenten, im künftig wahrscheinlich weniger geschützten EU-Markt eine neue Absatzchance für ihre Produkte zu sichern, sind die aktuellen Zuckerpreise, die auf dem Weltmarkt bei einem Drittel des Binnenmarktpreises liegen.

5 Zusammenfassung

Kurz- und mittelfristig bietet sich im ländlichen Raum die Möglichkeit, Biomasse energetisch zu nutzen. Dies gilt sowohl für bedeutende Mengen von Biomasseabfällen, die als Beiprodukt der Nahrungsmittelerzeugung und in der Forstwirtschaft anfallen, wie auch für die gezielte Energiepflanzenproduktion. Biomasse-Abfälle sollten unter dem Gesichtspunkt optimaler Wirtschaftlichkeit und maximalen Umwelt- und Klimaschutz vor allem zur Strom- und Wärmebereitstellung genutzt werden. Dies wird so lange gelten, wie diese Biomasse in diesen

Sektoren Kohle und Kohlenwasserstoffe verdrängt. Bereits die Abfall-Verwertungsstrategie braucht in gewissem Umfang staatliche Unterstützung, wie sie in Deutschland das Fördergesetz für erneuerbare Energien bietet. Der Unterstützungsbedarf ist höher, wenn ein gezielter Anbau von Energiepflanzen betrieben werden soll.

Der Einsatz von Biomasse zur Erzeugung von Kraftstoffen ist im Vergleich zur o. g. Abfallverwertung suboptimal. Vor dem Hintergrund der besonderen Versorgungsrisiken des Kraftstoffmarkts erzwingt die Beimischstrategie der EU allerdings in gewissem Umfang die Verwendung von Biomasse-Kraftstoffen zulasten der Verkehrsteilnehmer und des Steueraufkommens. Dies gibt den agrarischen Erzeugern allerdings nur dann eine gewisse Absatzsicherheit, wenn sie die Biokraftstoffe gegenüber Importen wettbewerbsfähig zur Verfügung stellen können.

Unter den verschiedenen Pfaden, die von der Biomasse zur Tankstelle führen, dürften sich dauerhaft diejenigen durchsetzen, die die bestehende Versorgungsinfrastruktur weitgehend nutzen können, also beimischbar sind oder den herkömmlichen Kraftstoffen gleichen, wie z. B. BTL.

Erst auf deutlich längere Sicht ist eine Entwicklung vorstellbar, bei der sich die agrarischen Produktionskosten und Preise für Agrarprodukte weltweit aufgrund von Wohlstandsfortschritten in heute noch ärmeren Ländern und genereller Kappheit an Nahrungsmitteln angeglichen haben. Dadurch werden europäische Bauern geringere Wettbewerbsnachteile haben als heute. Ob sie dann allerdings mit Biokraftstoffen bessere Gewinne erzielen werden als mit Nahrungsmitteln, lässt sich heute nicht vorhersagen.

(13)
Aus 1 t Zuckerrüben können 80 kg oder knapp 100 l Alkohol gewonnen werden.

(14)
Aus 1 t Weizen können knapp 40 l Alkohol gewonnen werden.