

Bioenergie – eine nachhaltige Option für Deutschland?

Bernhard Schink

Biogas, Biodiesel und Bioethanol haben in den letzten Jahren einen großen Boom erlebt. Ein kritischer Blick auf die Klimabilanz, die Flächeneffizienz und die Auswirkungen auf die Ökosysteme zeigt jedoch, dass eine Neubewertung der Bioenergie und ihrer Förderung notwendig ist. Zu diesem Ergebnis kommt die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina in ihrer Stellungnahme „Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen“.

Unter Klimagesichtspunkten ist Bioenergie auf den ersten Blick eine kohlenstoff-neutrale Energie. Pflanzen nehmen aus der Luft CO_2 auf und verarbeiten dieses zu Biomasse. Bei der anschließenden Verbrennung wird nicht mehr CO_2 abgegeben, als zuvor von der Pflanze aus der Atmosphäre aufgenommen wurde. Bioenergie als klimaneutrale Energieform – diese Einschätzung hat dazu geführt, dass Bioenergie im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes gefördert wird, um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen.

Eine Folge davon ist, dass in manchen Regionen in Deutschland wie z. B. Niederbayern, im Oberrheintal oder in Niedersachsen auf den Äckern überwiegend Mais als Rohstoff für die Biogasgewinnung angebaut wird. Auf der Bioenergie ruhen jedoch noch größere Hoffnungen.

Der BioÖkonomieRat, der die Bundesregierung berät, diskutiert in seinem aktuellen Gutachten Szenarien, wonach der Anteil der Bioenergie in den kommenden Jahrzehnten auf 23 % an der verbrauchten Energie ansteigen könnte [1]. Eine Analyse der naturwissenschaftlichen Zusammenhänge zeigt jedoch, dass intensive Landwirtschaft zur Bereitstellung von Bioenergie in beträchtlichem Ausmaß zur Freisetzung von klimawirksamen Gasen führt [2].

Emissionen der Landwirtschaft werden klimapolitisch nicht berücksichtigt

Der Kohlenstoff-Kreislauf ist eng verbunden mit den Nährstoff-Kreisläufen von Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Metallen und Wasser, die neben Kohlenstoff ebenfalls Bestandteile von Biomasse und für deren Aufbau durch Photosynthese nötig sind. Sobald pflanzliche Biomasse erzeugt wird, sind diese Nährstoffe notwendig. Wann immer Biomasse



Die aus Biomasse stammende Energie trägt von den alternativen Energietechnologien im Verhältnis am wenigsten zur Reduktion von Treibhausgas-Emissionen bei
Foto: Mauritius

wiederkehrend aus einem Ökosystem entfernt oder deren Bildung durch menschliche Eingriffe beschleunigt wird, müssen diese Nährstoffe durch Düngung nachgeliefert werden.

Bei der Düngung werden jedoch Treibhausgase (THG) wie Stickoxide (N_2O) oder Methan (CH_4) freigesetzt. Dabei hat N_2O ein ungefähr 300-fach und CH_4 ein ungefähr 25-fach höheres THG-Potenzial als CO_2 (bezogen auf eine Zeitspanne von 100 Jahren). Intensive Landwirtschaft ist also fast immer mit der direkten Emission von THG als Folge von Düngung und Nutztierhaltung verbunden.

Die schlechte Klimabilanz von Bioenergie beginnt jedoch oft schon vor der eigentlichen Erzeugung von Biomasse. Bei der Umwandlung von Grünland in Ackerland werden große Mengen an CO_2 freigesetzt, das vorher im Boden gespeichert war (iLUC – indirect Land Use Change). Tatsächlich trägt von den alternativen Energietechnolo-

gien die aus Biomasse stammende Energie im Verhältnis am wenigsten zur Reduktion von THG-Emissionen bei (siehe Tabelle).

Geringe Effizienz

Die Photosynthese der Pflanzen ist vom Standpunkt der Energiekonservierung her gesehen ein sehr ineffizienter Prozess. Von der durch die Sonne eingestrahelten Energie wird von der Pflanze nur etwa 1 % in Form von Biomasse festgelegt. Bei einer Bewertung der Klimabilanz müssen jedoch auch die CO_2 -Kosten berücksichtigt werden, die in den Umwandlungsprozessen entstehen.

Der unbestrittene Vorteil der Bioenergie – ihre Speicherbarkeit – ist jedoch teuer erkaufte. So gehen bspw. in der Nettobilanz 80 % der in der Biomasse gespeicherten Energie verloren, wenn man den in der Biomasse enthaltenen Zucker zu Bioethanol vergärt und diesen anschließend destilliert, um ein brennbares Produkt zu erhalten.

Es besteht kein Zweifel, dass es effizientere Technologien gibt, um Sonnenenergie einzufangen, z. B. direkt über Photovoltaik-Module und Solarthermie-Kollektoren oder indirekt über Windkraftanlagen, die die Erwärmung der Luft durch Sonneneinstrahlungen ausnutzen. Die Flächeneffizienz (Watt pro Quadratmeter) ist bei Bioenergie (0,3) sehr viel geringer als bei Photovoltaik (10) oder Windenergie (2-3). Verglichen mit anderen erneuerbaren Energien verschlingt der Anbau von Bioenergie große Flächen (vgl. Tabelle).

Photovoltaik und Windenergie benötigen zudem sehr viel geringere Investitionen an fossilen Brennstoffen als die landwirtschaftliche Produktion von Biomasse: der sog. *Energy Return on Investment* (gewonnene Energie geteilt durch investierte fossile Energie; EROI) beträgt bei Photovoltaik-Modulen bezogen auf die Elektrizität ungefähr 7 und bei Windturbinen ungefähr 18, wogegen die Nutzung von Biomasse mit einem EROI von meist kleiner als 3 stark abfällt (siehe Tabelle).

An dieser Stelle muss jedoch noch angemerkt werden, dass Technologien mit einem hohen EROI nicht notwendigerweise einen Anwendungsvorteil haben müssen, da auch die finanziellen Herstellungskosten zu berücksichtigen sind. Die hohen Herstellungskosten bei der Photovoltaik sind ein großes Problem. Hier muss es das Ziel sein, durch Forschungsanstrengungen zu preiswerten Modulen zu gelangen.

Biomasse ist begrenzt

Biomasse als nachhaltige Energiequelle ist sowohl in Deutschland als auch global begrenzt. Ein Vergleich zum Musterland Brasilien macht dies deutlich.

In Brasilien hat Bioethanol aus Zuckerrohr einen signifikanten Anteil an der Bereitstellung von Bioenergie. Die Rahmendaten beider Länder sind jedoch völlig unterschiedlich. Während die Bevölkerungsdichte in Brasilien 22 Personen pro km² beträgt, liegt sie in Deutschland bei 230 Personen pro km². Der Primär-Energieverbrauch pro Person in Brasilien beträgt nur ein Drittel von dem in Deutschland. Die Netto-Primär-Produktion von Biomasse (die Menge von unter- und oberirdischer Biomasse, die pro Jahr gebildet wird) ist in Brasilien aufgrund des tropischen

Tab.: Energieertrag und Flächeneffizienz für verschiedene Formen der Energiebereitstellung

	Energieertrag (EROI)*	Flächeneffizienz (Watt pro m ²) (Jahresmittelwert)
Feuerholz (Deutschland)	10	< 0,2
Biodiesel aus Raps (Deutschland)	< 2	< 0,2
Bioethanol aus Mais (USA)	1,5	< 0,3
Bioethanol aus Zuckerrüben (Deutschland)	3,5	< 0,4
Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	8	< 0,5
Bioethanol aus Triticale/Mais (Deutschland) (kombinierte Produktion)	8	< 0,3
Bioethanol, Methan und Elektrizität aus Lignozellulose	3	< 0,5
Bioethanol aus Rutenhirse (USA)	5,4	< 0,2
Bio-Butanol	< 1	
Biodiesel aus Algen	< 1	
Biogas aus Mais-Silage (Deutschland)	4,8	< 1,1
Biogas aus Mais-Silage (Deutschland) (Elektrizität)	1,4	< 0,4
Photovoltaik (Deutschland) (Elektrizität)	7	> 5
Photovoltaik (Brasilien) (Elektrizität)		> 10
Windenergie (Deutschland) (Elektrizität)	18	2-3
Kernkraft (Elektrizität)	10-20	
Wasserkraft (Elektrizität)	100	

* Anmerkung: Der Energieertrag (EROI, Energy return on investment) berechnet sich aus dem Quotienten von gewonnener Energie und investierter fossiler Energie. Die investierte fossile Energie beinhaltet Energie für Landwirtschaft, für die Erzeugung von Düngemitteln, Aussaat, Ernte und die Umwandlung von Biomasse in Gas, Ethanol oder Diesel. Die aufgelisteten Werte sind die höchsten in der Literatur gefundenen Zahlen. Erläuterungen zu den einzelnen Werten finden sich auf Seite 20 der englisch-sprachigen Langfassung „Bioenergy: Chances and Limits“.

Klimas doppelt so hoch wie in Deutschland. Dennoch wird dort nur 30 % des primären Energieverbrauchs durch Bioenergie gedeckt.

Im Jahr 2010 betrug der Anteil der Bioenergie am Primärenergieverbrauch in Deutschland ungefähr 7 %. Dieser Anteil konnte jedoch nur durch Biomasse-Importe erreicht werden. Ohne Importe (vor allem Futtermittel) hätten nicht mehr als 3 % des Primärenergieverbrauchs durch in Deutschland gewachsene Biomasse gedeckt werden können.

Ökologische Risiken

Die Böden in Deutschland sind die Basis für die Ernährung und die landwirtschaftliche Produktion. Drüber hinaus haben sie jedoch weitere vielfältige und wichtige Funktionen. Böden filtern und speichern Wasser, entschärfen durch Umwandlung Nitrate, sie bilden ein Nährstoff-Reservoir und speichern Kohlenstoff. Funktionierende Böden sind die Basis für die oberirdische biologische Viel-

falt, die wiederum unzählige sog. Ökosystem-Services für den Menschen bereitstellt.

Die Folgen einer für die Bioenergie-Bereitstellung ausgeweiteten landwirtschaftlichen Produktion sind erhebliche ökologische Schäden. Die Flora und Fauna in Landschaften mit großflächigem Mais- oder Zuckerrübenanbau ist verarmt. Dies hat zum Teil auch Konsequenzen für die Landwirtschaft. Der Rückgang von Insekten ist z. B. beim Anbau von Gemüse- oder Obstsorten bemerkbar, die auf Bestäuber angewiesen sind. Landschaften mit hohem Ackeranteil oder Monokulturen führen zu reduzierten Bestäubungsraten.

Intensiver Maisanbau beeinträchtigt auch die Wasserqualität. In Gegenden mit intensivem Maisanbau ist die Nitratbelastung des Wassers oft bedenklich hoch. Nicht zuletzt haben Landschaften mit ausgedehnten Monokulturen einen niedrigeren Erholungswert für den Menschen.

Dies sind Folgen, die im Allgemeinen auch mit der intensiven Landwirtschaft für die Lebensmittelproduktion einhergehen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob diese Beanspruchung von Böden und Natur ihre Berechtigung hat, wenn durch die Nutzung von Bioenergie die ursprünglichen Ziele, klimaschonend Energie bereitzustellen, nicht erreicht werden. Die Bioenergie hat in Deutschland außerdem in manchen Regionen zu einer starken Konkurrenz um landwirtschaftliche Flächen geführt, bei der kleine landwirtschaftliche Betriebe, die Viehfutter produzieren, oft das Nachsehen haben.

Stärkere Nutzung von Biomasseabfällen

Nach Abwägung aller Argumente für und wider kommt die Nationale Akademie der Wissenschaften in ihrer Stellungnahme zu dem Ergebnis, dass der weitere Ausbau der Bioenergie in Deutschland nicht zu empfehlen ist.

Eine Bioenergienutzung ist in dezentraler Organisationsform mit Biogasreaktoren allein oder in kombinierten Anlagen, die Ethanol und Biogas produzieren, in begrenztem Umfang denkbar. Die Verwendung von Biomasse-Abfällen wie Gülle und Nahrungsmittelresten und Abfallstoffen als Energiequelle zur Herstellung von Biogas oder Biosprit ist sinnvoll. Allerdings können mit Abfällen nur wenige Prozent des deutschen Primärenergieverbrauchs gedeckt werden.

Eine Steigerung könnte möglich werden, wenn Technologien anwendbar sind, mit denen die verholzten Teile der Pflanze (z. B. Lignocellulose aus Stängeln oder Blättern) genutzt werden könnten. Diese sog. second-generation biofuels würden die energetische Ausnutzung von den Teilen der Pflanze ermöglichen, die für die Nahrungs- oder Futtermittelproduktion nicht genutzt werden. Dies ist heute technisch noch nicht in größerem Umfang möglich; angesichts der geschilderten Begrenztheit der Verfügbarkeit von Biomasse wird diese alternative Technologie aber auch nur eine graduelle Erweiterung der Biomassennutzung ermöglichen können.

Aktuelle Analysen zur Bioenergie ziehen zum Teil noch kritischere Bilanzen als die Stellungnahme der Leopoldina. Das Umweltbundesamt forderte in einer im Oktober 2012 veröffentlichten Studie, mittel- bis langfristig auf Bioenergie zu verzichten [3]. Auch das in London ansässige Institute for European Environmental Policy fordert die Einbeziehung umfassender Lebenszyklusanalysen, die alle Emissionen von der Bereitstellung von Flächen bis zur Umwandlung von Biomasse berücksichtigen. Auch diese Studie gelangt zu einer ernüchternden Bilanz und fordert eine Neubewertung der Bioenergie [4].

In der EU-Kommission in Brüssel wurde mit der angekündigten Korrektur der E10-Strategie ein erster Schritt in die richtige Rich-

tung unternommen. Um die Klimaschutzziele der Bundesregierung zu erreichen und die Emission von Treibhausgasen zu reduzieren, sollte auch die Bundesregierung in ihrem Energiekonzept entsprechende Korrekturen vornehmen.

Quellen

- [1] BioÖkonomieRat: Nachhaltige Nutzung von Bioenergie. München, 2012.
- [2] Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina: Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen. Halle, 2012.
- [3] Umweltbundesamt: Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen. Dessau-Roßlau, 2012.
- [4] Bowyer, C., Baldock, D., Kretschmer, B. & Polakova, J.: The GHG emissions intensity of bioenergy: Does bioenergy have a role to play in reducing GHG emissions of Europe's economy? Institute for European Environmental Policy (IEEP): London, 2012.

Prof. Dr. Bernhard Schink, Universität Konstanz
christian.anton@leopoldina.org

Die Stellungnahme der Leopoldina kann unter www.leopoldina.org heruntergeladen oder bei der Leopoldina (annett.buerger@leopoldina.org) kostenlos bestellt werden. Sie liegt in einer deutsch-englischen Kurzfassung und einer ausführlichen Fassung vor.

Erste Jahresprognose 2012: Energieverbrauch stagniert

Der Energieverbrauch in Deutschland stagniert. In den ersten neun Monaten des laufenden Jahres lag der Verbrauch an Primärenergie mit 338 Mio. t SKE nur marginal über dem Wert des Vorjahreszeitraumes. Wie die AG Energiebilanzen auf Basis vorläufiger Berechnungen ermittelte, wurden die verbrauchssteigernden Effekte der kühleren Witterung und des leichten Wirtschaftswachstums sowie der diesjährige Schalttag offenbar durch verbrauchs-dämpfende Faktoren wie Energieeffizienzsteigerungen und die statistischen Effekte des Kernenergieausstiegs weitgehend wieder ausgeglichen. Die von der AG Energiebilanzen auf Basis des Verbrauchs der ersten neun Monate erstellte Jahresprognose geht davon aus, dass der Energieverbrauch in Deutschland 2012 gegenüber 2011 weitgehend unverändert bleiben wird. Nur ein starker und andauernder Kälteeinbruch könnte noch zu einer erheblich abweichenden Entwicklung führen.

Während der Mineralöl- und der Erdgasverbrauch weiter absank, erhöhte sich der Verbrauch von Steinkohle um über 3 %, der von Braunkohle stieg

sogar um 6 %. Die verstärkte Kohlenutzung findet vor allem in Kraftwerken zur Strom- und Wärmeenergieerzeugung statt. Am Jahresende ist davon auszugehen, dass durch vom Netz gehende Altanlagen der Anteil der Kohle an der Energieerzeugung wieder sinken wird. Die Kernenergie verringerte ihren Beitrag zur Energiebilanz im Zuge des Ausstiegsbeschlusses um knapp 13 %.

Dagegen verzeichnet die Nutzung erneuerbarer Energien weiterhin einen steilen Aufwärtstrend. Sie erhöhte sich insgesamt um über 9 %, wobei sich die Photovoltaik mit einer Steigerung um 50 % besonders hervortat, gefolgt von der Wasserkraft (ohne Pumpspeicher), die sich um 16 % steigerte, sowie der Windkraft, die um 7 % zulegte. Insgesamt deckten die erneuerbaren Energien in den ersten neun Monaten mehr als 12 % des gesamten inländischen Energieverbrauchs.

Weitere Informationen unter: www.ag-energiebilanzen.de