

Teil II: Energie aus Biomasse

aus:

International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development

Weltagrarbericht: Synthesebericht

Herausgegeben von
Stephan Albrecht und Albert Engel

S. 101–114

Impressum und Bildnachweis

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die Online-Version dieser Publikation ist auf den Verlagswebseiten frei verfügbar (*open access*). Die Deutsche Nationalbibliothek hat die Netzpublikation archiviert. Diese ist dauerhaft auf dem Archivserver der Deutschen Nationalbibliothek verfügbar.

Open access über die folgenden Webseiten:

Hamburg University Press – <http://hup.sub.uni-hamburg.de>

PURL: http://hup.sub.uni-hamburg.de/purl/HamburgUP_IAASTD_Synthesebericht

Archivserver der Deutschen Nationalbibliothek – <http://deposit.d-nb.de>

ISBN 978-3-937816-68-5 (Printausgabe)

© 2009 Hamburg University Press, Verlag der Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky, Deutschland

Produktion: Elbe-Werkstätten GmbH, Hamburg, Deutschland

<http://www.ew-gmbh.de>

Die GTZ unterstützt das Projekt der deutschen Herausgabe der IAASTD-Berichte.

Herausgeber:

gtz

Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH
Dag-Hammarskjöld-Weg 1–5
65760 Eschborn
Tel.: 061 96 79 - 0
Fax: 061 96 79 - 11 15
E-Mail: info@gtz.de
Internet: www.gtz.de
Verantwortlich: Stephan Albrecht

VDW VEREINIGUNG DEUTSCHER
WISSENSCHAFTLER E. V.

Vereinigung Deutscher Wissenschaftler e. V.
Schützenstraße 6 a
10117 Berlin
Tel.: 030 21 23 40 56
Fax: 030 21 23 40 57
E-Mail: info@vdw-ev.de
Internet: www.vdw-ev.de

Bildnachweis:

Abbildungen auf Schutzumschlag und Buchdecke (von links nach rechts):

Nutzung mit freundlicher Genehmigung von:

Mariam Akhtar-Schuster / Universität Hamburg, Thomas Lohnes / Brot für die Welt,

Thomas Lohnes / Brot für die Welt, Markus Schorling / Universität Hamburg,

Christoph Püschner / Brot für die Welt.

Nutzung der Abbildungen im Text mit freundlicher Genehmigung des IAASTD-Sekretariats.

Inhaltsverzeichnis

Editorische Notiz	vii
Geleitwort der Vorsitzenden des IAASTD	ix
Vorwort der Herausgeber der deutschen Ausgabe	xiii
Einleitung zur deutschen Ausgabe	xv
Kurzdarstellung des Syntheseberichts	1
Erklärung der Regierungen	2
Kurzdarstellung des Syntheseberichts	4
Anhang: Vorbehalte gegenüber der Kurzdarstellung des Syntheseberichts	42
Synthesebericht	45
Teil I: Aktuelle Lage, Herausforderungen und Handlungsoptionen	47
Teil II: Themen	101
Energie aus Biomasse	101
Biotechnologie	115
Klimawandel	135
Menschliche Gesundheit	155
Umgang mit natürlichen Ressourcen	175
Handel und Märkte	193
Lokales und traditionelles Wissen sowie gemeinschaftliche Innovationen	211
Frauen in der Weltlandwirtschaft	227
Abbildungen	243
Anhang 1: Sekretariat und Anlaufstellen der mitfinanzierenden Organisationen	255
Anhang 2 : Lenkungsgruppe und Beirat	257
Abkürzungsverzeichnis	264

Energie aus Biomasse

Autoren: Patrick Avato (Deutschland/Italien), Rodney J. Brown (USA), Moses Kairo (Kenia)

Energie aus Biomasse⁸⁷ ist in jüngster Zeit ein Thema geworden, das auf erhebliches öffentliches Interesse trifft. Steigende Preise für fossile Brennstoffe, Fragen der Energiesicherheit, größere Aufmerksamkeit für Folgen des Klimawandels, Interessen von Teilen der Landwirtschaft und mögliche Belebungen der wirtschaftlichen Entwicklung tragen dazu bei, dass Energie aus Biomasse für Politiker und private Investoren ein reizvolles Thema geworden ist. Energie aus Biomasse meint hier alle Formen von Energie, die aus Pflanzen und pflanzlichem Material stammen. Energie aus Biomasse wird in *modern* oder *traditionell* unterschieden, je nachdem, wie sie im Laufe der Geschichte verwandt wurde und welche technologischen Verfahren involviert sind. Traditionelle Energie aus Biomasse verwendet wenig Technologie, zum Beispiel bei der direkten Verbrennung von Feuerholz, Holzkohle oder Dung zur Gewinnung von Wärme. Moderne Energie aus Biomasse umfasst Strom, Licht und Wärme aus fester, flüssiger oder vergorener Biomasse und flüssige Kraftstoffe für den Verkehr. Letztere werden unterteilt in Treibstoffe der ersten Generation, die aus Stärke, Zucker oder Öl auf der Basis von Nutzpflanzen gewonnen werden, und Treibstoffe der nächsten Generation. Treibstoffe der nächsten Generation (auch als Kraftstoffe der zweiten, dritten oder vierten Generation bezeichnet) werden aus unterschiedlicher Art von Biomasse hergestellt, zum Beispiel aus speziell ange-

⁸⁷ Das englische *bioenergy* ist der Sammelbegriff für Energie aus Biomasse. Da im Deutschen das Präfix *Bio-* aber für Produkte aus dem ökologischen Landbau steht, wird hier von Energie aus Biomasse gesprochen.

bauten Energiepflanzen, land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen und anderen zellulosehaltigen Materialien (CWANA Kap. 2; Globaler Bericht Kap. 3 und 6; NAE, Kap. 4).

Da Biomasse in weiten Regionen verfügbar ist, stellt daraus gewonnene Energie eine attraktive Ergänzung zu fossilen Brennstoffen dar, die außerdem geopolitische und Risiken der Energiesicherheit vermindern kann. Allerdings kann nur ein kleiner Teil der global verfügbaren Biomasse auf wirtschaftliche ökologisch und sozial nachhaltige Weise genutzt werden. Derzeit werden ca. 2,3 % des weltweiten Primärenergieverbrauchs durch Stoffe wie Ethanol, Pflanzendiesel oder Strom und industrielle Prozesswärme aus Biomasse gewonnen (Globaler Bericht, Kap. 3).

Die Wirtschaftlichkeit der Energiegewinnung aus Biomasse, insbesondere die positiven bzw. negativen sozialen und Umweltkosten, ist sehr unterschiedlich, je nach verwendeter Biomasse, Umwandlungstechnologien, Verhältnissen vor Ort und Regularien. Viele Aspekte der energetischen Nutzung von Biomasse müssen noch erforscht werden. AWWT kann zu einer besseren Nutzung und der Reduzierung möglicher Risiken und Kosten von erheblicher Bedeutung sein. Aber komplementäre Maßnahmen in verschiedenen Politikfeldern, beim Ausbau von Institutionen und Regularierungen wie auch Investitionen sind erforderlich, um eine sozial, wirtschaftlich und ökologisch nachhaltige Wirtschaft zu fördern, die sowohl Lebensmittel wie Futter, Textilien und Brennstoffe bereitstellt. Im folgenden Abschnitt werden bestimmte Handlungsmöglichkeiten und Herausforderungen in diesen Feldern behandelt. Querschnittsthemen werden in einem nachfolgenden separaten Abschnitt erörtert.

Traditionelle Energie aus Biomasse

Millionen von Menschen in nicht industrialisierten Ländern sind zur Erfüllung ihrer grundlegenden Bedürfnisse bei Lebensmittelzubereitung und Wärmeerzeugung von traditionellen Energien aus Biomasse abhängig (zum Beispiel von Brennholz und Holzkohle für traditionelle Kochstellen oder Öfen). Die Abhängigkeit von traditioneller Energie aus Biomasse korreliert zumeist mit niedrigen Einkommen und ist in Afrika südlich der Sa-

hara und in Südasien mangels günstiger Alternativen am stärksten verbreitet. In einigen Ländern kann der Anteil der Biomasse beim Energieverbrauch bis zu 90 % betragen. Innerhalb der jeweiligen Länder ist die Verwendung von Biomasse bei den Menschen mit dem niedrigsten Einkommen und in ländlichen Räumen am ausgeprägtesten (CWANA, Kap. 2; Globaler Bericht, Kap. 3; SSA, Kap. 2).

Das Angewiesensein auf traditionelle Energie aus Biomasse kann Entwicklungen hemmen, da sie erhebliche Umwelt-, Gesundheits-, wirtschaftliche und soziale Probleme mit sich bringt. Die traditionelle Nutzung von Biomasse ist häufig mit zeitaufwändigen und nicht nachhaltigen Erntemethoden, gesundheitsgefährdender Verschmutzung und geringer Effizienz bei der Endnutzung verbunden; die Verwendung von Dung und landwirtschaftlichen Reststoffen impliziert eine Verschlechterung der Bodenfruchtbarkeit, da dem Boden organisches Material zur Humusbildung und Nährstoffe entzogen werden. Das Sammeln von Brennstoffen ist zeitaufwändig. Auf diese Weise geht Zeit verloren, die produktiv für Landbau oder Bildung und Ausbildung genutzt werden könnte. Aus der offenen Verbrennung von Biomasse resultierende Luftverschmutzung führt zu Asthma und anderen Atemwegserkrankungen, was 1,5 Millionen Todesfälle pro Jahr zur Folge hat⁸⁸ (Globaler Bericht, Kap. 3; SSA, Kap. 2). Bisherige Bemühungen um verbesserte und effizientere Technologien (zum Beispiel bessere Herde zum Kochen) haben gemischte Ergebnisse gebracht. Daher sind neue und geeignetere Maßnahmen und Ansätze erforderlich, die Aktivitäten der Vergangenheit ergänzen. Zusätzlich müssen Alternativen ausprobiert werden, um die Verfügbarkeit und Verbreitung moderner Energielösungen zu fördern. Diese neueren Technologien unterscheiden sich allerdings stark in ihren wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Implikationen. Dabei können fossile Brennstoffe, der Ausbau von Stromnetzen und dezentrale Energiebereitstellung, auch durch moderne Biomasse-Energie, eine Rolle spielen (Abschnitt über Strom und Wärme aus Biomasse, S. 109 ff.).

⁸⁸ Eingeschlossen die Todesfälle infolge offener Verbrennung von Kohle in Wohnungen und Häusern.

Pflanzentreibstoffe der ersten Generation

Pflanzentreibstoffe der ersten Generation sind derzeit in erster Linie Ethanol und Diesel; andere Kraftstoffe wie Methanol, Propanol und Butanol könnten in der Zukunft eine größere Rolle spielen. Die Herstellung von Ethanol und Diesel, die aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen wie Mais und anderen Getreiden, aus Zuckerrohr, Soja, Maniok, Raps und Ölpalmen gewonnen werden, hat in den letzten Jahren stark zugenommen, wobei der Ausgangswert sehr gering war – 2005 machten diese Treibstoffmengen zusammen nur 1 % aller global verbrauchten Kraftstoffe im Transportsektor aus. Das schnelle Wachstum in diesem Bereich ist hauptsächlich auf politische Fördermaßnahmen für Pflanzentreibstoffe zurückzuführen, die in vielen Ländern der Erde in der Hoffnung etabliert wurden, Arbeitsplätze in ländlichen Räumen zu schaffen und deren wirtschaftliche Entwicklung zu fördern, Folgen des Klimawandels zu mildern und Energiesicherheit zu gewinnen (ESAP, Kap. 4; NAE, Kap. 2; SSA, Kap. 2).

Die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit der Pflanzentreibstoffe der ersten Generation wird vor allem durch die folgenden Elemente bestimmt: 1. Preise für Rohstoffe, 2. Wert der möglichen Koppelprodukte,⁸⁹ 3. Umwandlungstechnologien und 4. Preise für Treibstoffe, mit denen die Pflanzentreibstoffe konkurrieren. Jedes dieser Elemente variiert je nach Ort und Zeit. Derzeit stellen die Pflanzentreibstoffe der ersten Generation nur auf den Märkten, auf denen die Rohstoffe am effizientesten hergestellt werden können, eine preislich konkurrenzfähige Alternative zu fossilen Brennstoffen dar, und auch nur dann, wenn die Marktbedingungen günstig sind, zum Beispiel in Brasilien, wenn die Preise für pflanzliche Rohstoffe niedrig und die Preise für fossile Brennstoffe hoch sind. Dauerhaft hohe Rohölpreise, wie es sie 2007 und 2008 gegeben hat, würden die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit der Pflanzentreibstoffe auch in anderen Regionen der Erde erhöhen. Die Wirtschaftlichkeit flüssiger Pflanzentreibstoffe ist in abgelegenen Regionen möglicherweise am höchsten, wenn der Zugang zu fossilen Energieträgern und zugleich der Export von Erzeugnissen aus der Agrikultur durch hohe Transportkosten erschwert ist. Nicht industrialisierte Länder ohne Zugang zum Meer, Inseln und abgelegene Gebiete innerhalb ein-

⁸⁹ Ein Koppelprodukt ist zum Beispiel der sog. Kuchen, der übrig bleibt, wenn man aus Rapsamen das Öl mechanisch auspresst. Dieser Kuchen ist ein hochwertiges Tierfutter.

zelter Länder können auch in diese Kategorie fallen – vorausgesetzt die Rohstoffe können billig und in ausreichenden Mengen bereitgestellt werden, ohne die Ernährungssicherheit zu gefährden (Globaler Bericht, Kap. 3 und 6; NAE, Kap. 4).

Neben betriebswirtschaftlichen Faktoren beeinflussen auch Überlegungen zur Energiesicherheit und zum Verhältnis von ökologischen und sozialen Vorteilen respektive Kosten die Bedeutung von Pflanzentreibstoffen der ersten Generation. Aus ökologischer Sicht wird häufig die Frage diskutiert, ob insbesondere Ethanol überhaupt mehr Energie zur Verfügung stellt, als für seine Herstellung aufzuwenden ist; umstritten ist auch die CO₂-Bilanz. Beide Fragen sind miteinander verflochten. In der Debatte werden Argumente vorgebracht, die zum einen auf unterschiedlichen Erfassungsmethoden der Emissionen und des Energieaufwands und -ertrags vom Pflanzenbau bis zum Endverbrauch (Lebenszyklusanalyse/LCA) beruhen und zum anderen auf stark unterschiedlichen standörtlichen Gegebenheiten, zum Beispiel den verwendeten Rohstoffen, der ursprünglichen Nutzung der Anbauflächen, der Mechanisierung der Erzeugung und dem Einsatz von Düngemitteln. Wenn die Rohstoffe auf ohnehin landwirtschaftlich genutzten Flächen angebaut werden und keine Waldzerstörung mit sich bringen, kann man allgemein sagen, dass Nutzpflanzenarten mit einem geringen Aufwand von externem Input (wie Düngemittel und Pestizide), zum Beispiel Zuckerrohr in Regenfelddaugebieten in Brasilien, eine deutlich bessere Bilanz ergeben als Nutzpflanzen mit einem hohen Input, wie Mais in Nordamerika. Folglich hängt die Antwort auf die Frage, ob Pflanzentreibstoffe eine ernsthafte Option zur Minderung des Klimawandels sein können, von den realistischere erreichbaren Emissionseinsparungen und zugleich von den relativen Kosten ab, die bei anderen Minderungsmaßnahmen entstehen.⁹⁰ Abgesehen von THG-Emissionen kann ein starker Ausbau der Erzeugung von Pflanzentreibstoffen auch erhebliche ökologische Kosten bedingen. So wird beispielsweise befürchtet, dass ein höherer Bedarf nach begrenzten naturräumlichen Faktoren wie Land und Wasser dazu führen wird, dass ursprüngliche Ökosysteme mit großer biologischer Vielfalt in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt werden (zum Beispiel

⁹⁰ Hierzu hat der Wissenschaftliche Beirat für Agrarpolitik beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2007 eine ausführliche Stellungnahme abgegeben, vgl. www.bmelv.de.

durch die Zerstörung von Wäldern) und dass Wasservorräte geplündert werden. Solche Entwicklungen lassen sich bereits in verschiedenen Regionen beobachten, zum Beispiel die Trockenlegung von Torfböden in Indonesien oder die Abholzung der *Cerrados* (Savannen) in Brasilien (Globaler Bericht, Kap. 4 und 6; NAE, Kap. 4).

Die sozialen und wirtschaftlichen Folgen solcher Entwicklungen sind komplex. Eine stärkere Nachfrage kann zu höheren Einnahmen für die Rohstoffherzeuger und für andere beteiligte Gewerbe führen, zum Beispiel bei Umwandlung in Pflanzentreibstoffe oder Verarbeitung von Nebenprodukten wie Presskuchen für die Tierfütterung – alles dies trägt potenziell zu wirtschaftlicher Entwicklung bei. Andererseits führt Konkurrenz um begrenzte Böden und Wasservorräte unausweichlich zu höheren Lebensmittelpreisen, was diejenigen zu spüren bekommen, die Lebensmittel kaufen müssen, einschließlich der Lebensmittelindustrie, der Fleischwirtschaft und – was für die Hungerproblematik und soziale Nachhaltigkeit viel gravierender ist – der armen Bevölkerung. Dazu kann es noch passieren, dass kleinbäuerliche Betriebe wirtschaftlich geschädigt oder von ihrem Land vertrieben werden, sofern sie nicht rechtlich und tatsächlich geschützt und in Erzeugungsabläufe eingebunden werden. Mittel- bis langfristige Auswirkungen auf die Lebensmittelpreise können möglicherweise schwächer ausfallen, wenn die wirtschaftlich Beteiligten auf höhere Preise durch veränderte Abläufe bei der Erzeugung und Investitionen reagieren und wenn darüber hinaus bessere Technologien verwendet werden. Im Ergebnis beeinflussen die sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen in starkem Maße und langfristig die Verteilungseffekte⁹¹ innerhalb der Gesellschaften und zwischen unterschiedlichen Akteuren. Je nachdem, wie Regulierungen und Institutionen ausgestaltet sind, wird sich dies auch erheblich auf die Verteilung dieser Effekte, zum Beispiel zwischen kleinbäuerlichen und Großbetrieben wie zwischen Männern und Frauen, auswirken (Globaler Bericht, Kap. 6).

Neben den direkten Auswirkungen der Pflanzentreibstoffproduktion bringen Politiken, die deren Verwendung fördern sollen, ihre eigenen Belastungen und Vorteile mit sich. Da die Pflanzentreibstoffe der ersten Generation wirtschaftlich kaum mit fossilen Treibstoffen konkurrieren können,

⁹¹ Hiermit sind vor allem die Verteilung der Vor- und Nachteile gemeint.

wird ihre Herstellung in fast allen Ländern durch ein verschachteltes System von Subventionen und Regulierungen gefördert. Solche Subventionen belasten die öffentlichen Haushalte nicht nur direkt. In den meisten Ländern resultieren daraus auch Marktverzerrungen, zum Beispiel durch obligate Beimischungsquoten⁹², Handelsbeschränkungen und Zölle, die ihrerseits durch Ineffizienz Kosten verursachen. Diese Praktiken unterminieren eine effiziente Herstellung von Pflanzentreibstoffen in den Ländern mit dem größten Potenzial und den geringsten Kosten, und es entstehen zusätzliche Kosten für die Verbraucher.

Die Liberalisierung des internationalen Pflanzenkraftstoffhandels durch Wegfall von Beschränkungen und Änderungen bei der Handelsklassifizierung von Ethanol und Diesel würde eine effizientere Allokation der Produktion in den Ländern fördern, die bei der Herstellung der Rohstoffe bzw. der Umwandlung zu Treibstoffen komparative Vorteile haben. Allerdings bleibt unklar, inwieweit kleinbäuerliche Betriebe daraus einen Nutzen ziehen könnten. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass negative Effekte wie Waldzerstörung, nicht nachhaltige Nutzung von Grenzertragsböden und die Marginalisierung von kleinbäuerlichen Betrieben noch verstärkt werden, solange eine ökologische und soziale Nachhaltigkeit überhaupt nicht gewährleistet ist. Die am häufigsten erörterten Möglichkeiten für sozial und ökologisch nachhaltige Erzeugung von Pflanzentreibstoffen sind Nachhaltigkeitsstandards und freiwillige Maßnahmen. Derzeit herrscht jedoch international weder Konsens über den Inhalt derartiger Konzepte noch darüber, ob sie Nachhaltigkeit effektiv bewirken können. Ebenso ungeklärt bleibt, ob sie überhaupt entwickelt werden sollen (Globaler Bericht, Kap. 7).

AWWT kann zu größerer Ausgewogenheit zwischen sozialen, ökologischen und wirtschaftlichen Lasten und Nutzen beitragen, wenn auch nur in Grenzen. Forschung und Entwicklung zur Steigerung der Flächenerträge bei gleichzeitiger Reduzierung des Dünger- und Pestizidbedarfs durch optimierte Anbauregime, Züchtung ertragreicherer Pflanzenarten und -sorten und Nutzung lokaler Pflanzensorten kann beträchtliche Fortschritte ermöglichen. Herkömmliche Züchtungsverfahren wie auch genetische Transforma-

⁹² Die EU hat hier sehr hohe Quoten normiert. Die aktuellen Entwicklungen und Probleme der Wirkungen solcher Quoten haben allerdings seit Anfang 2008 zu einer etwas zögerlicheren Haltung geführt – ohne dass die gesetzlichen Vorgaben schon revidiert wären.

tionen (Gentechnik) werden benutzt, um relevante Nutzpflanzenmerkmale weiter zu verbessern, zum Beispiel den Stärke-, Zucker-, Zellulose- oder Ölgehalt, mit dem Ziel, günstigere Voraussetzungen für die Umwandlung zu Treibstoffen zu schaffen (Globaler Bericht, Kap. 6). Es wird angenommen, dass eine Reihe von Pflanzen und Anbauverfahren in unterschiedlichen Ländern, die jeweils an spezifische ökologische Situationen angepasst sind, großes Ertragspotenzial bergen; aber auch zur Nutzung dieses Potenzials sind weitere Forschungen erforderlich.

Pflanzentreibstoffe der nächsten Generation

Die Entwicklung neuer Umwandlungstechnologien für die sogenannten *Pflanzentreibstoffe der nächsten Generation* bringt ein erhebliches Entwicklungspotenzial mit sich. Die beiden bekanntesten Technologien, die Zellulose-Ethanol-Technologie und die BtL-Technologie, können nicht nur die heute nutzbaren Glukosen und Öle, sondern auch Zellulose, Hemizellulose und sogar Lignin – die strukturbildenden Materialien im größten Teil der Biomasse – in Pflanzentreibstoffe konvertieren. Auf diese Weise könnten auch vielfach vorhandene und potenziell billigere Rohmaterialien, zum Beispiel Reststoffe, Pflanzenstängel und -blätter, Stroh, Abfälle aus Städten, wild wachsende Kräuter und schnell wachsende Bäume in Pflanzentreibstoffe umgewandelt werden. In der weiteren Zukunft könnte es möglich sein, Algen oder Cyanobakterien⁹³ zu nutzen, die in Teichen oder Bioreaktoren in Salzwasser unter Einsatz von CO₂ aus der Industrie intensiv kultiviert werden. Forschung gibt es auch in die Richtung, die Herstellung von Pflanzentreibstoffen der nächsten Generation mit der Herstellung von Chemikalien, Materialien und Strom zu koppeln. Diese sogenannten *Bioraffinerien* könnten die Effizienz der Herstellung, die Treibhausgasbilanzen und die Wirtschaftlichkeit des gesamten Verfahrens verbessern.

Einerseits könnte aufgrund der Vielfalt potenzieller Rohstoffe und hoher Effizienz bei der Umwandlung der Flächenbedarf pro erzielbarer Energieeinheit drastisch sinken, wodurch der Druck auf Lebensmittelpreise und Ökosysteme, der von Pflanzentreibstoffen der ersten Generation ausgeht, abnehmen würde. Im Vergleich zu Pflanzentreibstoffen der ersten Genera-

⁹³ Dies sind Mikroorganismen, die eine Photosynthese durchführen können, bei der Sauerstoff freigesetzt wird.

tion könnten die THG-Emissionen durch den gesamten Lebenszyklus verringert werden. Auf der anderen Seite gibt es aber Bedenken gegenüber einer nicht nachhaltigen Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Reststoffe und der Verwendung gentechnisch veränderter Nutzpflanzen und Enzyme. Da sich die Pflanzentreibstoffe der nächsten Generation jedoch noch am Anfang ihrer Entwicklung befinden, besteht über wirtschaftliche, soziale und ökologische Kosten- und Nutzenannahmen noch große Unsicherheit (Globaler Bericht, Kap. 6 und 8).

Es müssen noch etliche kritische Entwicklungshürden genommen werden, bevor Pflanzentreibstoffe der nächsten Generationen eine wirtschaftlich tragfähige Kraftstoff-Quelle für den Verkehrssektor darstellen können. Noch ist nicht absehbar, wann die entsprechenden technischen Durchbrüche erzielt und welches Maß an Kosteneinsparungen sie praktisch mit sich bringen werden. Einige Länder wie Südafrika, Brasilien, China und Indien verfügen zwar über die Kapazitäten für eine aktive Erforschung und Entwicklung fortgeschrittener Pflanzentreibstoffe – indessen erschweren Aspekte wie hohe Kapitalkosten, der Zwang zu großvolumigen Umwandlungsanlagen, hohe technologische Anforderungen und Rechtsfragen zu geistigem Eigentum die Herstellung von Pflanzentreibstoffen der nächsten Generation in den meisten nicht industrialisierten Ländern, selbst wenn die technologischen und wirtschaftlichen Hürden in den Industrieländern überwunden werden können. Daher müssen Verabredungen und Übereinkommen für die Behandlung dieser Probleme in nicht industrialisierten Ländern und für kleinbäuerliche Betriebe getroffen werden (Globaler Bericht, Kap. 6 und 8).

Strom und Wärme aus Biomasse

Strom und Wärme werden überwiegend aus Abfällen und Resten von Biomasse erzeugt. In den letzten Jahrzehnten hat die Verwendung sowohl kleiner Fermenter als auch großer industrieller Anlagen zugenommen. Die Erzeugung von Strom (44 GW [24 GW davon in nicht industrialisierten Ländern] im Jahr 2005 oder 1 % des gesamten Stromverbrauchs) und Wärme (220 GW_{th} im Jahr 2004) aus Biomasse bildet neben der Wasserkraft den

größten Sektor der erneuerbaren Energien, hauptsächlich gewonnen aus Holz, Rückständen und Abfällen.

Die wichtigsten Umwandlungstechnologien für Biomasse sind thermochemische und biologische Verfahren. Die thermochemischen Technologien beinhalten eine direkte Verbrennung von Biomasse (entweder allein oder zusammen mit fossilen Brennstoffen) und die Vergasung.⁹⁴ Die biologischen Technologien umfassen die anaerobe Vergärung von Biomasse zu Biogas, das in erster Linie Methan und CO₂ enthält. Fermenter zum Hausgebrauch arbeiten mit organischem Material wie Dung. Sie können die in Haushalten in ländlichen Räumen zum Kochen, Heizen und Beleuchten benötigte Energie bereitstellen. Sie sind in China, Indien und Nepal weit verbreitet. Der Klärschlamm und die Abwässer werden als Dünger auf die Felder aufgebracht. Ihre Verwendung kann jedoch manchmal mit Problemen bei Technik, Unterhaltung und benötigten Betriebsstoffen verbunden sein (zum Beispiel beim Wasserbedarf der Fermenter). Industrielle Anlagen sind weniger anfällig für technische Probleme und finden in einigen nicht industrialisierten Ländern zunehmend Verbreitung, besonders in China. Ähnliche Technologien werden auch in Industrieländern benutzt, zumeist mit dem Ziel, umweltschädigende Methanemissionen (zum Beispiel aus Mülldeponien und Massenviehhaltung) aufzufangen und daraus Energie zu gewinnen.

Einige Nutzungen von Strom und Wärme aus Biomasse können durchaus wettbewerbsfähige Alternativen zu anderen nicht netzgebundenen Energiebereitstellungen wie zum Beispiel Dieselmotoren sein, selbst dann, wenn man die potenziellen nicht geldwerten Vorteile wie die Reduzierung der THG-Emissionen außer Acht lässt. Deshalb sind sie tragfähige Alternativen für eine ausgeweitete Energieversorgung unter bestimmten Bedingungen. Das größte Potenzial für Strom und Wärme aus Biomasse ist gegeben, wenn technisch ausgereifte und zuverlässige Generatoren Strom aus preisgünstigen und sicher verfügbaren Rohstoffen erzeugen können und die Kapitalkosten über eine hohe und gleichmäßige Stromnachfrage verteilt werden können. Dies ist manchmal in oder in der Nähe von Industrieanlagen der Fall, in denen Abfall und Reste anfallen und die zudem selbst einen dauernden Strombedarf haben, zum Beispiel Zucker-, Reis- und Pa-

⁹⁴ Dabei geht es um Prozesse der Erzeugung von Gas durch eine Verbrennung unter sauerstoffarmen Bedingungen.

piermühlen. Aus ökologischer und sozialer Sicht sind Strom und Wärme aus Biomasse meist weniger problematisch als flüssige Pflanzentreibstoffe für Transportzwecke, weil sie in erster Linie aus Abfällen und Resten beziehungsweise aus Material aus nachhaltiger Forstwirtschaft gewonnen werden. In diesen Fällen sind erhebliche Reduzierungen der THG-Emissionen möglich, selbst dann, wenn Biomasse zusammen mit Kohle verbrannt wird. Darüber hinaus sind die Lebensmittelpreise vermutlich nicht betroffen. Die Vorteile für die Gesteungskosten wie die Umwelt sind bei kombinierter Wärme- und Krafterzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung [KWK]) besonders groß, die in etlichen Ländern zunehmend genutzt wird. So deckt beispielsweise Mauritius während der Erntesaison 70 % seines Strombedarfs durch KWK mit Hilfe von Bagasse, einem Zwischenprodukt der Zuckerrohrverarbeitung. Emissionen wie Staub und Rußpartikel aus Schornsteinen stellen dabei allerdings ein erhebliches Problem dar. Fermenter und Vergasungsanlagen sind anfälliger für technische Probleme als solche für direkte Verbrennung, besonders dann, wenn sie in kleinen Betrieben verwendet werden, die nicht über die nötigen Wartungsmöglichkeiten verfügen und wenn die Erfahrungen mit ihrem Betrieb stark variieren (ESAP, Kap. 4; Globaler Bericht, Kap. 3, 5 und 6; SSA, Kap. 2).

Klein volumige Nutzung von Pflanzentreibstoffen der ersten Generation direkt am Ort kann manchmal interessante Alternativen bei der Stromerzeugung bieten, die nicht notwendigerweise die negativen Effekte der Großproduktion mit sich bringen, da geringere Anforderungen an Flächen, an Wasser und andere Betriebsmittel entstehen. Diesel bietet für klein volumige Nutzung besondere Vorteile, da er in der Herstellung weniger technologie- und kapitalintensiv ist als Ethanol; wobei das zu seiner Herstellung erforderliche Methanol ein Problem darstellen kann. Unraffinierte Pflanzenöle für stationäre Zwecke sind in der Herstellung sogar noch weniger technologie-intensiv und erfordern kein Methanol. Für Stromerzeugung und Wasserförderung verwendete Motoren müssen jedoch auf diese Öle eingestellt werden. Die Verwendung von Pflanzentreibstoffen in stationären Anlagen kann für örtliche Gemeinschaften besonders vorteilhaft sein, wenn sie in die intensive kleinbäuerliche Agrikultur integriert ist, so dass die Erzeugung von Pflanzen für Nahrungs- wie für energetische Zwecke möglich ist. Solche Nutzungsformen werden in mehreren Ländern un-

tersucht, zum Beispiel mit dem Öl von *Jatropha*⁹⁵ und *Pongamia*⁹⁶ als Rohstoff; es gibt aber noch keine belastbaren Schlussfolgerungen (CWANA, Kap. 2; Globaler Bericht, Kap. 6; NAE, Kap. 5).

Mehrere Aktivitäten zur besseren Nutzung des Potenzials von Strom und Wärme aus Biomasse können unternommen werden (Globaler Bericht, Kap. 7):

Förderung von Forschung und Entwicklung: Verbesserungen der Betriebszuverlässigkeit und Reduzierung von Kapitalkosten können die energetische Nutzung von Biomasse attraktiver machen, besonders von kleinen und mittelgroßen Fermentern, thermochemischen Vergasungsanlagen und von stationären Nutzungen nicht raffinierter pflanzlicher Öle. Forschung ist auch nötig, um Kosten und Nutzen solcher Anlagen für die Gesellschaft abzuschätzen und zu bewerten, wobei alternative Wege der Energieversorgung zu berücksichtigen sind (Globaler Bericht, Kap. 6).

Entwicklung von Produktstandards und Verbreitung von Wissen: Eine lange Geschichte fehlgeschlagener politischer Programme und Maßnahmen und eine Vielzahl örtlich produzierter Generatoren, die unterschiedlich gut arbeiten, haben dazu geführt, dass die energetische Nutzung von Biomasse in vielen Ländern recht skeptisch gesehen wird. Die Entwicklung von Qualitätsstandards und Demonstrationsprojekten wie auch eine verbesserte Verbreitung von Wissen können zu transparenteren Märkten und größerem Vertrauen der Verbraucher beitragen.

Aufbau von personellen und institutionellen Kapazitäten vor Ort: Erfahrungen aus diversen Programmen zur Förderung der Energienutzung aus Biomasse zeigen, dass fachkundiges Betreiben und Unterhaltung kostengünstiger und kleinvolumiger Anlagen der Schlüssel zu Erfolg und Nachhaltigkeit ist. Aus diesem Grund müssen Abnehmer wie Erzeuger sorgfältig und dauerhaft in Entwicklung, Überwachung und Wartung der Anlagen eingebunden werden.

Zugang zu Finanzierungen: Im Vergleich zu anderen netzunabhängigen Energielösungen erfordert die Energie aus Biomasse oft höhere anfängliche Kapitalkosten – dafür sind die langfristigen Kosten für die Betriebsstoffe

⁹⁵ Die *Jatropha*-Pflanze aus der Gattung der Wolfsmilchgewächse kann auch auf kargen Böden wachsen. Ihre nussartigen Früchte werden heute schon in etlichen Ländern zur Herstellung von Ölen für Verbrennungszwecke genutzt, vgl. www.jatropha.de.

⁹⁶ *Pongamia* ist ein immergrüner Baum, dessen Samen 30–40 % Öl enthalten, vgl. www.icrisat.org.

niedriger. Diese Kostenstruktur zwingt mittellose Haushalte und dörfliche Gemeinschaften oft, Investitionen in moderne Energie aus Biomasse zu unterlassen – selbst dann, wenn die Kosten im Vergleich wettbewerbsfähig und die Rückzahlungszeiträume für Kredite kurz sind. Ein verbesserter Zugang zu Finanzierungen kann diese Probleme mildern.

Querschnittsthemen

Lebensmittelpreise

Die Umwandlung landwirtschaftlicher Nutzpflanzen in flüssige Treibstoffe kann sich kurz- bis mittelfristig negativ auf die weltweite Minderung des Hungers auswirken, obwohl der Preisanstieg sich längerfristig abschwächen könnte. Diese Risikolage besteht insbesondere bei Pflanzentreibstoffen der ersten Generation, da für diese große Mengen landwirtschaftlicher Nutzpflanzen erforderlich sind. Ein Preisanstieg kann direkt durch die gesteigerte Nachfrage nach pflanzlichen Rohstoffen oder indirekt durch die höhere Nachfrage nach den Produktionsmitteln (zum Beispiel fruchtbares Land, Wasser) verursacht werden, sodass die Verwendung von Pflanzen, die dann nicht der Ernährung dienen, das Problem nicht lösen wird. Die Risiken und ihre Implikationen sollten in der Forschung weiter abgeschätzt und bewertet werden. Es ist aber offensichtlich, dass mittellose Bevölkerungsgruppen, wenn sie nur durch Kauf von Lebensmitteln ihre Ernährung sichern müssen, und lebensmittelimportierende nicht industrialisierte Länder besonders betroffen sind.

Umwelt

Der große Bedarf an zusätzlichen land- und forstwirtschaftlichen Produkten für die Erzeugung von Energie aus Biomasse kann auch beträchtliche Auswirkungen auf die Umwelt haben. Auch hier bergen die Pflanzentreibstoffe der ersten Generation die größten potenziellen Probleme, zum Beispiel durch die weitere Ausdehnung der Erzeugung auf ökologisch fragile und wertvolle Flächen und die Übernutzung und Verschmutzung von Wasservorkommen. Darüber hinaus sind einige der schnell wachsenden

Pflanzen, die zur Herstellung von Energie aus Biomasse empfohlen werden, ökologisch (zum Beispiel weil sie ähnliche Eigenschaften wie Unkräuter haben) und sozial problematisch. Andererseits kann sich die Nutzung von Energie aus Biomasse positiv auf die Minderung der Klimafolgen auswirken – wobei dieses Potenzial von Fall zu Fall stark variiert und die dafür aufzuwendenden Kosten mit anderen relevanten Optionen verglichen werden müssen.

Institutionen und Regeln

Machtbeziehungen und institutionelle Konstellationen beeinflussen die Beteiligungsmöglichkeiten an der energetischen Nutzung von Biomasse und die Verteilung von Kosten und Nutzen unter den verschiedenen Beteiligten stark. Die heutige Zersplitterung von Zuständigkeiten und das Fehlen von kohärenter Politik quer zu den verschiedenen Politikfeldern, die für die Landwirtschaft als Erzeuger wie als Konsument von Energie eine Rolle spielen, müssen mit Hilfe von lokalen, nationalen und regionalen Regeln und Institutionen überwunden werden.

Gesamtbetrachtung

Das wirtschaftliche Gesamtbild der Energien aus Biomasse und ihre positiven wie negativen Auswirkungen auf Umwelt und Gesellschaft sind äußerst komplex, hängen in hohem Maße von spezifischen Bedingungen ab und bringen erhebliche sozialökonomische Verwerfungen mit sich. Folglich müssen alle Verantwortlichen die vollen ökologischen, sozialen und ökonomischen Kosten der bevorzugten Art der Energiegewinnung aus Biomasse und der ins Auge gefassten Fördermaßnahmen sorgfältig gegen realistisch erreichbare Vorteile und energietechnische Alternativen abwägen.