

Die ökologische Bedeutung der Biomassenutzung

Prof. Dr. Klaus Fricke, Leichtweiß-Institut für Wasserbau, TU Braunschweig, Beethovenstr. 51 a,
38106 Braunschweig, Tel.: 0531/391-3969, e-mail: Klaus.Fricke@tu-bs.de

Dr.-Ing Joachim Fischer, IGW Ingenieurgemeinschaft Turk & Fricke GmbH, Bischhäuser Aue 12,
37213 Witzenhausen, Tel.: 05542/93080, e-mail: j.fischer@igw-witzenhausen.de

1. Einleitung

In Anbetracht eines in den nächsten Jahrzehnten weltweit steigenden Energiebedarfs mehren sich besorgte Stimmen nicht nur aus den Industrie- sondern auch aus den Entwicklungsländern, wie diese Nachfragesteigerung nachhaltig zu befriedigen sei soll. Umweltauswirkungen, wie der viel diskutierte Treibhauseffekt, aber auch lokale Auswirkungen von Schadstoffemissionen zeigen die Grenzen einer Energieversorgung auf, die sich zum überwiegenden Teil auf den Einsatz fossiler Energieträger abstützt. Auch wenn die Begrenzung der Ressourcen allein keinen unmittelbaren Handlungszwang erfordern mag, so zeigen die politischen Umwälzungen der jüngsten Vergangenheit doch deutlich auf, dass der überwiegende Teil der Ressourcen in politisch instabilen Regionen der Welt liegen. Zudem lässt eine steigende Importabhängigkeit bei den fossilen Energieträgern – in der EU beispielsweise von derzeit 50% auf ca. 70% in den nächsten 20 Jahren - zumindest befürchten, dass verstärkt Preissteigerungen für Öl und Gas zu verzeichnen sein werden. Daher unternimmt die EU große Anstrengungen, den Anteil erneuerbarer Energien am Energieträgermix deutlich zu erhöhen. Auf diesem Weg soll nicht nur ein wirksamer Beitrag zur Umsetzung der Klimaschutzverpflichtungen, festgelegt im Kyoto-Protokoll, sondern auch eine zumindest teilweisen Entkopplung von den weltweiten Märkten für fossile Energien herbeigeführt werden.

Wichtige Lenkungsinstrumente stellen in diesem Zusammenhang das Weißbuch für eine zukünftige Energieversorgung der EU mit den darin formulierten Zielen der Verdoppelung des Anteils erneuerbarer Energieträger am Primärenergiebedarf der EU bis 2010 dar, sowie die im Jahr 2002 verabschiedete Richtlinie zur Einführung biogener Treibstoffe im Verkehrsbereich mit einer ersten Wegmarke im Jahr 2010, nämlich einem Anteil am EU-weiten Treibstoffbedarf von 5,75 % /1/.

Gerade die letzte Richtlinie zeigt die Bedeutung auf, die der Bioenergie bei der Erfüllung dieser weitreichenden Aufgaben zukommt.

2. Warum Bioenergie ?

2.1 Die derzeitige Stellung der Bioenergie im europäischen Energiemarkt

Ein Blick auf die derzeitige Struktur des europäischen Primärenergieverbrauchs zeigt, dass erneuerbare Energien insgesamt nur eine untergeordnete Rolle spielen, Abb. 1.

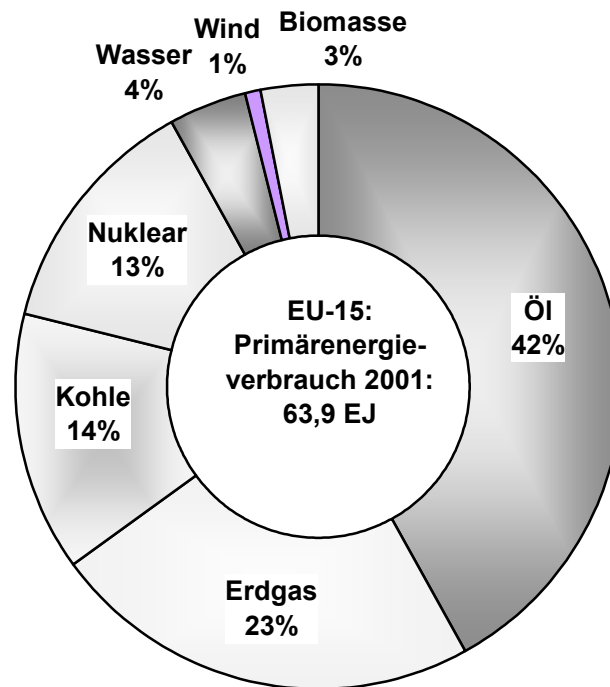


Abb.1: Primärenergieverbrauch in den EU-15 Staaten in 2001 /2/

Zwar werden rund 3% des Primärenergiebedarfs durch Biomasse gedeckt, allerdings handelt es sich hierbei überwiegend um Anwendungen im Bereich der Wärmeerzeugung, vorwiegend in Kleinfeuerungsanlagen. Die Bedeutung von Biomasse außerhalb dieses klassischen Verwendungsbereichs in den Sektoren der Stromerzeugung oder der Treibstoffgewinnung ist dagegen äußerst gering. Da aber gerade in diesen Bereichen zukünftig mit einer Verbrauchssteigerung zu rechnen ist, der Wärmemarkt hingegen stagniert, zielen politische Weichenstellungen auf einen verstärkten Einsatz von Biomasse in den Sektoren Elektrizität und Treibstoff ab.

2.2 Quellen des Bioenergieangebots

Bioenergie lässt sich aus einer Vielzahl verschiedener Ressourcen gewinnen. Dabei sind es insbesondere die Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft, Verarbeitungsrückstände aber auch Abfälle, die als leicht zu nutzende Ressourcen zur Verfügung stehen, Abb.2.

- **Energiepflanzen**
Chinaschilf, Triticale ...
- **Ernterückstände**
Stroh, Waldrestholz ...
- **Organische Nebenprodukte**
Industrierestholz ...
- **Organische Abfälle**
Altholz, Klärschlamm ...



Abb.2: Biomasse-Ressourcen

In Anbetracht des notwendigen Strukturwandels in der Landwirtschaft gewinnen zunehmend Energiepflanzen, d.h. der gezielte Anbau von Bioenergieträgern, an Bedeutung. Die bedeutendste Energiepflanze in Deutschland ist der Raps, der sich in umgewandelter Form als Biodiesel eine interessante Marktposition im Treibstoffsektor erobern konnte. Daneben nimmt europaweit aber auch der Anbau von Holz in Form schnellwachsender Bäume, etwa in Schweden, oder der Anbau spezieller Kulturen, wie Miscanthus, etwa in Großbritannien, zu. Aus diesen sehr unterschiedlichen Quellen lassen sich über mehr oder weniger umfangreiche Umwandschritte feste, flüssige oder gasförmige Bioenergieträger erzeugen, Abb. 3.

Damit unterscheidet die hohe Vielfalt der gewinnbaren Energieträger die Biomasse deutlich von anderen erneuerbaren Energien. Sie bietet damit eine hervorragende Grundlage, dass Bioenergieträger vergleichsweise einfach in das bestehende Energiesystem eingeführt werden können. Allerdings führt diese Vielfalt auch dazu, dass eine Festlegung besonders interessanter, aus ökonomischer und ökologischer Sicht besonders vorteilhafter Nutzungswege schwierig ist.

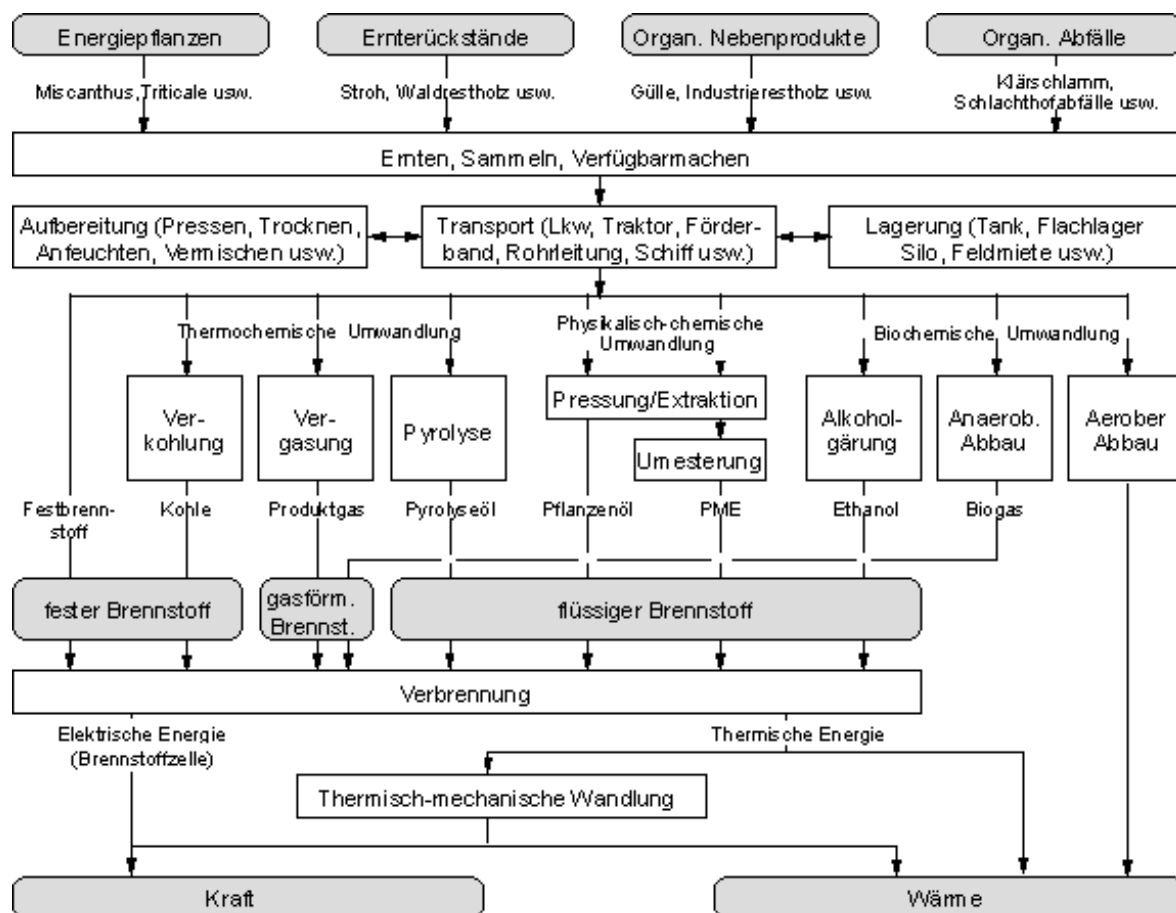


Abb.3: Wandlungsketten von der Biomasse zum Bioenergieträger, nach /3/

Schließlich darf auch nicht vergessen werden, dass Biomasse zwar eine erneuerbare aber nicht unbegrenzt verfügbare Ressource darstellt. Entsprechend bestehen naturgemäß Konkurrenzen zwischen den verschiedenen Nutzungswegen und damit den einzelnen Verwendungsmöglichkeiten.

2.3 Biomasse Potenziale in Europa

Die aufgezeigten vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten von Bioenergie werfen zwangsläufig die Frage nach den verfügbaren Mengen, also den Potenzialen auf. Nachstehend sind für die wichtigsten Biomassequellen die technischen Potenziale auf Ebene der EU zusammengefasst, Tabelle 1.

Biomasse	Verfügbare Masse, ca. t/a	Technisches Potential in PJ/a
HOLZ		
Waldrestholz	25,12	467
Industrierestholz	67,04	1 247
Brennholz	19,36	360
Landschaftspflegematerial	8,28	154
Schwachholz	25,01	465
Altholz	26,67	499
GESAMT HOLZ	171,48	ca. 3 192
STROH und landwirt. Nebenprodukte		
Stroh	53,23	915
Organische Rückstände (Gülle, Verarbeitungsreste)	10,76	183
<i>Gesamt Stroh und landw. Nebenprodukte</i>	<i>63,99</i>	<i>ca. 1 098</i>
Energiepflanzen (10% der Nutzfläche = 7,4 Mio.ha)	52,77	ca. 935
Gesamtes technisches Potenzial EU-15	-	ca. 5 225

Tabelle 1: Technisches Potenzial an Biomasse in der EU, nach /4/

Natürlich verteilt sich die Biomasse nicht gleichmäßig über die einzelnen Mitgliedsstaaten der EU. Natürliche, geographische, wirtschaftliche aber auch demografische Unterschiede führen dazu, dass sich die Potenziale von Land zu Land deutlich unterscheiden, wie Tabelle 2 aufzeigt.

Technisches Potenzial in PJ/a					
EU	–	Holz und	Stroh und landw.	Energiepflanzen	SUMME
Mitgliedsland		Holzreste	Nebenprodukte		
Belgien & Luxemburg		44	13	15	72
Dänemark		21	54	35	110
Deutschland		440	276	171	887
Finnland		579	20	16	615
Frankreich		621	336	295	1 252
Griechenland		50	14	17	81
Irland		23	12	17	52
Italien		191	98	98	387
Niederlande		13	9	17	39
Österreich		150	25	16	191
Portugal		109	7	11	127
Schweden		643	30	28	701
Spanien		228	95	103	426
Großbritannien		80	109	96	285
Summe EU		3 192	1 098	935	5 225

Tabelle 2: Verteilung der Potenziale auf die Einzelstaaten, Datenbasis 2001, nach /4/

Auch hinsichtlich der Frage, in welchem Umfang derzeit schon Bioenergie zur Deckung des Energiebedarfs eines Landes herangezogen werden, bestehen große Unterschiede, wie Abb. 4 darstellt, in der das jeweilige Potenzial an Biomasse der gegenwärtigen Nutzung gegenübergestellt ist. Es zeigt sich, dass neben den skandinavischen Staaten besonders die flächenmäßig großen Länder der EU, Frankreich und Deutschland, hohe technische Potenziale aufweisen, die derzeit nur in geringem Umfang genutzt werden. Im Gegensatz dazu bestehen in den kleineren, dicht besiedelten Mitgliedsstaaten, wie Belgien oder der Niederlande, nur sehr begrenzte Möglichkeiten zum Einsatz von Biomasse.

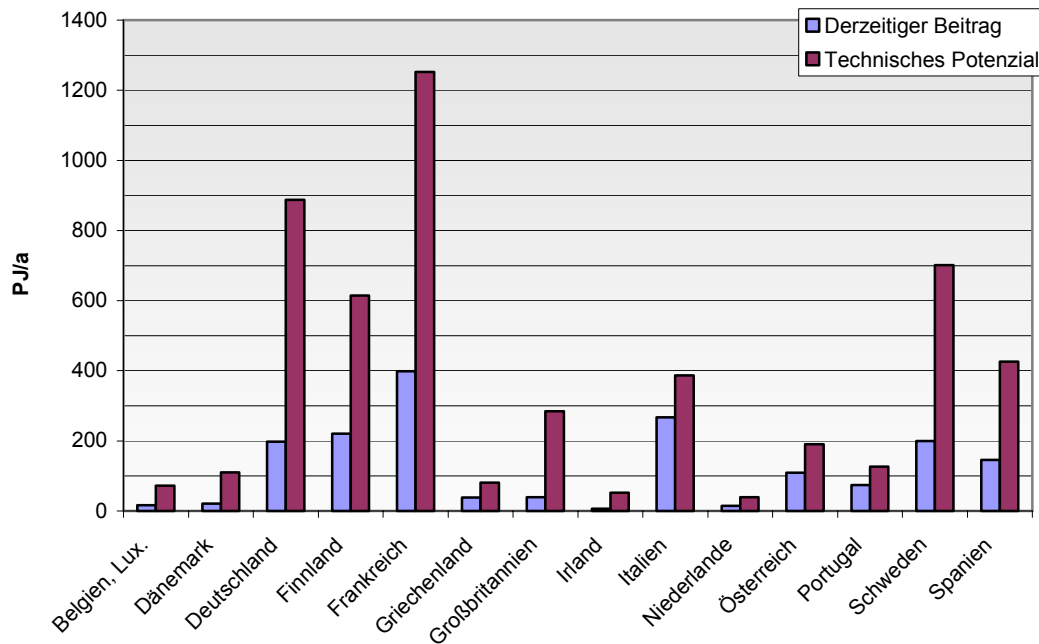


Abb.4: Technisches Potenzial an Biomasse und derzeitige Nutzung, /5/

Insgesamt wird das in Tabelle 2 aufgezeigte gesamte technische Potenzial von ca. 5.225 PJ/a erst zu rund einem Drittel ausgeschöpft. Damit wird ein Ausbau der Bioenergienutzung in Europa primär nicht durch eine Begrenzung der verfügbaren Ressourcen eingeschränkt.

3. Ökologische Bedeutung der Bioenergienutzung

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass Bioenergie in der Tat eine wichtige Rolle im europäischen Energiesystem einnehmen kann. Dies gilt umso mehr, wenn man berücksichtigt, dass im nächsten Jahr weitere Länder in die EU eintreten werden, die zum überwiegenden Teil landwirtschaftlich geprägt sind.

Trotz der unbestrittenen Vorzüge, die Biomasse als Energieträger aufweist, bestehen aber noch eine Reihe von technischen und wirtschaftlichen Problemen bei der Nutzung von Bioenergie. Zusätzlich – und dieser Aspekt soll nachstehend näher diskutiert werden - muss sich Biomasse als umweltfreundliche Energieform auch hinsichtlich der ökologischen Auswirkungen an besonders strengen Maßstäben messen lassen.

Eindeutig ist: treibende Kraft hinter den Bemühungen, Bioenergie gemeinsam mit anderen regenerativen Energien forciert auszubauen, ist der Klimaschutz. Als Vorteil für die Bioenergie wird dabei zu recht die weitgehende CO₂- Neutralität betont und auf den geschlossenen CO₂- Kreislauf hingewiesen, so wie er in Abb. 5 dargestellt ist.

Natürlich ist dieses Modell eines geschlossenen Kreislaufs eng an die Forderung einer nachhaltigen Nutzung der Biomasseressourcen geknüpft, da diese Modell nur solange gilt,

wie die aus der Natur entnommene Menge an Biomasse der jährlich nachwachsenden Menge entspricht.

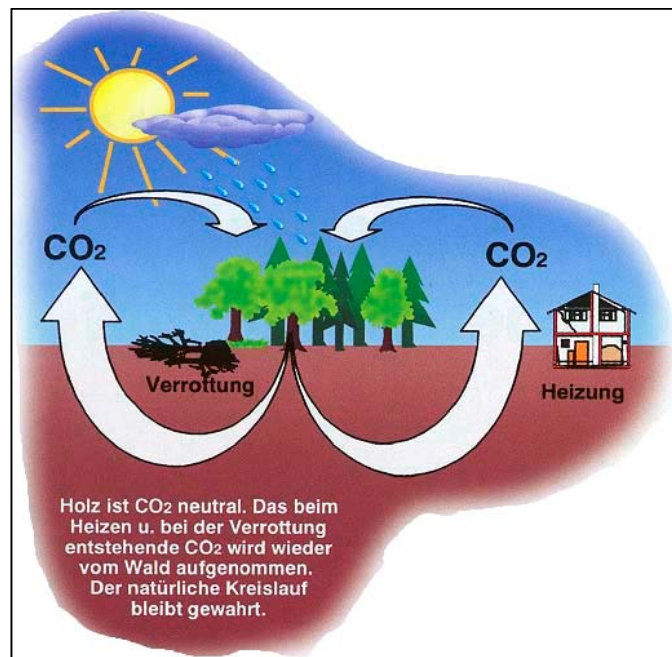


Abb.5: Modell des geschlossenen CO₂-Kreislaufs Quelle: /6/

Neben diesen intensiv diskutierten Vorzügen in Hinblick auf den Klimaschutz bestehen aber weitere Auswirkungen einer verstärkten Bioenergienutzung auf die Umwelt.

Dabei ist nicht nur die eigentliche Nutzung, sondern auch die Bereitstellung, d.h. der Anbau und die Ernte, der Transport, die Lagerung und die Aufbereitung zu betrachten. In diesem Beitrag können nur einige wesentliche Aspekte schlaglichtartig beleuchtet werden, ausführlichere Beschreibungen finden sich u.a. in /3/ .

3.1 Anbau und Ernte

- *Erosion*: Ein nicht unerhebliches Problem ackerbaulich genutzter Flächen besteht in dem stetigen Abtrag von Bodenmassen durch Winderosion in offenen Gebieten oder durch Regenerosion im Gefälle. Ein standortgerechter Anbau von Bioenergieträgern kann durchaus einen wirksamen Beitrag zur Eindämmung derartiger Erosionsprobleme liefern, wenn beispielsweise neue ackerbauliche Konzepte, wie der Anbau von zwei Kulturen auf einer Fläche pro Jahr, genutzt werden. Derartige Zweikulturensysteme erlauben eine sehr hohe Bodenbedeckung über das gesamte Jahr und reduzieren somit die Erosionsgefahr. Auch mehrjährige Kulturen, wie etwa Miscanthus, können – nach einer ersten Wachstumsphase - eine entsprechende Wirkung entfalten.
- *Humusgehalt*: In Zusammenhang mit einem verstärkten Anbau von Energiepflanzen wird die Gefahr diskutiert, dass durch den beständigen Entzug von organischer Substanz die nachhaltige Humusversorgung des Bodens und damit die Bodenfruchtbarkeit gefährdet ist. Eine sorgfältige Auswahl der anzubauenden Pflanzen aber auch eine entsprechende

Reihenfolge der Kulturen in der Fruchtfolge kann dieser Gefahr begegnen. Unsicherheiten über die Humusbilanz bestehen bei schnellwachsenden Baumarten. Grundsätzlich sind hier Untersaaten positiv. Aber auch der Verbleib des Laubs ist in der Regel für den Humuserhalt ausreichend, zumal die energetische Nutzung des Laubs auch aus ökonomischer Sicht wenig empfehlenswert ist.

- *Pflanzenschutzmitteleinsatz*: Da die zur Energiegewinnung dienende Biomasse nicht den hohen Anforderungen hinsichtlich Qualität und Reinheit genügen muss, die an Lebensmittel gestellt werden, lässt sich der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zumindest deutlich reduzieren und an günstigen Standorten sogar vollständig vermeiden. Entsprechend sinkt auch der Eintrag von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer
- *Biodiversität*: Aus Sicht des Naturschutzes werden an die Artenvielfalt von Lebensräumen hohe Anforderungen gestellt, insbesondere dann, wenn sich Umnutzungen, etwa bei der Herausnahme von Flächen aus der Nahrungsmittelproduktion, ergeben. Um diesen Forderungen gerecht zu werden, sollten zunächst an den Standort angepasste Pflanzen ausgewählt werden. Aufgrund der geringeren Qualitätsansprüche besteht zusätzlich die Möglichkeit, über Sorten- und Artenmischungen eine breitere Flora zu etablieren. In Verbindung mit einem reduzierten Einsatz von Pflanzenschutzmitteln bestehen für die so genannte Begleitflora und damit auch für Kleinlebewesen deutlich günstigere Lebensbedingungen.
- *Erhalt der Kulturlandschaft*: Ähnlich wie beim Stichwort Biodiversität werden Befürchtungen geäußert, dass der Anbau von Energiepflanzen, gleich welcher Art, zu einer Verödung der Kulturlandschaft aufgrund der großflächigen Inanspruchnahme („Plantagen“) führt. Da diese Beurteilung stark subjektiv geprägt ist, fällt eine Bewertung des Bioenergieträgeranbaus unter ästhetischen Aspekten sehr schwer. Besonders kritisch sind dabei mehrjährige Kulturen, wie etwa schnellwachsende Baumarten oder Miscanthus, da hier eine „uniforme“ Nutzung über lange Zeiträume erfolgt. Allerdings lässt sich durch eine entsprechende Gestaltung der Anbauflächen der befürchtete „Verarmungseffekt“ deutlich eingrenzen. Auch zeigen Untersuchungen an Versuchsflächen, dass sich gerade in „Energieholzplantagen“ eine sehr vielfältige Flora und Fauna etablieren kann.

3.2 Transport und Lagerung

Um die geerntete Biomasse einer entsprechenden Nutzung zuzuführen, ist, bis auf wenige Ausnahmen (Biogaserzeugung in der Landwirtschaft), zwangsläufig ein Transport zwischen Anfall- und Verwertungsort notwendig. Nachteilig ist, dass Biomasse nur eine vergleichsweise niedrige Energiedichte aufweist und daher die Transportentfernungen nicht zu groß sein sollen, um so die Umweltbilanz nicht zu sehr zu verschlechtern. Üblicherweise werden Transportentfernungen von 50 – 100 km diskutiert, was letztlich auch die Größe der

Konversionsanlagen begrenzt. Allerdings gilt diese Grenze streng genommen nur bei Straßentransporten aufgrund der dann begrenzten Kapazitäten. Ist es möglich, große Mengen an Biomasse zu bewegen, etwa per Schiff oder Bahn, so sind die Transportemissionen auch bei längeren Strecken vergleichsweise unbedeutend. Ferner gibt es natürlich auch die Möglichkeit, Biomasse in der Nähe des Anfallorts aufzubereiten und den aufbereiteten Bioenergieträger mit einem deutlich höheren Energiegehalt zu transportieren. Dies gilt beispielsweise für Treibstoffe aber auch für pelletierte Festbrennstoffe.

Umweltrelevante Aspekte bei der Lagerung betreffen vorrangig die Bildung von gesundheitsgefährdenden Pilzsporen und Mykotoxinen, die bei der Zersetzung von feuchtem, organischem Material gebildet werden. Diese Probleme lassen sich aber durch eine entsprechende Gestaltung der Lagerräume (Belüftung) sowie der eingelagerten Mengen wirksam umgehen. Ähnliches gilt für das Risiko der Selbstentzündung.

3.3 Nutzung

Bei der Nutzung der Bioenergieträger entstehen, je nach Einsatzort und Einsatzart Emissionen. Zwar wird in Zusammenhang mit der Bioenergienutzung die Vorteilhaftigkeit hinsichtlich der CO₂- Bilanz herausgestellt, es darf aber nicht außer acht gelassen werden, dass bei der Verbrennung von Biomasse ein Vielzahl weiterer Emissionen entstehen können. Am Beispiel der Feststoffverbrennung von Biomasse fasst Tabelle 3 die wesentlichen Schadstoffkomponenten zusammen.

Bei der Biogasnutzung kommen Geruchsemissionen aus der Verarbeitung von Gülle und anderen organischen Reststoffen hinzu. Hier gilt es auch, Fragen der Hygienisierung zu berücksichtigen, um eine Ausbreitung von Krankheitserregern bei der Ausbringung des Gärrests zu verhindern. Bei der motorischen Nutzung sind es vorrangig die Emissionen an NO_x und Kohlenwasserstoffen, die z.T. höher ausfallen, als bei fossilen Energieträgern. Auch hier können daher konstruktive Anpassungen oder nachgeschaltete Reinigungsanlagen erforderlich werden.

Letztlich muss eine moderne Biomassenutzung sehr hohe technische Anforderungen hinsichtlich der Vermeidung oder der Reduzierung dieser Emissionsparameter aufweisen, wenn sie ihrem Anspruch an eine umweltverträgliche Energieform gerecht werden will.

Luftschadstoff	Primäre Ursachen	Sekundäre Ursachen
Kohlenmonoxid (CO) bzw. Kohlenwasserstoffe (C _n H _m)	u.a. hohe Feuchtigkeit des Brennstoffs	Unvollständige Verbrennung durch: – Verbrennungsluftmangel – Niedrige Verbrennungstemperatur – Geringe Gasverweilzeit und geringe Gasverwirbelung – Totzonen mit Luftmangel Häufiger Lastwechsel
Stickoxide (NO _x)	Stickstoffgehalt im Brennstoff	– Oxidation von Luftsauerstoff
Schwefeldioxid (SO ₂)	Schwefelgehalt im Brennstoff	– bei Biomasse unbedeutend
Staub	Aschegehalt im Brennstoff, Verschmutzung, Feuchtigkeit	– Unvollständige Verbrennung (organische Partikel und Ruß) – Hohe Luftgeschwindigkeit (pneumatische Aufwirbelung) – Bewegliche Brennraumteile (mechanische Aufwirbelung) – Ungenügende mechanische Abscheidung
HCl	Chlorgehalt im Brennstoff	
Dioxine und Furane	Chlor- und Fluorgehalt im Brennstoff	
N ₂ O	Stickstoffgehalt im Brennstoff	– Hohe Luftüberschusszahl λ – Flugaschenzirkulation

Tabelle 4: Primäre und sekundäre Ursachen der Luftschadstoffentstehung , nach /3/

4. Zusammenfassung

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass Biomasse eine noch weitgehend unterschätzte Energieressource ist. Die vielfältigen Quellen und Nutzungsformen von Biomasse lassen den Einsatz von Bioenergieträgern in vielen Teilbereichen unseres energiewirtschaftlichen Systems aussichtsreich erscheinen. Große, ungenutzte Potenziale, die nicht nur auf der Ebene der derzeitigen EU, sondern auch weltweit existieren, lassen die Umsetzung des in politischen Programmen formulierten beschleunigten Ausbaus der Bioenergienutzung vielversprechend erscheinen. Zwar bestehen bei vielen Nutzungsformen noch erhebliche technische oder wirtschaftliche Hürden, doch gibt es schon derzeit Einsatzgebiete für Bioenergie im Bereich der Wärme- und Stromerzeugung sowie der Treibstoffgewinnung, die sowohl aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht Vorteile gegenüber den fossilen Nutzungsvarianten aufweisen.

Eine Betrachtung aus ökologischer Sicht macht zudem deutlich, dass alle Möglichkeiten der Biomassenutzung zur Entlastung der Umwelt beitragen können. Entsprechende Nutzungskonzepte, etwa der Zweikulturenanbau, wurden entwickelt und sind bzw. werden erprobt.

Wichtig erscheint aber ein stärkerer Transfer von Wissen, Informationen und Technologie, um die bestehenden Hürden für einen Markteintritt zu verringern und neue Märkte in solchen Ländern zu erschließen, die aufgrund ihrer landwirtschaftlich geprägten Struktur deutlich günstigere Ausgangsbedingungen für einen Anbau von Biomasse aufweisen. Regionale Zusammenschlüsse, etwa in der Region Süd-Ost-Niedersachsen, aber auch überregionale Einrichtungen, wie die technische Universität Braunschweig und das an ihr angesiedelte Kompetenzzentrum internationaler Transfer- Umwelt und Infrastruktur -(KiTU) können dazu beitragen, diese Transferleistungen zu erbringen und damit zum beschleunigten Ausbau der Bioenergienutzung beitragen.

5. Literatur

- /1/ EU-Kommission: Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010 – Weichenstellungen für die Zukunft“, Brüssel, September 2001
- /2/ EU (Ed.): 2001 – Annual Energy Review; European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, Bruxelles, 2002
- /3/ H. Hartmann M. Kaltschmitt (Hrsg.) Biomasse als erneuerbarer Energieträger – Eine technische ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Bd. 3, Landwirtschaftsverlag Münster, 2002
- /4/ D. Falkenberg, M. Kaltschmitt, J. Witt: Feste Bioenergeträger in Europa, Institut für Energetik u. Umwelt gGmbH, Leipzig, 2003
- /5/ J. Fischer: Dissemination of wood-based bioenergy projects in the European Union and in Germany: Potentials, Constraints, Instruments, GEA Conference for Sustainable development, Tokyo, 24.-26.10.2003
- /6/ Biomasse Info-Zentrum :Informationsbroschüre “Holzpellets“, Stuttgart, 2001