



Die Bedeutung der Biomasse für ein Versorgungskonzept mit regenerativen Energien

K. Scheffer
Universität Gh Kassel, FB 11, Institut für Nutzpflanzenkunde
Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen
Tel.: (05542) 98-1545, Fax: (05542) 98-1230
e-mail: scheffer@wiz.uni-kassel.de

1 Einleitung

Energieversorgung aus ausschließlich regenerativen Quellen kann nur im Zusammenspiel von Wind-, Wasser-, Solar- und Biomasse-Energie erfolgen. Viele Szenarien einer Energiewende unterschätzen dabei die besondere Bedeutung der Biomasse.

Biomasse ist fast unerschöpflich, sie steht schon jetzt zu konkurrenzfähigen Preisen zur Verfügung, ist dauerhaft lagerfähig und daher jederzeit verfügbar und kann in alle Energieformen umgewandelt werden.

2 Bedeutung der Biomasse als Energiequelle, Potentiale

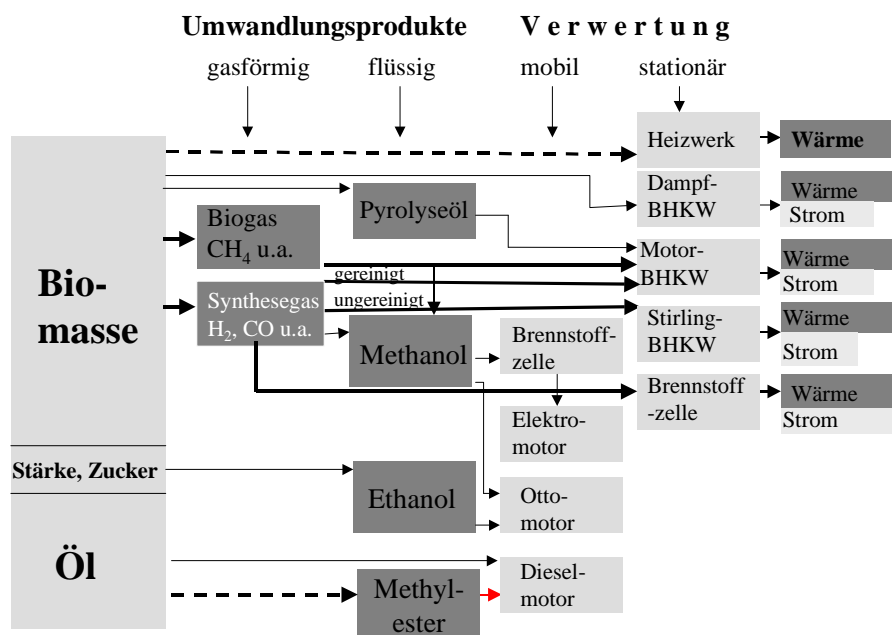
Die Substitution fossiler Energieträger durch regenerative Energiequellen wird hauptsächlich durch Biomasse erfolgen (Lehmann, 1998, Vahrenholt, 1999) Während mit Photovoltaik, Wind- und Wasserkraft nur Strom mit mehr oder weniger großen Angebotschwankungen produziert werden kann, steht diese Quelle speicherfähiger Sonnenenergie für alle Bereiche des Energiemarktes ohne Angebotschwankungen entweder originär oder nach biologischen, chemischen oder physikalischen Umwandlungen als Gas oder Flüssigkeit zur Verfügung.

Abb. 1 gibt einen Überblick über technische Möglichkeiten der Konversion und Verwertung von Biomasse. Ein Blick auf die Anteile einzelner Energieformen am Endenergieverbrauch in Deutschland macht deutlich, dass eine klima- und ressourcenwirksame Substitution fossiler Energie hauptsächlich im Wärme- und Treibstoffbereich erfolgen muss, weil der Anteil des Stroms am Endenergieverbrauch nur 17 % beträgt. Abb. 2 gibt den Anteil der einzelnen Energieformen am Gesamt-Endenergieverbrauch in Deutschland wider. Die Pfeile veranschaulichen die mehr oder weniger großen Angebots-



schwankungen. Auch die zukünftig bedeutsame Wasserstoff-Technologie (stationärer und mobiler Einsatz von Brennstoffzellen) wird aus Kostengründen auf Biomasse und

Wege der energetischen Nutzung von Biomasse



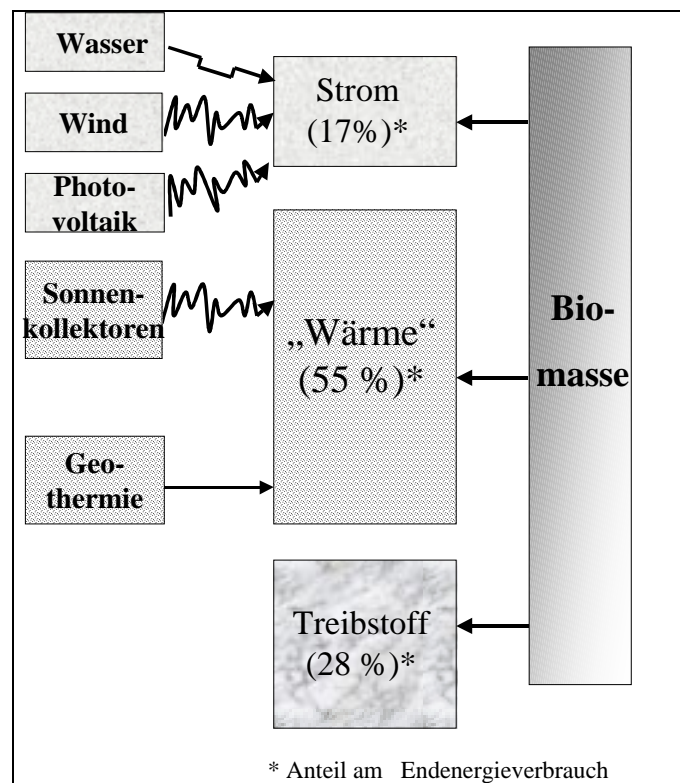
weniger auf elektrolytischer Wasserspaltung basieren.

Abb. 1: Möglichkeiten der Umwandlung u. Verwertung von Biomasse als Energieträger

Der weltweite jährliche Zuwachs an Biomasse mit der in ihr gespeicherten Energie übertrifft das Mehrfache des Weltenergieverbrauchs. Der Energiewert der Nahrung für die Weltbevölkerung beträgt von dieser Gesamtbiomasse jedoch nur ca. 1%. In Deutschland steht nach unseren Schätzungen ein nutzbares Potential an Biomasse von 2.343 PJ zur Verfügung. Das entspricht 16 % des Primärenergie- bzw. 24% des Endenergiebedarfs. In Tab. 1 ist der derzeitige Energieverbrauch in Deutschland aufgezeigt. Die Differenz zwischen Primär- und Endenergieverbrauch beruht hauptsächlich auf den Wärmeverlusten bei der Stromproduktion. Da der größte Teil der Biomasse für die Wärme- und Treibstoffproduktion verwendet und Strom aus Biomasse durch verlustarme Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden wird, sollte das Substitutionspotential der Biomasse eher auf den Endenergieverbrauch bezogen werden. Neben den Wärme-



verlusten bei der Stromproduktion resultiert die Differenz zwischen Primär- und Endenergie zu 20 % aus dem stofflichen Verbrauch fossiler Energieträger. Viele Roh- und Wertstoffe werden zukünftig aus der Vielfalt der Pflanzenarten hergestellt. Die Differenz verringert sich weiter, wenn diese nach Ende ihrer Funktion nicht kompostiert, sondern



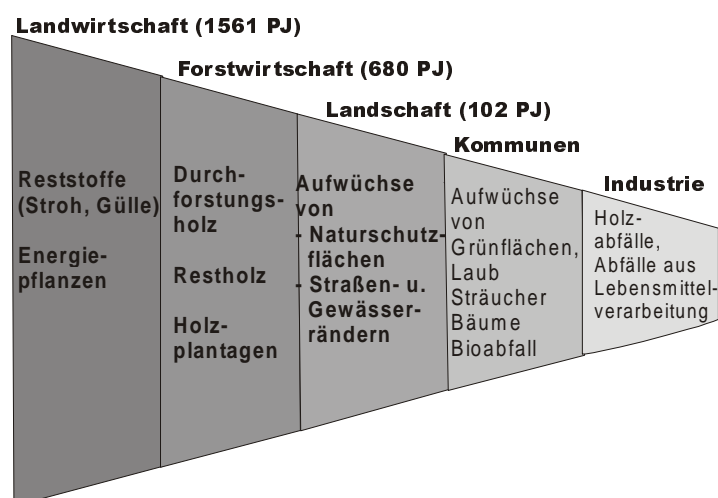
energetisch genutzt werden (vgl. Abb. 2).

Abb. 2: Schema der energetischen und stofflichen Nutzung einer Vielfalt von Pflanzenarten

**Tab. 1: Energieverbrauch in Deutschland 1996**

Primärenergieverbrauch in Deutschland	14.768 PJ
Endenergieverbrauch	9.628 PJ
Differenz aus Primär- und Endenergieverbrauch: 5.140 PJ	
davon Wärmeverlust bei Stromproduktion	3.200 PJ
nicht energet. Verbrauch (techn. Produkte)	950 PJ

Abb. 3 gibt eine Übersicht über die Biomasseherkünfte. Den größten Anteil kann mit 1.561 PJ die Landwirtschaft bereitstellen, während aus der Forstwirtschaft bei intensiver Nutzung der Wälder 680 PJ, aus Landschaft und Kommunen 102 PJ zur Verfügung stehen könnten. Zusätzlich können organische Abfälle aus der Industrie energetisch genutzt werden.

**Abb. 3: Aufkommen von Biomasse aus verschiedenen Produktionsbereichen und verfügbares Energiepotential (PJ)**



3 Bereitstellung der Biomasse

Im Ressourcen- und Klimaschutz liegen allgemein anerkannte Umweltwirkungen der energetischen und stofflichen Biomassenutzung. Zusätzlich bieten jedoch diese Nutzungsformen große Chancen einer Entlastung natürlicher und bewirtschafteter Biotope durch ökologisch orientierte Landnutzungsformen. Diese liegen in:

- Schutz bzw. Erhöhung von Pflanzen- und Tierartenvielfalt,
- Verhinderung einer Eutrophierung schutzwürdiger Biotope,
- Erhaltung genetischer Ressourcen,
- Verhinderung von Bodenerosion,
- Vermeidung von Nährstoff- und Pestizideinträgen in das Grundwasser,
- Verringerung der Emissionen an Klima, Boden und Gewässer belastenden Gasen.

Die geforderten ökologischen Landnutzungsformen müssen zusätzlich eine hohe Effizienz in der Flächenproduktivität (hohe Erträge bei niedrigem Energieaufwand) haben, um zusätzlich zur Deckung des Nahrungs- und Futterbedarfs noch Energie- und Wertstoffe bereitstellen zu können. Dazu ist auch, wie Jahrhunderte zuvor, eine intensivere, aber nachhaltige Nutzung der Wälder notwendig.

Unsere Nutzungskonzepte erstrecken sich auf landwirtschaftliche Nutzflächen, Naturschutzflächen, Wege- und Gewässerränder sowie kommunale Grünflächen. Voraussetzung für die Umsetzung o.g. Ziele ist die Ernte, Lagerung und Brennstoffaufbereitung von feuchter Biomasse (Scheffer, 1998; Stülpnagel, 1998).

3.1 Lagerung und Aufarbeitung

Die Grenze zwischen trockenen und feuchten Biomassen, die als Energieträger Verwendung finden sollen, ist ein Wassergehalt von 15 %. Biomassen mit einem Wassergehalt von 15%, der sich zur Ernte eingestellt hat oder durch Trocknung auf dem Feld herbeigeführt wurde, sind lagerstabil. Steigt der Wassergehalt über 15% und ist eine Trocknung nicht möglich, verrotten diese Biomassen unter Substanzverlust, Geruchsbildung, Gefahr der Selbstentzündung und Schadgasemissionen. Konservierungsverfahren, wie sie in der Lebensmitteltechnologie angewandt werden, sind zu teuer. Gegenwärtig können nur mit Hilfe von Milchsäurebakterien unter anaeroben Bedingungen, also in Form der in der Landwirtschaft zur Futterkonservierung praktizierten Silagebereitung, feuchte Biomassen in großen Mengen konserviert werden. Anaerobe Verhältnisse setzen hohe Verdichtung voraus. Daher muss das Material stark zerkleinert und ausreichend feucht (>50% Wassergehalt) sein. Nahezu alle nicht holzartigen Pflanzenarten sind auf diese Weise konservierbar.



Einerseits fordern wir eine ökologisch verträgliche Produktion der Biomasse, andererseits müssen sich Chancen für Landwirte eröffnen, in dezentralen Anlagen selbst Energie zu produzieren, damit über zusätzliche Wertschöpfung bäuerliche Existenzen gesichert werden können. Der Landwirt wird zum Energiewirt (vgl. Graß u. Scheffer, 2000). Die in Abb. 4 aufgezeigten Nutzungsmöglichkeiten von Feuchtbio- masse stellen eine solche Chance dar.

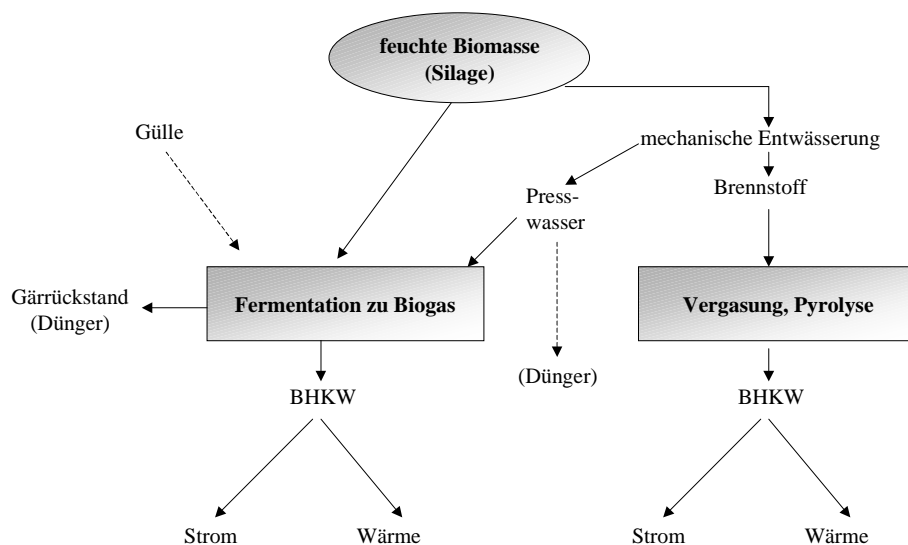


Abb. 4: Zwei Nutzungswege für feuchtkonservierte Biomasse mit der Möglichkeit ihrer Kombination (veinfachte Darstellung)

Den einfachsten, technisch erprobten Weg stellt die Fermentation zu Biogas dar. Dabei können auch die auf dem Bauernhof anfallenden tierischen Exkremente (Gülle) mitgenutzt werden. Der Nachteil der Fermentation von Biomasse besteht in der geringeren Energieausbeute und dem zusätzlichen Wärmebedarf für die Beheizung des Fermenters.

Zukünftig werden die Techniken der Vergasung oder Pyrolyse bedeutsamer, weil hiermit eine um ca. 30 % höhere Energieausbeute zu erzielen ist. Die Aufbereitung des Siliergutes zu Brennstoff für Vergasung und Pyrolyse erfolgt durch Entwässerung mit einer Schneckenpresse auf einen Trockensubstanzgehalt von 60 %, und ist damit vergleichbar mit Holzhackschnitzeln und Braunkohle. Als Vergasungsprozess würde sich die allotherme Vergasung (externe Energiezufuhr) am besten eignen, weil hierzu feuchte Biomasse benötigt wird. Wir hoffen, daß in wenigen Jahren Anlagengrößen mit elektrischen Leistungen von <300 kW zur Verfügung stehen. Wie aus Abb. 1 ersichtlich,



kann das Synthesegas - von Teerstoffen befreit - ein Motor-BHKW oder ungereinigt einen Stirlingmotor antreiben.

Durch den Entwässerungsvorgang erfolgt eine erhebliche qualitative Aufwertung des Brennstoffes, denn mit dem Wasser werden dem Brennstoff auch in ihm gelöste Mineralstoffe entzogen. Bis zu 50 % des in den Pflanzen enthaltenen Stickstoffs und 40 bis 80 % der übrigen Mineralstoffe werden aus dem Brennstoff entfernt. Damit vermindern sich u.a. durch Stickstoff bedingte NO_x-Emissionen und durch Chlorid und Kalium hervorgerufene Korrosionsschäden (Heinz et al., 1999). Versuche zur Verbrennung und Vergasung von entwässerter Maissilage in größeren Anlagen haben sehr gute Emissionswerte ergeben (Scheffer et al., 1996). Mit der Silierung sind 7 % und der Entwässerung 12 % Substanzverluste verbunden. Substanzverluste bei der Entwässerung bestehen aus sedimentierbaren festen und aus löslichen Bestandteilen, wie Mineralstoffen, Milchsäure und anderen organischen Säuren. Bei Zufuhr des Presswassers in eine Biogasanlage können die organischen Bestandteile voll genutzt werden (vgl. Abb. 4).

3.2 Feuchtbiomasse vom Acker

Das neue Anbausystem beruht auf der Ernte von möglichst zwei Kulturen pro Jahr. Eine Zweifachnutzung wird möglich, da die Ausreife der Erstkulturen nicht abgewartet und somit Vegetationszeit für den Anbau einer Zweitkultur gewonnen wird. Die Zweitkultur wird nach der Ernte der Erstkultur ohne Bodenbearbeitung zwischen die Stoppeln gesät. Die Stoppeln der Vorfrucht bieten einen idealen Schutz vor Bodenerosion.

Beispiele für überwinternde Kulturen sind die heimischen Getreidearten, des weiteren Raps und Rüben, Futterpflanzen und Stickstoff fixierende Winterleguminosen. Als Folgekulturen können die hoch produktiven Pflanzen Mais und Hirse sowie Sonnenblumen, Hanf, Ölerrettich, Gräser angebaut werden (vgl. Abb. 5).

Artenvielfalt und Nutzung pflanzengenetischer Ressourcen sind in beliebiger Vielfalt möglich. Da Reifetermine nicht abgewartet werden müssen, kann fast jede Form von Sorten- und Artenmischungen gewählt werden. An die Pflanzenarten werden keine besonderen Qualitätsansprüche gestellt. Damit erweitert sich das Spektrum der nutzbaren Herkünfte bis hin zur Nutzung vieler sonst nur in Genbanken aufgehobener pflanzengenetischer Ressourcen. Wie unsere Versuche mit Gerste (v. Buttlar, 1996) gezeigt haben, können alte Sorten einen höheren Gesamtertrag als moderne Sorten bringen. Ackerwildpflanzen (Unkräuter) sind für Kulturpflanzen nicht nur Konkurrenten um Standort, Wasser und Nährstoffe sowie Wirtspflanzen und Zwischenwirte für Krankheiten und Schädlinge, sondern auch mit ihren Blüten und Blättern Nahrungsgrundlage für viele Nützlinge eines Agrarökosystems. Sie sind somit Teil der Artenvielfalt, die ange-



strebt wird. Bei dem Zweikulturnutzungssystem und der thermischen (und stofflichen) Verwertung der Biomasseaufwüchse können im Gegensatz zu anderen Anbauverfahren und Verwertungsrichtungen die Ackerwildpflanzen weitgehend toleriert werden, weil diese Pflanzenarten einen Teil des Gesamtertrages ausmachen. Neben Herbiziden scheidet auch die Anwendung von Fungiziden und Insektiziden aus, weil bei früher Ernte Schaderreger wenig Ertragsverluste hervorrufen (Karpenstein-Machan, 1997).

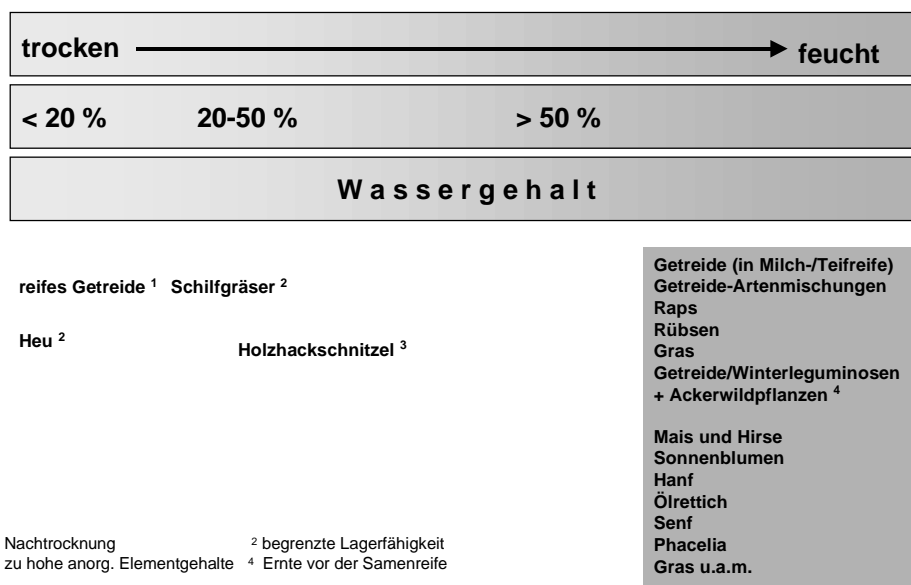


Abb. 5: Abhängigkeit der nutzbaren Pflanzenvielfalt vom Wassergehalt zum Zeitpunkt der Ernte

Die jährlichen Erträge an Trockenmasse liegen bei ausreichenden Niederschlägen und guter Bodenqualität um mindestens 50 % höher als bei konventionellem Anbau von Energiepflanzen wie Triticale. Die von uns erzielten Erträge von 18 bis 25 t TM/ha entsprechen einem Heizöläquivalent von ca. 8.000 bis 11.000 Liter/ha.

3.3 Energetische Pflanzennutzung als Naturschutzmaßnahme

Teils mit kleineren, teils mit größeren Fragmenten ist die gegenwärtige Agrar- und Forstlandschaft von naturnahen Landschaftselementen durchsetzt. Obwohl ihr Flächenanteil relativ gering ist, leben in diesen Gebieten die Mehrzahl der schutzwürdigen Pflanzen- und Tierarten (Stülpnagel, 1998). Nicht der Verbleib der auf diesen Flächen aufgewachsenen Biomassen, sondern ihre Abfuhr und Nutzung zu einem die Fauna



nicht schädigenden Termin sind Grundlage für die Stabilität dieser artenreichen Kulturlandschaft. Der Eintrag von atmosphärischem Stickstoff über den Regen und die zusätzliche Fixierung von Stickstoff durch Leguminosen führt sonst zu einer Eutrophierung der Flächen und damit verbundenen zu einer Verarmung an Artenvielfalt.

In vergleichbarem Umfang fallen Biomassen an Straßen-, Weg- bzw. Ackerrändern sowie an See-, Fluss- und Bachufern an. Auch hier findet in hohem Maße eine Eutrophierung statt, weil die Aufwüchse entweder stehenbleiben, oder gemäht und liegen gelassen werden. Besonders an Straßenrändern ist neben der sichtbaren Artenverarmung auch mit einer Grundwasserbelastung mit Nitrat-Stickstoff zu rechnen, weil zusätzlich das auf die Straßen fallende nährstoffhaltige Regenwasser durch den Autoverkehr auf die Ränder gespritzt wird.

Allen Biomasseaufwüchsen aus den beschriebenen Landschaftselementen ist, soweit sie nicht holzartigen Ursprungs sind, gemeinsam, dass sie sehr hohe Gehalte an brenntechnisch störenden Mineralstoffen wie Chloriden, Stickstoff und Kalium enthalten. Bei ihrer Bergung als Heu würden diese im Brennstoff verbleiben, bei Silierung und mechanischer Entwässerung werden sie im Gehalt deutlich reduziert. Darüber hinaus ist Heubereitung an Weg- und Gewässerrändern technisch nicht möglich und auf Naturschutzflächen mit hohem, den Boden belastendem Fahrverkehr durch Mähen, Wenden und Abfahren des Aufwuchses verbunden. Das einmalige Befahren zur Bergung der Grünmasse ist von der Witterung unabhängig und jederzeit dann möglich, wenn die Samen der Pflanzen gereift sind und die Vermehrung der Tiere im Schutz der Vegetation erfolgt ist.

Auf Grund gesetzlicher Vorschriften kommt für die Entsorgung von Abfallbiomasse neben der Verbrennung hauptsächlich nur die Kompostierung in Frage. Diese ist jedoch mit hohen Kosten, Geruchs- und Schadgasemissionen und Absatzschwierigkeiten des Kompostes verbunden. Daher sollte auch die Verwertung kommunaler Abfallbiomassen auf thermischem Wege erfolgen.

4 Literatur

Buttlar, v., Chr. (1996): Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen über den Weg der energetischen Nutzung von Ganzpflanzen – am Beispiel der Wintergerste. Diss. Kassel/Witzenhausen, 193 S.

Graß, R. u. K. Scheffer: Der Landwirt als Energiewirt. II. Internationale Eurosolar-Konferenz im Rahmen der Grünen Woche Berlin. Konferenzband. Eurosolar-Verlag Bonn



Heinz, A., R. Stülpnagel, M. Kaltschmitt, K. Scheffer & D. Jezierska (1999): Feucht- und Trockengutlinien zur Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen - Vergleich anhand von Energie- und Emissionsbilanzen sowie anhand der Kosten. Hrsg.: Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER). Forschungsbericht. Band 63- ISSN 0938-1228

Karpenstein-Machan, M. (1997): Perspektiven eines pestizidfreien Anbaus von Energiepflanzen zur thermischen Verwertung im System der Zweikulturnutzung. Konzepte für den Energiepflanzenbau, DLG-Verlag Frankfurt, 183 S.

Lehmann, H. (1998): Ein solares Energieversorgungskonzept für Europa. Forschungsverbund Sonnenenergie, „Themen 98/99“, S. 12-18

Rinke, G. (1999): Verminderung von Ammoniakemissionen aus Gülle durch die Zumischung von mchssäurehaltigem Restwasser aus der mechanischen Entwässerung feuchtkonservierter Biomasse als regenerativer Energieträger. Diss. Kassel/Witzenhausen, 183 S.

Scheffer, K., Stülpnagel, R., Geilen, U. u. Oefelein, T. (1996): Einfluß von Aufbereitung und Lagerung auf die Brennstoffeigenschaften feuchter Biomassen. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe, Bd. 6, Landwirtschaftsverlag Münster, S. 89-107

Scheffer, K. (1998): Ein produktives, umweltfreundliches Ackernutzungskonzept zur Bereitstellung von Energie und Wertstoffen aus der Vielfalt der Kulturpflanzen – Ansätze für neue Wege. Beitr. der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. 27, S. 65-80

Stülpnagel, R. (1998): Förderung der Artenvielfalt und Verbesserung der Brennstoffqualität durch die thermische Nutzung von feucht-konservierten Aufwüchsen aus Naturschutz und Grünflächen. Beitr. der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg, Bd. 27, S. 93-116

Vahrenholt, F. (1999): Globale Marktpotentiale für erneuerbare Energien. Deutsche Shell AG, 15 S.