

Chr. Rösch
D. Wintzer
L. Leible
E. Nieke

Juli 1996

TAB

Monitoring "Nachwachsende Rohstoffe"

Verbrennung von Biomasse
zur Wärme- und Stromgewinnung

Erster Sachstandsbericht

Das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) berät das Parlament und seine Ausschüsse in Fragen des gesellschaftlich-technischen Wandels. Das TAB ist eine organisatorische Einheit des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK) und arbeitet seit 1990 auf der Grundlage eines Vertrages zwischen dem FZK und dem Deutschen Bundestag.

Inhalt

Vorwort	3
Zusammenfassung	5
I. Einleitung	9
1. Aufgabenstellung	9
2. Vorgehensweise	10
3. Definition von Biomasse	11
II. Stand und Potential der Energiegewinnung aus Biomasse	13
1. Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe.....	14
1.1 Halmgutartige landwirtschaftliche Reststoffe und Landschafts- pflegeheu	14
1.2 Holzartige Reststoffe.....	16
2. Energiepflanzenanbau	19
3. Biomassepotential	20
III. Bereitstellung von Biomasseenergieträgern	23
1. Agrarpolitische Rahmenbedingungen.....	24
2. Kosten.....	25
2.1 Preisentwicklungen bei den Produktionsfaktoren	25
2.2 Technische Entwicklungen.....	26
2.3 Kosten der Biomassebereitstellung.....	27
3. Umweltaspekte der Biomassebereitstellung.....	29
IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen	33
1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen.....	33
2. Anlagenbestand und Stand der Technik.....	35

Inhalt

2.1 Anlagenbestand.....	35
2.2 Stand der Technik.....	39
3. Umweltaspekte der Biomasseverbrennung	45
V. Fördermaßnahmen	49
1. Förderprogramme.....	50
1.1 Förderung durch die Europäische Union	50
1.2 Förderung auf Bundesebene.....	52
1.3 Förderung auf Länderebene.....	55
2. Gesetzliche Maßnahmen.....	58
2.1 Flächenstillegungsprämie.....	59
2.2 Stromeinspeisungsgesetz.....	61
VI. Biomasseinsatz in anderen europäischen Staaten	65
1. Österreich.....	66
2. Dänemark.....	69
VII. Erfahrungen aus bisherigen Fördermaßnahmen.....	73
1. Windenergieförderung.....	73
2. Förderung der Energiegewinnung aus Biomasse.....	76
VIII. Schlußfolgerungen.....	79
Literatur	91
Anhang.....	97
1. Begriffe und Abkürzungen	97
2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte	99

Vorwort

Im Rahmen des Arbeitsprogramms des TAB kommt dem Arbeitsbereich **Monitoring** besondere Bedeutung zu. Seine Zielsetzung besteht in

- der Beobachtung wichtiger wissenschaftlich-technischer Trends und damit zusammenhängender gesellschaftlicher Entwicklungen und
- der Verfolgung und Auswertung wichtiger TA-Projekte innerhalb und außerhalb der Bundesrepublik Deutschland.

Angestrebt wird u.a. die frühzeitige Unterrichtung des Ausschusses für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung über potentiell bedeutsame TA-Themen und ihre parlamentarische Relevanz. Im Zeitraum 1996/97 werden im Arbeitsfeld Monitoring vor allem vertiefende Untersuchungen zu einzelnen Technikfeldern und Analysen zu gesellschaftlichen Problemfeldern mit technologiepolitischen Implikationen durchgeführt. Dazu gehören Themen wie Technikakzeptanz und Kontroversen über Technik, Exportchancen von Technologien zur Nutzung regenerativer Energieträger, Stand und Perspektiven der Katalysatoren- und Enzymtechnologie, Gentherapie.

Das Monitoring-Vorhaben "Nachwachsende Rohstoffe" wurde auf Beschluß der Berichterstatterinnen und Berichterstatter für Technikfolgen-Abschätzung des Ausschusses für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung im November 1995 begonnen. Der erste hiermit vorgelegte Sachstandsbericht behandelt die Verbrennung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung; weitere Sachstandsberichte sind vorgesehen.



Zusammenfassung

Die energetische Nutzung von Biomasse als erneuerbare Energieträger weist in Deutschland ein mittel- bis langfristiges Potential von ca. **6-13% bezogen auf den Primärenergieverbrauch** auf. Dieser technisch mögliche Beitrag der Biomasse zur Energiegewinnung wird gegenwärtig bei den land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen nur zu einem Bruchteil (rd. 1%) ausgeschöpft. Der gezielte Anbau biogener Festbrennstoffe ist trotz der Förderung durch die Stillungsprämie mit derzeit rd. 340 ha vernachlässigbar gering.

Wichtigster Grund hierfür ist die **geringe Wirtschaftlichkeit** der Wärme- und Stromgewinnung aus holzigen und halmgutartigen Energiepflanzen. Unter den gegenwärtigen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen kann diese nur in besonders günstigen Fällen mit den fossilen Energieträgern konkurrieren. Der Investitionsbedarf zur Errichtung der Anlagen, die mit biogenen Festbrennstoffen betrieben werden, ist im Vergleich zu heizöl- und erdgasbefeuerten Anlagen deutlich höher. Im Vergleich zu Kohle sind die erforderlichen Investitionen zwar nicht entscheidend höher, die Preise für Biobrennstoffe liegen jedoch deutlich höher als die für Importkohle oder Braunkohle.

Die **Bereitstellungskosten** für Biomasseenergieträger lassen sich in absehbarer Zeit durch züchterische, anbau- oder erntetechnische Maßnahmen nicht soweit verringern, daß die Wirtschaftlichkeit der Verbrennung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung entscheidend verbessert werden kann. Kostendegressionseffekte im Anlagenbau lassen sich erst dann erschließen, wenn eine größere Anzahl an Biomasseverbrennungsanlagen realisiert wird und Serienanfertigungen möglich sind.

Eine verstärkte energetische Nutzung von Biomasse anstelle von fossilen Energieträgern könnte einen nennenswerten Beitrag zur **Verringerung der CO₂-Emissionen** leisten. Das Verhältnis zwischen dem Subventionsbedarf und den erzielten CO₂-Entlastungen ist gemessen an anderen erneuerbaren Energieträgern relativ günstig. Die CO₂-Minderungskosten durch eine energetische Nutzung von Biomasse sind im Vergleich zur Stromerzeugung aus Wasserkraft sowie aus Windkraftwerken an besonders geeigneten Standorten etwas höher. Im Vergleich zur Energiegewinnung an weniger windbegünstigten Standorten (3-5 m/s) und bei solarthermischen und photovoltaischen Anlagen sind sie dagegen etwas niedriger.

Schwerwiegende Umweltnachteile durch einen gezielten Anbau von Energiepflanzen sind nicht zu erwarten. Im Gegensatz zu den Nahrungs- und Futtermitteln ist das Produktionsziel bei den biogenen Festbrennstoffen kein hoher Eiweiß- und Ölgehalt, sondern ein hoher Anteil an Lignocellulose. Dafür geeignete Energiepflanzen dürften deshalb mit einer geringeren Intensität angebaut werden als Nahrungs- und Futtermittelpflanzen. Aus verbrennungstechnischer und emissionsseitiger Sicht sind Biomasseenergieträger mit geringen Stickstoff-, Kalium- und Chlorgehalten vorteilhaft. Ins Gewicht fallende Umweltbelastungen durch Schadstoffemissionen sind bei der Energieumwandlung in modernen, gut geführten Biobrennstoffanlagen nicht zu erwarten.

Das erreichte Niveau und die Ausbaugeschwindigkeit der **Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse** in Deutschland sind gegenwärtig **unbefriedigend**

- im Vergleich zum Biomasseeinsatz in anderen europäischen Ländern, wie z.B. in Dänemark oder in Österreich,
- gemessen an dem mittel- bis langfristig erreichbaren Biomasseeinsatzpotential und den möglichen Beiträgen zur CO₂-Minderung in Deutschland,
- angesichts des relativ günstigen Verhältnisses zwischen dem erforderlichen Subventionsbedarf und der erzielten CO₂-Entlastung und
- im Hinblick auf den wachsenden Technologievorsprung einiger Nachbarländer und die sinkenden Wettbewerbschancen der deutschen Industrie bei der Vergabe inländischer Aufträge sowie auch beim Export von Biomasseverbrennungsanlagen.

Die wesentlichen **Gründe** dafür sind

- die energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen,
- die teilweise verbesserungsbedürftige Ausgestaltung bestehender Förderungen und der insgesamt zu geringe Umfang an finanziellen Fördermaßnahmen,
- die noch vorhandenen Lücken bei der Forschung, Entwicklung und Demonstration der energetischen Nutzung von Biomasse sowie
- die aufkommende Resignation bei verschiedenen Projektinitiativen und Anlagenherstellern.

Eine nennenswerte Veränderung der beschriebenen Situation könnte durch ein vernetztes Konzept von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsaktivitäten sowie die Schaffung eines bundesweit ausgelegten **Marktanreizprogramms** erreicht werden, durch das mehr als nur einige wenige Pilot- oder De-

Zusammenfassung

monstrationsanlagen zur Wärme- und Stromgewinnung aus Biomasse realisierbar wären. Bis 2005 könnten so durch entsprechende Fördermaßnahmen **3.000 bis 6.000 MW Brennstoffleistung** installiert werden. Die Finanzmittel für ein - hier zur Diskussion gestelltes - Programm zur Förderung der Energiegewinnung aus Biomasse müßten bis 2005 auf dreistellige Millionenbeträge pro Jahr anwachsen.

Die **finanzielle Förderung** sollte von der Größenklasse der Feuerungsanlagen abhängig gemacht werden. Für mittelgroße Anlagen mit Wärme-Kraft-Kopplung, die in einer verlässlich meßbaren Weise in ein Wärmenetz einspeisen, wäre eine produktorientierte Förderung über eine **Wärmeinspeisungsbeihilfe** und eine fortgeführte **Stromeinspeisungsvergütung** sowie eine begrenzte Stromerzeugungsbeihilfe und eine angepaßte **Investitionsbeihilfe** zu erwägen.

I. Einleitung

1. Aufgabenstellung

Die Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages "Gestaltung der technischen Entwicklung: Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" führte mit dem Bericht "Nachwachsende Rohstoffe" die von der Kommission der 10. Wahlperiode begonnenen Arbeiten mit einem Sachstandsbericht zu den möglichen Chancen und Risiken eines verstärkten Anbaus und Einsatzes von nachwachsenden Rohstoffen fort (Deutscher Bundestag 1990).

Der 1990 abgeschlossene Bericht der Enquete-Kommission zum Thema "Nachwachsende Rohstoffe" basiert im wesentlichen auf der Studie "Möglichkeiten und Grenzen beim Anbau nachwachsender Rohstoffe für Energieerzeugnisse und chemische Industrie" (Meinhold et al. 1987) und der Auswertung weiterer Untersuchungen. Der Schwerpunkt der Arbeit liegt bei den chemisch-technisch einsetzbaren NR-Produktlinien Zucker, Stärke, Öle und Fette, Cellulose, Fasern sowie Arznei- und Gewürzpflanzen. Im energetischen Bereich werden Zucker und Stärke als Ausgangssubstrat zur Herstellung von Bioethanol und der Einsatz pflanzlicher Öle im Kraftstoffbereich betrachtet.

Seit Beendigung der Arbeiten der Enquete-Kommission hat sich der Wissensstand auf dem Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe durch zahlreiche Forschungsaktivitäten auf Bundes- und Länderebene sowie durch FuE-Projekte der Europäischen Union deutlich verbessert. Der Umfang an nationalen und internationalen Publikationen und Tagungen zu diesem Themenbereich ist ebenfalls stark angestiegen.

Neue Erkenntnisse über die Klimaveränderungen und deren möglichen Folgen durch die Freisetzung zusätzlicher CO₂-Emissionen aus fossilen Brennstoffen haben dazu geführt, daß in jüngster Zeit die Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen und land- bzw. forstwirtschaftlichen Reststoffen auf größeres gesellschaftspolitisches und wissenschaftliches Interesse stoßen. Dieses wiedererwachte Interesse gilt weniger der Bioethanolgewinnung z.B. aus Zuckerrüben oder Stärkekartoffeln als vielmehr dem Einsatz pflanzlicher Öle als Kraftstoffe und der Wärme- und Stromgewinnung aus fester Biomasse in Heizwerken oder Heizkraftwerken.

Vor diesem Hintergrund hat der Bundestagsausschuß für Bildung, Wissenschaft, Forschung, Technologie und Technikfolgenabschätzung des 13. Deut-

I. Einleitung

schen Bundestages beschlossen, anknüpfend an die von der Enquete-Kommission begonnenen Arbeiten, in halbjährlichen bis jährlichen Abständen Sachstandsberichte zu verschiedenen Aspekten von nachwachsenden Rohstoffen und ihren Verwertungsmöglichkeiten durch das TAB erstellen zu lassen. Die einzelnen Themenfelder werden in Absprache mit dem Bundestagsausschuß festgelegt.

Am Anfang des Monitorings "Nachwachsende Rohstoffe" steht der vorliegende Bericht über die "Verbrennung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung". Wichtigster Grund hierfür ist die klimapolitische Bedeutung der Energiegewinnung aus nachwachsenden Energiepflanzen und land- bzw. forstwirtschaftlichen Reststoffen sowie das vergleichsweise große Einsatzpotential zur Substitution fossiler Energieträger. Die, gemessen an den technischen Einsatzmöglichkeiten, geringe Ausschöpfung der in Deutschland verfügbaren Biomasseenergie zeigt, daß politischer Entscheidungs- und Handlungsbedarf besteht.

2. Vorgehensweise

Wie alle Monitoring-Berichte soll auch dieser erste Sachstandsbericht die vorliegenden Informationen zum jeweiligen Teilbereich aufarbeiten und Antworten auf die folgenden Fragen geben:

- Wie sieht der wissenschaftlich-technische Erkenntniszuwachs der vergangenen Jahre aus?
- Welche möglichen Fortschritte erscheinen in den nächsten fünf bis zehn Jahren sowie langfristig erreichbar?
- Welche wesentlichen Innovationshemmnisse bestehen?
- Welche Maßnahmen und Rahmenbedingungen im Bereich der Forschung, Entwicklung, Demonstration, Förderung und Markteinführung sind Voraussetzung zur Realisierung der möglichen Fortschritte oder könnten einen wichtigen Beitrag dazu leisten?
- Welche Fortschritte erscheinen angesichts der damit einhergehenden Vor- und Nachteile erstrebenswert?

Für das Monitoring "Verbrennung von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung" wurden aktuelle Informationen von den folgenden Institutionen und Vereinigungen eingeholt:

3. *Definition von Biomasse*

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF),
- Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi),
- Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU),
- Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft (CMA) und
- Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.).

Darüber hinaus wurden in- und ausländische Publikationen zu diesem Thema gesichtet und ausgewertet.

Der vorliegende Bericht gliedert sich in sieben Hauptabschnitte: Stand und Potentiale der Energiegewinnung aus Biomasse (II.), Bereitstellung von Biomasseenergieträgern (III.), Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen (IV.), Fördermaßnahmen (V.), Biomasseeinsatz in anderen europäischen Staaten (VI.), Erfahrungen aus bisherigen Fördermaßnahmen (VII.) und Schlußfolgerungen (VIII.).

3. **Definition von Biomasse**

Unter dem Begriff "Biomasse" wird eine Vielfalt an organischen Stoffen zusammengefaßt. Anhand ihres Aggregatzustandes können die zum Teil sehr unterschiedlichen Biomasseenergieträger wie folgt gegliedert werden:

- **gasförmige Biomasseenergieträger** (z.B. Biogas aus landwirtschaftlichen Güllevergärungsanlagen oder kommunalen Klärschlamm- und Bioabfallvergärungsanlagen),
- **flüssige Biomasseenergieträger** (z.B. Rapsöl oder Ethanol) und
- **feste Biomasseenergieträger** (z.B. Ganzpflanzengetreide, Stroh, Holz).

Der vorliegende Sachstandsbericht konzentriert sich auf die festen Biomasseenergieträger. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, daß das Kosten-Nutzen-Verhältnis bezüglich der CO₂-Minderung bei fester Biomasse deutlich günstiger ist als bei den flüssigen Energieträgern Rapsöl, Rapsölmethylester oder Ethanol (Wintzer et al. 1993).

Die festen Biomasseenergieträger, die direkt oder nach einer verbrennungsgerechten Aufbereitung energetisch verwertbar sind, können in die folgenden Stoffgruppen unterteilt werden:

I. Einleitung

- **Nachwachsende Energieträger**, die speziell zum Zwecke der Energiegewinnung angebaut werden, wie z.B. die schnellwachsenden Baumarten oder die als Chinaschilf bekannte C4-Pflanze *Miscanthus sinensis Giganteus*,
- **land- und forstwirtschaftliche Reststoffe**, die bei der Nahrungs-, Futtermittel- oder Rohstoffproduktion auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen anfallen,
- **Produktionsrückstände und -abfälle aus Holz**, die bei gewerblichen und industriellen Produktionsprozessen anfallen, und
- **heu- oder holzartige Pflegerückstände**, die beispielsweise aus Privatgärten oder aus der Straßen- und Gewässerrandunterhaltung stammen.

Die Verbrennung organikhaltiger Restmüllabfälle wird in verschiedenen nationalen und internationalen Schriften ebenfalls als eine Variante der Energiegewinnung aus Biomasse angeführt. In diesem Bericht sollen nur das Industrieholz und Altholz, nicht aber andere organikhaltige Restabfälle, wie der Bioabfall oder organikhaltige Gewerbeabfälle, betrachtet werden. Wegen der wachsenden Bedeutung von Landschaftspflegemaßnahmen wird auch das Potential der dabei anfallenden und zunehmend schwieriger stofflich verwertbaren heu- und holzartigen Pflegerückstände beim Mengenaufkommen berücksichtigt.

II. Stand und Potential der Energiegewinnung aus Biomasse

Der **Primärenergieverbrauch** in Deutschland belief sich 1995 auf **14.238 Peta-Joule (PJ)** bzw. 3.955 GWh. Der Endenergieverbrauch liegt nach Abzug der Umwandlungsverluste bei den Kraftwerken und Raffinerien (22%) sowie des Eigenenergiebedarfs des Energiesektors und des Energieverbrauchs für nicht-energetische Zwecke (z.B. die Petrochemische Industrie) und des Leitungsverlustes (13%) bei ca. 9.142 PJ bzw. 2.539 GWh. Die Endenergie wird zu rd. 60% in Wärme umgewandelt, von der wiederum 53% zur Raumwärmebereitstellung genutzt werden (BMWi 1996).

Das Mineralöl hat gegenwärtig mit 40,2% den größten Anteil am Primärenergieverbrauch in Deutschland vor Erdgas (19,7%), Steinkohle (14,9%), Braunkohle (12,2%) und Kernenergie (10,2%). Mit den regenerativen Energieträgern Wind und Wasser werden 1,39% und durch die Verbrennung von Brennholz, Torf, Klärschlamm und Müll 1,17% des Primärenergieverbrauchs gedeckt.

Die Biomasseenergie ohne Müll und Klärschlamm hat derzeit einen Anteil von **weniger als 1% am Primärenergiebedarf** (Ahlhaus et al. 1994). Im wesentlichen stammt die Biomasseenergie aus der energetischen Restholzverwertung in Betrieben der Holzwirtschaft und der Holzverarbeitenden Industrie sowie aus der Holzverbrennung in privaten Einzelfeuerungen. Der Anteil von Brennholz am Primärenergieverbrauch dürfte über den genannten Schätzungen liegen, da der Brennholzverbrauch in den Privathaushalten in der Regel unzureichend erfaßt wird.

Die Biomassenutzung zur Stromerzeugung in Deutschland lag Ende 1994 bei einer Nennleistung (elektrisch) von rd. 50 MW und einem Einspeisevolumen von 51,2 GWh (Grawe und Wagner 1996). Mehr als zwei Drittel dieser Leistung von rd. 50 MW stammt aus der Verwertung von Restholz, das bei der Be- und Verarbeitung von Holz in Gewerbe- und Industriebetrieben anfällt. Gemessen an der Stromabgabe an die Kunden der öffentlichen Versorgung liegt der Anteil der Biomasse im Bundesdurchschnitt bei 0,14%. In Nordrhein-Westfalen (25%), Bayern (19,4%), Niedersachsen (15,8%) und Baden-Württemberg (13,5%) werden zusammen fast zwei Drittel des Biomassestroms erzeugt.

Bei der Abschätzung des Biomassepotentials zur Substitution fossiler Energieträger ist eine Unterscheidung in das theoretische, technische und erschließbare Potential sinnvoll. Das theoretische Potential stellt eine Größe dar, die das

aus physikalischer Sicht mögliche, raum- und zeitbezogene Biomasseangebot beschreibt. Das technisch verfügbare Biomassepotential geht aus dem theoretischen Potential hervor. Es benennt die technisch nutzbare Menge an Biomasse unter Berücksichtigung

- der verfügbaren Energieumwandlungstechniken und ihrer Nutzungsgrade,
- der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Energieangebot und Energienachfrage sowie
- der Verfügbarkeit von Standorten.

Das mittel- bis langfristig tatsächlich nutzbare Biomassepotential kann nur im Rahmen einer Wenn-Dann-Betrachtung dargestellt werden, da diese Menge von verschiedenen Faktoren, wie z.B. den Preisen für fossile Energieträger, beeinflusst wird.

Die Angaben zum aktuellen Beitrag als auch zum **technischen Potential der Biomasse** als regenerativer Energieträger sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Meist handelt es sich dabei um stark vereinfachte Schätzungen, die auf Einzelerhebungen oder Literaturdaten basieren. Der Vergleich von Schätzwerten wird dadurch erschwert, daß keine einheitliche Vorgehensweise bei der Darstellung des möglichen Beitrags regenerativer Energieträger zur Energieversorgung besteht. Bei relativen Angaben im Verhältnis zum Primär- oder Endenergieverbrauch ergeben sich Abweichungen durch die unterstellten Verluste bei der Umwandlung der Biomassenergieträger, die sich von denen der fossilen Energieträger unterscheiden können, und durch den Umfang der energetischen Vorleistungen, die sich bei zunehmender Ausschöpfung des Substitutionspotentials verändern dürften.

1. Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe

1.1 Halmgutartige landwirtschaftliche Reststoffe und Landschaftspflegeheu

Die in Deutschland anfallenden Strohmenngen werden weder in der Ernteermittlung im Auftrag des Statistischen Bundesamtes noch bei den Landessortenversuchen erhoben. Die Schätzungen zum Strohaufkommen basieren deshalb zumeist auf Daten zu den Erträgen der strohliefernden Kulturpflanzen (Getreide, Mais, Raps) und Literaturangaben zum Korn-Stroh-Verhältnis.

1. Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe

Das technisch gewinnbare **Strohaufkommen in Deutschland** liegt gegenwärtig zwischen **rd. 38 und 43 Mio. t TS/a** (s. Tab. 1). Stroh stellt ein auf dem Markt gehandeltes Nebenprodukt dar, das von Pferde- und Kleintierhaltern sowie von viehhaltenden Betrieben in stroharmen Gebieten als Einstreu nachgefragt wird. Die für energetische Zwecke verfügbare Strohmenge hängt von dem unterstellten Strohbedarf als Einstreu oder Futtermittel für die Tierhaltung und als Humusersatz auf dem Feld ab.

Tab. 1: Potential an Bioenergie aus halmgutartiger Biomasse

	Lit.	Theoretisches Potential		Technisches Potential	
		Mio. t/a	PJ/a	Mio. t/a	PJ/a
Stroh	1	43	615	13-21	186-300
Stroh	2	41,4	592	5,83	83,3
Stroh	3	39,1	559	7,27	104
Stroh	4	37,8	542	7,57	108
Pflegeheu	1	1	14,3	1	14,3
Summe		39-44	556-629	7-22	98-314

Mittlerer Heizwert: 14,3 MJ/kg bei 85% TS

Quelle: Wintzer et al. 1993 (1), Kaltschmitt und Wiese 1993 (2), Kaltschmitt und Becher 1994 (3), Hartmann und Strehler 1995 (4)

Die Einschätzungen über die Strohmenge, die energetisch verwertet werden könnte, gehen teilweise weit auseinander. Die im langjährigen Mittel energetisch nutzbare Strohmenge wird beim Getreidestroh von Kaltschmitt und Wiese (1993) sowie Hartmann und Strehler (1995) auf 15-20% und auf bei Mais- und Ölfruchtstroh auf 10-15% geschätzt. Dadurch errechnet sich ein energetisch nutzbares Potential an Strohenergie von rd. 84-108 PJ/a, das allerdings bislang nur sehr geringem Umfang genutzt wird. Wintzer et al. (1993) zufolge liegt das für energetische Zwecke verfügbare Strohaufkommen im Vergleich dazu fast zwei- bis dreimal so hoch.

Das Aufkommen an halmgutartiger Biomasse könnte unter gegenwärtigen Verhältnissen, ausgehend von einem technischen Potential von 98-314 PJ/a, einen nachhaltigen Beitrag von **0,69-2,21% am Primärenergieverbrauch** in Deutschland leisten.

1.2 **Holzartige Reststoffe**

Die energetisch verwertbare holzartige Biomasse kann in die Kategorien

- Waldrestholz,
- Industrierestholz,
- Rindenabfälle,
- Altholz und
- Landschaftspflegeholz

unterteilt werden.

Als Waldrestholz wird der bei der Stammholzernte anfallende Schlagabraum bezeichnet. Es handelt sich dabei um Stammholzabschnitte und stärkere Äste, die sich für eine energetische Nutzung eignen. Bei der Verarbeitung und Bearbeitung von Holz fallen holzige Rest- und Abfallprodukte an, die unter dem Begriff "Industrierestholz" zusammengefaßt werden. Ein weiteres organisches Abfallprodukt der Holzbearbeitung stellt die Rinde dar. Verpackungsmaterialien oder Möbelstücke aus Holz und andere Holzprodukte, die keiner erneuten Nutzung unterzogen werden können, müssen einer Entsorgung zugeführt werden. Da eine Deponierung organischer Abfälle nach 2005 aufgrund der Vorschriften der technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASI 1993) nicht mehr möglich sein wird, handelt es sich dabei um eine zunehmend interessanter werdende Brennstoffgruppe.

Die wichtigsten Parameter zur Abschätzung der für energetische Zwecke verfügbaren Holzmenge sind der Holzvorrat der Waldflächen und der jährliche Holzzuwachs. Den Erhebungen im Rahmen der Bundeswaldinventur zufolge weist Deutschland eine Holzbodenfläche von 10,4 Mio. ha, einen Holzvorrat von 2,8 Mrd. Festmeter (fm) und einen jährlichen Holzzuwachs von rd. 60 Mill. fm auf (BWI 1992).

Die Angaben zum Aufkommen an Waldrestholz beruhen auf Schätzungen zum Anfall an Restholz bei Durchforstungsarbeiten und bei der Endnutzung des Wirtschaftswaldes. Die Restholzmenge ist je nach Standort, Ertragsleistung, Durchforstungspraxis und Nutzungsziel großen Schwankungen unterworfen. Jährlich fallen ca. 6 Mio. m³ an nicht aufgearbeitetem Derbholz an, das für Energiezwecke geeignet erscheint (Becker et al. 1995). Außerdem wird nur ein Teil des jährlichen Holzzuwachses von ca. 60 Mio. fm genutzt. Der Holzeinschlag von derzeit 40 Mio. fm könnte um 15-20 Mio. fm gesteigert werden, ohne die Nachhaltigkeit der Waldbewirtschaftung zu beeinträchtigen. Da beim

1. Land- und forstwirtschaftliche Reststoffe

Holzeinschlag ca. 20% Waldrestholz anfallen, würde sich das energetisch nutzbare Waldrestholzaufkommen bei einer vollständigen Verwertung des jährlichen Holzzuwachses um 2-2,5 Mio. t bzw. 30-38 PJ/a erhöhen. Das Brennholzpotalential aus der Durchforstung und Waldrestholznutzung dürfte insgesamt zwischen **135 und 144 PJ/a** bzw. 37,5 und 40 GWh/a liegen (Hrubesch 1996).

Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Kaltschmitt und Becher (1994), die das technische Potential an Waldrestholz, ausgehend von einem mittleren jährlichen Derbholzzuwachs von ca. 60 Mio. m³, einem Holzeinschlag von ca. 40 Mio. m³/a und einer Brennholznutzung von 5 Mio. m³/a auf 15 Mio. m³/a bzw. **142 PJ/a** (rd. 40 GWh/a) schätzen. Der potentielle Anteil von Waldrestholz liegt bei **1,4-1,5% bezogen auf den Endenergieverbrauch** in Deutschland (9.023 PJ/a).

In der Sägeindustrie und bei der Verarbeitung von Schnittholz sind 1992 rd. 6,7 Mio. t TS Holz angefallen. Davon wurden rd. 67% zur Papier- und Spanplattenherstellung verwendet (Wegener und Frühwald 1994). Von den **2,2 Mio. t TS/a (40 PJ/a) an Industrierestholz**, die keine stofflichen Verwertungsmöglichkeiten finden, wird bereits ein erheblicher Teil energetisch genutzt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß die Entsorgung der Holzreste mit zusätzlichen Transport- und Abnahmekosten verbunden ist und die energetische Holzverwertung zur Deckung des Energiebedarfs beitragen kann.

Die im gesamten Bundesgebiet anfallende Menge an **Rest- und Abfallholz** aus der Haus- und Sperrmüllsammlung, aus hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen und aus Abfällen des produzierenden Gewerbes liegt bei ca. 10,5 Mio. t FM/a (Wintzer et al. 1996). Dabei handelt es sich größtenteils um Bau- und Abbruchholz (40%), ausrangierte Möbel und Wohnungseinrichtungen (27%) sowie um Verpackungsmaterialien (13%). Die energetische Nutzung der meist aus Massivholz bestehenden Produktionsreste, die bei der Holzverarbeitung in Großbetrieben anfallen, ist verbrennungstechnisch und emissionsseitig wenig problematisch. Die Verwertung von Holzresten aus Kleinbetrieben ist ähnlich zu beurteilen, aber mit höheren logistischen Aufwendungen und Erfassungskosten verbunden.

Das im Bereich der Bauwirtschaft oder nach Endnutzung von Möbeln oder Holzverpackungen anfallende Altholz ist dagegen mit Schutzmitteln behandelt und enthält unterschiedliche anorganische Klebstoffe, Beschichtungen, Schaum- oder Füllstoffe. Von der großen Palette an Altholzprodukten, die vom Bleistift über die Obstkiste bis zum Telefonmasten reicht, kann nur ein Teil in Biomasseverbrennungsanlagen verwertet werden, da es sich bei den Fremdstoffen um eine Vielzahl von teilweise problematischen, optisch nicht wahrnehmbaren Verbindungen (z.B. anorganische Metallsalze) handelt. Der größte Teil der derzeit

II. Stand und Potential der Energiegewinnung aus Biomasse

anfallenden Altholzmischungen muß in Müllverbrennungsanlagen entsorgt werden, da der Belastungsgrad der Abfälle über das Alter der Hölzer und den Anwendungsbereich nur ungenügend abgeschätzt werden kann.

Tab. 2: Potential an Bioenergie aus Rest-, Alt- und Pflegeholz

	Lit.	Technisches Brennholzpotential	
		Mio. t/a	PJ/a
Waldrestholz	1	4-7	60-105
Waldrestholz	2	9,7	142
Waldrestholz	3		135-142
Waldrestholz (Spanne)			60-142
Industrierestholz	1	2-3	30-45
Industrierestholz	3		45-63
Industrierestholz	4	4,8	72
Industrierestholz	5	2	30
Industrierestholz (Spanne)			30-72
Altholz	1	1	15
Altholz	3		18
Altholz (Spanne)			15-18
Landschaftspflegeholz	3		6-8
Landschaftspflegeholz	4	1	4
Landschaftspflegeholz (Spanne)			4-8
Summe an Rest-, Alt- u. Pflegeholz		7,5-16	109-240

Heizwert von Holz: 16 MJ/kg bzw. 14,7 MJ/kg bei 85% TS

Quelle: Wintzer et al. 1993 (1), Kaltschmitt und Wiese 1993 (2), Hrubesch 1996 (3), Hartmann und Strehler 1995 (4), Seeger 1992 (5)

Das Aufkommen an **Landschaftspflegeholz**, das beispielsweise bei der Unterhaltung von Gewässer- und Straßenrändern oder Windschutzhecken anfällt, läßt sich nur schwer quantifizieren. Grobschätzungen über die Menge an verfügbarem Restholzaufkommen aus der Pflege der Gehölze entlang des Straßen-,

2. Energiepflanzenanbau

Schienen- und Gewässernetzes gehen von einem Aufkommen von rd. 73.300 t FM/a bzw. einem Brennstoffpotential von **0,51 PJ/a** aus (Hartmann und Strehler 1995). Bei der Pflege der Windschutzhecken würden bei einer 80%igen Restholzgewinnung 410.000 t FM/a bzw. ein Brennstoffpotential von 2,9 PJ/a anfallen. Das Restholzaufkommen aus Windschutzhecken ist vor allem in Schleswig-Holstein von Bedeutung.

Das Potential aus der Nutzung von Schwemmh Holz, welches vor allem bei der Wasserkraftnutzung anfällt, bewegt sich je nach Witterungsverhältnis zwischen **0,35 und 0,43 PJ/a**. Die anfallende Biomasse ist, was ihre Menge und Beschaffenheit sowie ihren Schadstoffgehalt anbelangt, erst nach einer Aufbereitung für eine energetische Verwertung geeignet. Der energetische Beitrag von Landschaftspflegeholz dürfte insgesamt bei rd. **4 PJ/a** liegen. Das Aufkommen an Brennholz aus der Landschaftspflege mit den Rückständen aus der Pflege von Obstbauplantagen wird auf ca. **7, 4 PJ/a** geschätzt (Hrubesch 1996).

2. Energiepflanzenanbau

Das Biomassepotential von speziell angebauten nachwachsenden Energiepflanzen, wie z.B. *Miscanthus sinensis Giganteus*, hängt von der landwirtschaftlich genutzten Fläche ab, die nicht zur Produktion von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen benötigt wird. Aufgrund der Überproduktion wurde in der EU-Agrarreform 1991/92 beschlossen, einen Teil der Ackerflächen zwangsweise stillzulegen. Das Potential für den Energiepflanzenanbau in Deutschland liegt, ausgehend von der Stilllegungsfläche im Wirtschaftsjahr 1993/94, bei derzeit rd. **1,48 Mio. ha**. Die unter gegenwärtigen und zukünftigen Verhältnissen tatsächlich verfügbare Fläche kann aufgrund des Bedarfs an nachwachsenden Rohstoffen für stoffliche Einsatzzwecke und den sich wandelnden agrarpolitischen Rahmenbedingungen und bestehenden Agrarüberschüssen auch darunter oder darüber liegen.

Der Stilllegungsausgleichs wird auch dann gewährt, wenn auf den stillgelegten Flächen Pflanzen für den Nichtnahrungs- und Nichtfuttermittelbereich angebaut werden. Diese Regelung hat zu einer nennenswerten Ausdehnung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe geführt. Von den stillgelegten Flächen wurden 1995 rd. 361.000 ha mit nachwachsenden Rohstoffen bestellt. Davon wurden allerdings weniger als 0,2% für den Anbau von halmgutartigen Energiepflanzen genutzt (Honecker 1996). Der flächenspezifische Energieertrag ist von

der angebauten Energiepflanze abhängig und kann zwischen rd. 205 GJ/(ha·a) bei Getreide-Ganzpflanzen oder Kurzumtriebsplantagen mit schnellwachsenden Baumarten und 244 GJ/(ha·a) bei *Miscanthus sinensis Giganteus* liegen. Der Beitrag des gezielt angebauten Ganzpflanzengetreides (340 ha und 11 t TS/(ha·a)), das mit 85% den Anbau an halmgutartigen Festbrennstoffen bestimmt, liegt bei 0,06 PJ/a, bezogen auf den Primärenergieverbrauch.

Auf stillgelegten Flächen können auch holzige Energiepflanzen angebaut werden. Die schnellwachsenden Baumarten (SWB) unterliegen im Gegensatz zur Aufforstung mit anderen Baumarten nicht dem Waldnutzungsgesetz. Dadurch ist das Einholen einer Erstaufforstungs- und Kahlschlagsgenehmigung nicht mehr erforderlich und ein Anbau landwirtschaftlicher Kulturen nach der Endnutzung des Baumbestandes wieder möglich. Die Stilllegungsprämie bleibt erhalten. Die Bundesländer sind außerdem berechtigt, die Bestandesgründung mit Zuschüssen von 75-85% der Investitionen zu fördern. Dennoch wurden 1995 nur 44 ha stillgelegte Flächen mit SWB bepflanzt. Die Schnellwuchsplantagen wurden größtenteils in Bayern (52%) und in Mecklenburg-Vorpommern (27%) etabliert. Der Umfang an Versuchsflächen mit SWB umfaßt im Vergleich dazu zwischen 150 und 180 ha (Lorenz 1996).

3. Biomassepotential

Das technische Potential an halmgutartigen und holzigen Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft, der Holzindustrie und der Landschaftspflege bewegt sich schätzungsweise zwischen 207 und 537 PJ/a. Gemessen am derzeitigen Primärenergieverbrauch in Deutschland (14.238 PJ/a) entspricht dies einem Anteil von **1,45-3,77%**. Fast zwei Drittel des technischen Potentials an Biomasseenergie in Deutschland stammt aus dem Wald. Regionale Betrachtungen zeigen, daß sich ein Fünftel des nutzbaren Potentials an Stroh und Waldrestholz in Bayern befindet (Kaltschmitt und Becher 1994).

Die Bereitstellung von Biomasseenergie durch den Anbau von ertragreichen Energiepflanzen wird durch das Flächenpotential begrenzt. Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern ist der einwohnerspezifische Flächenumfang aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte in Deutschland mit **0,36 ha pro Einwohner** gering (s. Tab. 3).

3. Biomassepotential

Tab. 3: Einwohnerspezifisches Flächenpotential (Stand: 1990)

	<i>Bevölkerung in 1.000</i>	<i>Landw. gen. Fläche (LF) in 1.000 ha</i>	<i>Waldfläche (WF) in 1.000 ha</i>	<i>Summe ha LF u. WF/EW</i>
Niederlande	14.893	2.006	300	0,15
Belgien	9.948	1.362	617	0,20
U.K.	57.459	17.837	2.400	0,35
Deutschland	79.113	18.032	10.393	0,36
Italien	56.712	16.850	6.751	0,42
Luxemburg	379	126	89	0,57
<i>EG (12)</i>	<i>220.494</i>	<i>56.213</i>	<i>20.550</i>	<i>0,35</i>
Dänemark	5.135	2.788	493	0,64
Portugal	9.920	4.011	2.968	0,70
Frankreich	56.577	30.581	14.811	0,80
Österreich	7.690	3.500	3.227	0,87
Griechenland	10.057	9.160	2.620	1,17
Spanien	38.805	30.472	15.807	1,19
<i>EEA</i>	<i>64.292</i>	<i>49.743</i>	<i>30.327</i>	<i>1,25</i>
Irland	3.507	5.635	343	1,70
Norwegen	4.233	976	8.330	2,20
Schweden	8.527	3.401	28.020	3,68
Finnland	4.974	2.558	23.222	5,18
Island	254	2.282	120	9,46

Quelle: Eurostat 1995

Nur die Niederlande, Belgien und England verfügen über einen geringeren spezifischen Flächenumfang. Dänemark bzw. Österreich besitzen das 1,8 bzw. 2,4fache und Schweden und Finnland das 10fache bzw. 14fache an land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen verglichen mit den Verhältnissen in Deutschland. Der hohe Anteil der Bioenergie von 20% am Primärenergieverbrauch in Schweden und Finnland ist u.a. auf das im Vergleich zu anderen EU-Staaten größere Flächenpotential pro Einwohner zurückzuführen.

II. *Stand und Potential der Energiegewinnung aus Biomasse*

Unter Berücksichtigung des Anteils an speziell angebauten Energiepflanzen erhöht sich der Anteil der Biomasseenergie am Primärenergieverbrauch auf rd. **6 bis 8%** (Kaltschmitt 1996). Nach Wintzer et al. (1993) kann der Anteil der Biomasseenergie am Primärenergieverbrauch in Deutschland auf 2,5-4% bis zum Jahr 2005 ansteigen. Langfristig (2030) könnte der Einsatz von Festbrennstoffen aus Pflanzen sogar **10-12,5%** betragen, bezogen auf einen verringerten Primärenergieverbrauch. Dabei wird allerdings unterstellt, daß 10-33% der landwirtschaftlich genutzten Fläche aufgrund bestehender Agrarüberschüsse aus der Produktion genommen werden können und 2-5 Mio. ha Ackerfläche sowie eine Mio. ha Dauergrünlandfläche für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen bzw. als Energiegrasfläche genutzt werden können.

Fazit

Der Anteil der Biomasseenergie liegt gegenwärtig **unter 1%, bezogen auf den Primärenergiebedarf**. Das mittelfristige Potential an halmgutartigen und holzigen Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der be- und verarbeitenden Holzindustrie und der Landschaftspflege bewegt sich schätzungsweise zwischen rd. **1,5 und 3,8%**, gemessen am derzeitigen Primärenergieverbrauch. Die Biomasseenergie stammt überwiegend aus dem Aufkommen an Stroh sowie Wald- und Industrierestholz, das nicht für stoffliche Zwecke genutzt wird.

Der Anbau von halmgutartigen oder holzigen Energiepflanzen für Biobrennstoffanlagen spielt trotz der Unterstützung durch die Flächenstillegungsprämie gegenwärtig keine Rolle. Eine Ausdehnung der Erzeugung von Energiepflanzen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, die nicht zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln benötigt werden, könnte langfristig (2030) zu einem Biomasseenergieanteil von **6-13% am Primärenergieverbrauch** führen. Die Bedeutung des Potentials der Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen ist damit keinesfalls marginal. Vielmehr können die biogenen Festbrennstoffe, verglichen mit anderen regenerativen Energieträgern, einen wesentlich bedeutenderen Beitrag zur Deckung des inländischen Energiebedarfs leisten.

III. Bereitstellung von Biomasseenergieträgern

Seit dem Erscheinen des Berichtes "Nachwachsende Rohstoffe" der Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" des Deutschen Bundestages sind sechs Jahre vergangen. Dieser Kommissionsbericht stützt sich in erster Linie auf die Studie von Meinhold et al. (1987), die zur Beschreibung der Rahmenbedingungen für die Biomassebereitstellung (z.B. Düngemittelpreise oder Energiepreise) den Durchschnitt der Jahre 1981-1984 herangezogen haben. Ausgehend von diesen Rahmenbedingungen leiteten die Autoren für das Jahr 1986 als Referenzjahr für "heute" die Kosten der Biomassebereitstellung ab.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie sich in den vergangenen zehn Jahren die agrarpolitischen, technischen, ökonomischen und umweltrelevanten Rahmenbedingungen geändert haben und von welchen Biomassebereitstellungskosten gegenwärtig in Deutschland ausgegangen werden kann. Da sich der Bericht der Enquete-Kommission bei der Darstellung von Biomasse zur Energiegewinnung auf gezielt angebaute, flüssige Bioenergiepflanzen wie Ethanol als Treibstoff konzentrierte, der gesamte Bereich der Energiegewinnung aus Festbrennstoffen und Reststoffen jedoch ausgeklammert blieb, reduziert sich die direkte Vergleichbarkeit mit dieser Studie. Die Aussagen in diesem Sachstandsbericht beschäftigen sich deshalb mit den Veränderungen der gesamtwirtschaftlichen und agrarpolitischen Rahmenbedingungen, die für die Biomassebereitstellung von Bedeutung sind und deren Bereitstellungskosten bestimmen.

In den nachfolgenden Kapiteln wird die Entwicklung der Rahmenbedingungen seit Beginn der 80er Jahre bis heute (1994/1995) anhand einiger, für die Kosten der Biomassebereitstellung wichtiger Kenngrößen beschrieben. Darauf aufbauend wird ein Überblick darüber gegeben, zu welchen **Kosten frei Anlage** derzeit die verschiedenen biogenen Energieträger zur Wärme- und Stromgewinnung bereitgestellt werden können. Die Umweltaspekte, die mit der Bereitstellung der Biomasseenergieträger verbunden sind, werden in einem eigenen Abschnitt behandelt.

1. Agrarpolitische Rahmenbedingungen

Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen in Deutschland haben sich, gemessen an den Verhältnissen in den 80er Jahren, aufgrund der folgenden Ereignisse wesentlich verändert:

- die **Wiedervereinigung** im Oktober 1990 und
- die **EU-Agrarreform**, die 1992 beschlossen und begonnen wurde und bis zum Wirtschaftsjahr 1995/96 vollendet sein soll.

Mit der Wiedervereinigung mußte sich die Agrarpolitik von ihrem bisherigen Leitbild des "Familienbetriebes" verabschieden und sich in den neuen Bundesländern (NBL) mit landwirtschaftlichen Betriebsgrößen auseinandersetzen, die mit den Verhältnissen in den USA vergleichbar sind. Diese Betriebe in den NBL konnten ihre Produktivität, verglichen mit den Verhältnissen vor der Wiedervereinigung, vor allem durch den ungehinderten Zugang zu modernen Betriebsmitteln (Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel) wesentlich steigern.

Das Ziel der EU-Agrarreform war und ist es, durch die zwangsweise **Flächenstillegung** und der Gewährung eines Stilllegungsausgleichs die Agrarüberschüsse abzubauen und hierdurch die Einkommen der Landwirtschaft zu stabilisieren. Darüber hinaus sollte durch die sukzessive Heranführung der Erzeugerpreise an das **Weltmarktpreisniveau** die Konkurrenzfähigkeit auf dem Weltmarkt verbessert und Exporterstattungen eingespart werden. Die Absenkung der Erzeugerpreise sollte außerdem zu einer extensiveren landwirtschaftlichen Produktion führen und somit stärker den ökologischen Belangen einer Landbewirtschaftung Rechnung tragen.

Die beiden hier kurz skizzierten Ereignisse führten zu verstärkten Rationalisierungsmaßnahmen und zu einer deutlichen Verschärfung des Strukturwandels in der Landwirtschaft. Aufgrund dieser Veränderung der agrarpolitischen Rahmenbedingungen können heute **gezielt angebaute nachwachsende Rohstoffe** (z.B. Ganzpflanzengetreide oder Miscanthus) **preiswerter** bereitgestellt werden als dies vor 10 Jahren der Fall war. Dies resultiert vor allem daraus, weil diese Biomaseträger auf **Stilllegungsflächen** angebaut werden dürfen und trotzdem die Stilllegungsprämie gewährt wird.

Inwieweit die in der Landwirtschaft umgesetzten Rationalisierungsmaßnahmen zu einer Senkung der Bereitstellungskosten für Biomasse geführt haben, ist schwer abzuschätzen. Diese Maßnahmen waren in erster Linie bei fallendem Erzeugerpreisniveau darauf ausgerichtet, die seit Mitte der 80er Jahre bis heute

um rd. 30% angestiegenen Preise für Pacht, Neubauten, Maschinen und Löhne soweit wie möglich kostenneutral zu kompensieren.

2. Kosten

Die Kosten der Biomassebereitstellung bestimmen sich in Abhängigkeit von den bereits angeführten agrarpolitischen Rahmenbedingungen, aber auch von den technischen Entwicklungen (z.B. Erträge, Produktionstechnologien) sowie den Preis- und Kostenentwicklungen bei den für die Biomassebereitstellung benötigten Betriebsmitteln (z.B. Saatgut, Dünger, Pflanzenschutzmittel, Treibstoff), Flächen (Pachtpreise), Arbeitskräfte (Lohnansätze) und Investitionsgüter (Maschinen, Gebäude).

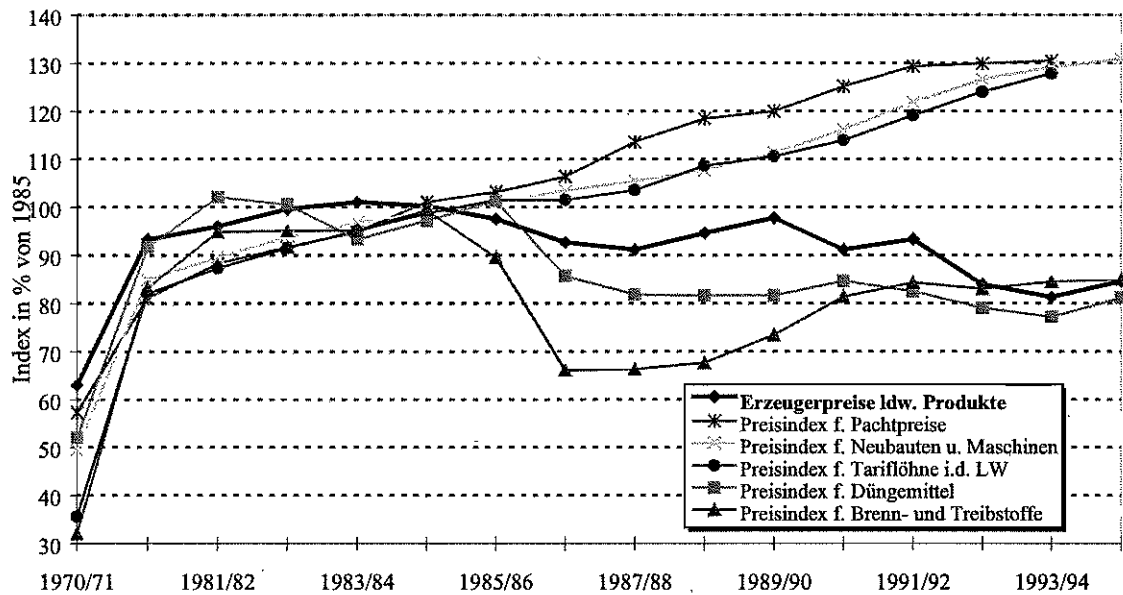
2.1 Preisentwicklungen bei den Produktionsfaktoren

In Abbildung 1 ist anhand einiger wichtiger Produktionsfaktoren (Betriebsmittel, Investitionsgüter) dargestellt, wie die Preis- bzw. Kostenentwicklung seit den 80er Jahren bis heute verlaufen ist. Zum Vergleich ist die parallele Entwicklung bei den Erzeugerpreisen mit angegeben. Aus dieser Gegenüberstellung wird deutlich, daß die nominalen Preise für Düngemittel, Brenn- und Treibstoffe seit Mitte der 80er Jahre etwa um 15% bzw. 20% gesunken sind. Ganz im Gegensatz dazu hat es bei den Investitionsgütern (Gebäude und Maschinen), den Pachtpreisen und den Tariflöhnen im gleichen Zeitraum mit rd. 30% deutliche Preissteigerungen gegeben.

Als Schlußfolgerung aus dieser Preis- bzw. Kostenentwicklung bei den Produktionsfaktoren seit Mitte der 80er Jahre deutet sich an, daß sich hieraus keine kostensenkenden Auswirkungen für die Bereitstellung von Biomasse als Energieträger ableiten lassen. Vielmehr mußten in diesem Zeitraum, z.B. durch verbessertes Management, höhere Schlagkraft und effektivere Auslastung des Maschinenparks, zusätzlich kostensenkende Effekte in der landwirtschaftlichen Produktion genutzt werden, um die angeführten Preissteigerungen kompensieren zu können.

III. Bereitstellung von Biomasseenergieträgern

Abb. 1: Entwicklung der Erzeuger- und Faktorpreise (1985=100%) in der Landwirtschaft in Deutschland



Quelle: Stat. Jahrbücher über Ernährung, Landw. u. Forsten, versch. Jg.

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung ist folglich auch nicht zu erwarten, daß sich die Bereitstellung von pflanzlicher Biomasse zur energetischen Verwendung seit Mitte der 80er Jahre bis heute verbilligt haben sollte. Die gezielt angebauten Energieträger, die in den Genuß der Stilllegungsprämie kommen, weisen auf den ersten Blick heute zwar geringere Bereitstellungskosten auf. Da diese Prämie auch bei tatsächlich praktizierter Stilllegung bezahlt wird, ist dies nur ein scheinbarer Vorteil.

2.2 Technische Entwicklungen

Die technischen Entwicklungen auf der Seite der Biomassebereitstellung konzentrierten sich in den letzten zehn Jahren vor allem auf den Bereich der Konditionierung der Biomaseträger und auf Fragen der Logistik. Darüber hinaus standen auch nähere Untersuchungen zu ertragreichen Biomasseenergieträgern im Blickpunkt des Interesses.

Bei den Untersuchungen zur **Konditionierung** stand die Frage im Vordergrund, inwieweit die Energiedichte von Biomasse kostengünstig erhöht werden

kann, um eine bessere Lager- und Transportwürdigkeit erreichen zu können. Darüber hinaus sollte hierdurch auch eine effizientere (höhere Energieauskopplung) und umweltverträglichere energetische Verwertung der Biomasse angestrebt werden.

Als kostengünstigste und hinsichtlich der nachgeschalteten Logistikkette am einfachsten zu handhabende Verfahrenskette stellte sich bei den halmgutartigen Biomasseträgern die Ballen-Linie (Rund- oder Quaderballen) dar, wie die nachfolgenden Ausführungen näher belegen. Die Konditionierung in Form von Pellets ist deutlich teurer, hat aber den Vorteil, daß hierdurch eine einfachere Handhabung bei der nachgeschalteten Verbrennung möglich wäre. Die Konditionierung in Form von Häckselgut ist bei halmgutartigen Biomassen mit keinen ökonomischen oder technischen Verfahrensvorteilen verbunden.

Bei holzartigen Biomasseträgern (z.B. Waldrestholz oder Holz aus Schnellwuchsplantagen) ist das Häckseln sowohl aus logistischen Gesichtspunkten (Ernte, Transport, Lagerung) als auch unter dem Blickwinkel der nachgeschalteten energetischen Nutzung als prioritäres Verfahren der Konditionierung anzusprechen.

Die Konditionierung der Biomasse zu Mahlgut hat dagegen nur für die nachgeschaltete energetische Verwertung gewisse Vorteile. Die Kosten dieses Verfahrensschrittes stehen dem jedoch entgegen.

Die Erwartungen in **hochertragreiche Biomasseträger**, wie z.B. der Anbau von Pappeln mit kurzen Umtriebszeiten, die Züchtung und der Anbau von Zuckerhirse oder Miscanthus, waren im Hinblick auf eine spürbare Kostensenkung bei der Erzeugung von Biomasseträgern eher enttäuschend. Diese Verhältnisse dürften sich auch mittelfristig nur unwesentlich verändern.

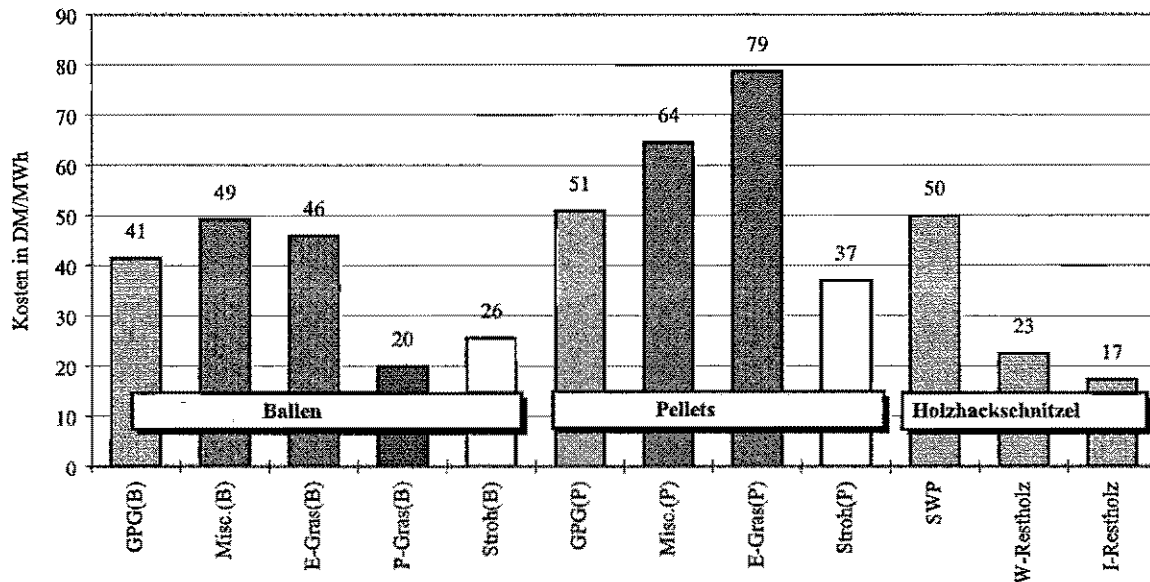
2.3 Kosten der Biomassebereitstellung

In Abbildung 2 sind orientierende Werte zu den Kosten der Biomassebereitstellung frei Anlage zusammengestellt. Diese Angaben fußen auf eigenen Abschätzungen (Wintzer et al. 1993 und 1994) sowie aktuellen Literaturangaben (Hartmann und Strehler 1995) und können aufgrund von regionalen Besonderheiten und bestehender technischer Unsicherheiten großen Schwankungen unterliegen. Zur besseren Vergleichbarkeit sind die Kosten in DM/MWh angegeben, unter der vereinfachenden Annahme, daß die halmgutartigen Biomasseträger einen Heizwert (Hu) von rd. 4,5 MWh pro Tonne Trockenmasse (TM) besit-

III. Bereitstellung von Biomasseenergieträgern

zen und Holz rd. 4,75 MWh/t TM, lassen sich diese Angaben leicht in Kosten pro Tonne Trockenmasse umrechnen.

Abb. 2: Kosten der Biomassebereitstellung (DM/MWh) frei Anlage



Quelle: Wintzer et al. 1993, 1994 und Hartmann und Strehler 1995

Als halmgutartige Energieträger können gezielt angebautes Ganzpflanzen-Getreide (GPG), Miscanthus (Misc.) und Energiegras (E-Gras) genutzt werden, die jedoch, verglichen mit den Reststoffen Stroh und dem in der Landschaftspflege anfallenden Pflegegras (P-Gras), rd. doppelt so teuer sind. Eine höhere Verdichtung dieser halmgutartigen Energieträger zu Pellets ist mit deutlichen Mehrkosten verbunden, die im Durchschnitt zwischen 10 und 15 DM/MWh betragen (vgl. Abb. 2).

Aus der Sicht der Bereitstellungskosten sind Holzhackschnitzel aus Wald- und Industrierestholz (W-/I-Restholz) in der Regel günstiger als beispielsweise Stroh. Die Bereitstellung von Holzhackschnitzel (z.B. aus Pappeln) über Schnellwuchsplantagen (SWP) ist dagegen in etwa ähnlich teuer wie die Bereitstellung von Ganzpflanzen-Getreide.

Im Vergleich mit einem Heizölpreis von rd. 45 Pf/l bzw. 45 DM/MWh scheinen die Reststoffe Pflegegras, Stroh und Restholz als Energieträger auf den ersten Blick nur halb so teuer zu sein. Da jedoch die Investitionskosten für Anla-

gen zur energetischen Nutzung von Biomasse mehr als doppelt so hoch, der Betrieb dieser Anlagen aufwendiger und die realisierbaren energetischen Wirkungsgrade ungünstiger sind, besteht im Vergleich zu fossilen Energieträgern immer noch ein Subventionsbedarf. Sofern die Biomasse gratis frei Verwertungsanlage angeliefert wird, könnte auf eine solche Subventionierung i.d.R. verzichtet werden. Nähere Angaben zu dem bestehenden Subventionsbedarf bei der energetischen Nutzung von Biomasse finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.

3. **Umweltaspekte der Biomassebereitstellung**

Wichtigster Umweltvorteil der Biomasseenergieträger ist ihr Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen durch die Substitution fossiler Energieträger. Die Höhe der CO₂-Ersparnis ist von der Energiebilanz des eingesetzten Biobrennstoffs und dem energetischen Substitutionsverhältnis zwischen dem nachwachsenden Energieträger und dem zu substituierenden fossilen Energieträger abhängig. Bei der Substitution von Erdgas sind die Einspareffekte mit 80-200 kg CO₂/MWh nur halb so groß wie beim Ersatz von Kohle (Wintzer et al. 1993).

Die Netto-CO₂-Bilanz der nachwachsenden Energieträger wird durch die Anbauintensität und den Energiebedarf zur Konditionierung (Häckseln, Trocknen, Verdichten) der Energiepflanzen bzw. Reststoffe bestimmt. Der Anteil des Energieverbrauchs zur Bereitstellung von Biomasse für energetische Zwecke am gesamten Energie-Input bewegt sich zwischen 25% (Stroh) und 60% (Energieheu). Mit Ausnahme der schnellwachsenden Baumarten ist etwa die Hälfte des Energiebedarfs im Bereich Anbau und Ernte auf die Stickstoffdüngung zurückzuführen. Bei den lignocelluloseartigen Biobrennstoffen, wie z.B. Stroh oder Miscanthus, ist von Bedeutung, ob auf die sehr energieaufwendige Verdichtung zu Pellets verzichtet werden kann.

Das CO₂-Minderungspotential der Biomasseenergieträger kann durch die Freisetzung klimarelevanter Gase, wie z.B. Distickstoffoxid oder Methan, verringert werden. Den bisherigen Erkenntnissen zufolge führen die N₂O-Emissionen, die je nach Standort-, Witterungs- und Düngungsbedingungen kleinflächig stark variieren können, bei den halmgutartigen Bioenergieträgern zu keiner ins Gewicht fallenden Verringerung des CO₂-Einsparungspotentials. Erstaufforstungsmaßnahmen führen zu einer **einmaligen CO₂-Einbindung**. Die Produktion von Brennholz mit schnellwachsenden Baumarten, die im Kurzumtrieb be-

III. Bereitstellung von Biomasseenergieträgern

wirtschaftet werden, ist aus Umweltsicht aufgrund der intensiveren Produktionsweise allerdings weniger vorteilhaft als die Holzerzeugung in nachhaltig bewirtschafteten Waldbeständen.

Vereinzelt geäußerte Befürchtungen, daß die gezielte Erzeugung von Energiepflanzen mit einer höheren Anbauintensität, d.h. mit mehr Dünge- und Pflanzenschutzmitteln erfolgen wird als der Anbau von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen, sind nicht bestätigt worden. Die aus dem Anbau nachwachsender Energiepflanzen resultierenden Gefährdungsrisiken für Boden, Wasser und die belebte Umwelt sind von der Produktionsintensität abhängig. Diese wird ihrerseits durch die agrarpolitischen Rahmenbedingungen (Erzeugerpreise, Bewirtschaftungsauflagen, usw.) bestimmt, die flächendeckend sowohl für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen als auch von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen gelten. Im Gegensatz zu den Nahrungs- und Futtermitteln ist das Produktionsziel bei den biogenen Festbrennstoffen kein hoher Eiweiß- und Ölgehalt, sondern ein hoher Anteil an Lignocellulose. Dafür geeignete Energiepflanzen dürften deshalb tendenziell mit einer **geringeren Intensität** angebaut werden als Nahrungs- und Futtermittelpflanzen. Aus verbrennungstechnischer und emissionsseitiger Sicht sind Biomasseenergieträger mit geringen Stickstoff-, Kalium- und Chloridgehalten vorteilhaft.

Der Anbau nachwachsender Energiepflanzen dürfte in absehbarer Zeit nicht in Flächenkonkurrenz mit den Belangen des Natur- und Umweltschutzes treten. Aufgrund der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist vielmehr damit zu rechnen, daß die energetische Nutzung einen **Beitrag zur Ausweitung der Flächenpflege** leisten kann. Spätgeschnittenes Gras von schützenswerten Flächen ist ein schlechtes Futtermittel, aber ein interessanter Biobrennstoff.

Fazit

Die agrarpolitischen Rahmenbedingungen haben, bedingt durch die EU-Agrarreform und die Gewährung einer Stilllegungsprämie, zu einer **Kostensenkung bei den gezielt angebauten Energiepflanzen** geführt. Wird der Stilllegungsausgleich nicht berücksichtigt, reduziert sich diese Kostensenkung auf erzeugerpreis- und agrarstrukturbedingte Rationalisierungseffekte. Die deutlich näher an der Schwelle zur Wettbewerbsfähigkeit befindlichen land- und forstwirtschaftlichen Reststoffe können von diesen Vorteilen jedoch nicht profitieren.

Es ist nicht erkennbar, daß sich durch die gegebenen agrarpolitischen Rahmenbedingungen die Kosten der Biomassebereitstellung über gezielt angebaute

3. *Umweltaspekte der Biomassebereitstellung*

Pflanzenarten mittelfristig noch wesentlich reduzieren lassen. Ansatzpunkt wäre hier vielmehr die gezielte Förderung der Verwendung von Reststoffen aus der Land- und Forstwirtschaft.

Die Anbauintensität und die damit zusammenhängenden Umweltauswirkungen der Erzeugung von Energiepflanzen werden von den agrar- und umweltpolitischen Rahmenbedingungen bestimmt, die gleichermaßen für die Nahrungs- und Futtermittel als auch für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen gelten. Mit erhöhten Umweltbelastungen durch den Anbau von Biomasseenergieträgern ist nicht zu rechnen. Vielmehr dürften die Energiepflanzen im Vergleich zu den Nahrungs- und Futtermittelpflanzen tendenziell mit einer geringeren Intensität angebaut werden, da aus verbrennungstechnischer und emissionsseitiger Sicht Biomasseenergieträger mit einem hohen Anteil an Lignocellulose bzw. geringen Stickstoff-, Kalium- und Chloridgehalten vorteilhaft sind.

IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen

1. Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeit der Energiegewinnung aus fester Biomasse wird entscheidend vom Preisniveau der zu substituierenden fossilen Energieträger mitbestimmt. Je nach Standort und Größenklasse der Biomassefeuerungsanlage handelt es sich bei den konkurrierenden fossilen Energieträgern um leichtes Heizöl, Erdgas, Braun- oder Steinkohle. Da bei der Verbrennung von Biomasse größtenteils bzw. ausschließlich Wärme erzeugt wird, werden die Energiegestehungskosten in der Regel mit den Energiepreisen für Heizöl oder Erdgas verglichen.

Die Energiegewinnung aus Biomasse kann bis auf einige wenige Ausnahmen auf der Basis derzeitiger Preise nicht gegen fossile Energieträger konkurrieren. Die Investitionen für eine Biomassefeuerungsanlage inklusive der Aufwendungen für die Anlieferung, Lagerung, Feuerung und Rauchgasbehandlung sind mehr als doppelt so hoch als für eine vergleichbare Anlage, die mit Heizöl oder Erdgas betrieben wird.

Das Preisniveau für fossile Energieträger hat sich in den vergangenen Jahren trotz weiter zurückgehender fossiler Energievorräte nicht nach oben, sondern real nach unten bewegt. Beispielhaft hierfür sind in Abbildung 3 die Preise für leichtes Heizöl für Groß- und Endverbraucher von 1982 bis zur Gegenwart dargestellt.

Der derzeitige Heizölpreis (mit Steuern) in Deutschland liegt im Vergleich zu anderen europäischen Staaten im unteren Mittelfeld (s. Abb. 4). Eine Angleichung der deutschen Heizölpreise an das dänische oder italienische Energiepreisniveau würde die Konkurrenzfähigkeit der Wärmeerzeugung aus Biomasse deutlich verbessern.

Leichte Energiepreiserhöhungen bei den fossilen Energieträgern führen noch nicht zu einer entscheidenden Verbesserung der Wettbewerbsverhältnisse für biogene Festbrennstoffe. Erst wenn der Weltmarktpreis für Rohöl zwischen 45 und 95 Dollar/barrrel liegt, wird ein Anbau von schnellwachsenden Baumarten oder Energiegras interessant. Der Einsatz von Industrierestholz und ande-

IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen

ren besonders kostengünstigen Biobrennstoffen kann in Einzelfällen bereits ab 25 Dollar/barrel wirtschaftlich werden.

Abb. 3: Entwicklung der Groß- und Endverbraucherpreise (vor Steuern) für leichtes Heizöl zwischen 1982 und 1994 in Deutschland

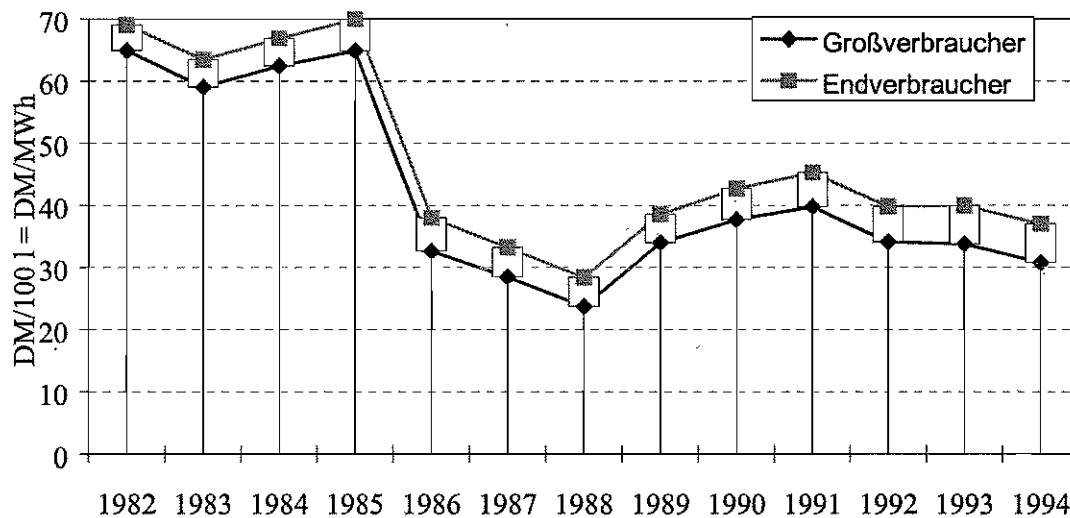
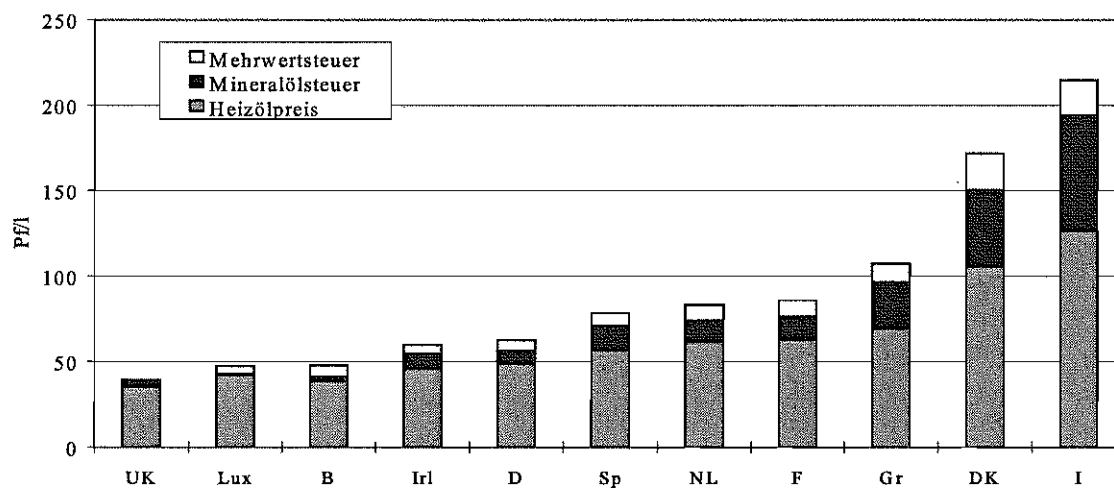


Abb. 4: Vergleich der Endverbraucherpreise für leichtes Heizöl (mit Steuern) in Deutschland und anderen EU-Staaten



Quelle: BMWi 1995

2. Anlagenbestand und Stand der Technik

Die energetische Nutzung von fester Biomasse ist insbesondere zur Bereitstellung von Raumwärme interessant. In diesem Markt verliert die Nah- bzw. Fernwärmeversorgung aus Biomasse vor allem in Neubaugebieten immer mehr potentielle Neukunden wegen der ungünstigen Konkurrenzverhältnisse an die Erdgasversorger. Die Verlegung neuer Wärmeleitungen in Neubaugebieten ist interessant, weil sie kostengünstiger ist als in bestehenden Wohngebieten. Wegen der **Preisgünstigkeit, Bequemlichkeit und relativen Umweltfreundlichkeit von Erdgas** ist in Deutschland die Zahl der gasbeheizten Wohnungen bis 1994 auf rd. 12,4 Mio. angestiegen. Dies entspricht einem Anteil von 35,5% am gesamten Wohnungsbestand (Ruhrgas 1995). Von den Neubauwohnungen werden über zwei Drittel mit einer Erdgasheizung ausgestattet und auch bei der Umstellung von einer Heizenergie auf eine andere wird bevorzugt Erdgas gewählt. Der Erdgaspreis, der sich wegen der zwischen Erdgasproduzenten und Importgesellschaften vereinbarten Anpassungsmechanismen in Anlehnung an den Heizölpreis bewegt, ist in den vergangenen Jahren nicht nennenswert angestiegen.

Die Preise für Erdgas können je nach Abnahmebedingungen zwischen den einzelnen Städten und Versorgungsgebieten große Unterschiede aufweisen. Der Vergleich typischer Abnahmeverhältnisse für bestimmte Städte oder Versorgungsgebiete eines Landes mit ähnlicher Bevölkerungszahl, wirtschaftlicher Bedeutung und Tarifzonenstruktur zeigt, daß Deutschland innerhalb der EU mit einem durchschnittlichen Erdgaspreis von 36,60 DM/MWh Industrie-Erdgas ohne Steuern eine Spitzenposition beim Erdgaspreis einnimmt (VIK 1995). Nach Angaben der NUS (1995) liegen die Erdgasendpreise für Kunden aus Industrie, Wirtschaft und öffentlichen Einrichtungen bei einer Abnahmemenge von rd. 3.000 MWh bis 30.000 MWh in Deutschland bei 31,60 DM/MWh und damit niedriger als in Italien (47,30 DM/MWh), in Schweden (44,10 DM/MWh) und in Frankreich (32 DM/MWh).

2. Anlagenbestand und Stand der Technik

2.1 Anlagenbestand

Bei den vorliegenden Angaben über den **Bestand** an mit fester Biomasse betriebenen Feuerungsanlagen und deren Leistungsfähigkeit handelt es sich um grobe Schätzungen, da entsprechende Statistiken nicht verfügbar sind. Die Anzahl der

IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen

holzbeheizten Kachelöfen, Zentralheizkessel, Herde und Backöfen mit einer Feuerungsleistung bis 15 kW wird auf 1,2-1,3 Mio. und die Zahl der größtenteils im gewerblichen Bereich betriebenen Holzfeuerungsanlagen mit einer Leistungskapazität zwischen 15 kW und 1 MW auf 200.000 geschätzt (Kalt-schnitt und Becher 1994). In Deutschland werden gegenwärtig rd. 2.000 Strohverbrennungsanlagen im Leistungsbereich bis 100 kW betrieben. Die in Schkölen (Thüringen) mit finanzieller Förderung durch die Bundesstiftung Umwelt errichtete Strohverbrennungsanlage hat eine Leistung von rd. 3 MW. Der Brennstoffverbrauch der strohverbrennenden Klein- und Großanlagen macht weniger als 0,5% des Brennstoffverbrauchs von Holzfeuerungsanlagen (ca. 97 PJ/a) aus (Hartmann und Strehler 1995).

Tab. 4: Absatz von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland

Jahr	Anzahl Feuerungen			Neu installierte Leistung in kW			Mittlere Leistung in kW pro Anlage		
	1992	1994	1994 in % von 1992	1992	1994	1994 in % von 1992	1992	1994	1994 in % von 1992
<15 kW	188.347	173.954	92	1.290.367	1.263.954	98	7	7	106
15-30 kW	19.986	21.391	107	484.750	513.428	106	24	24	99
51-100 kW	1.633	1.446	89	83.737	83.705	100	51	58	113
101-1.000 kW	796	958	120	247.137	305.974	124	310	319	103
> 1.000 kW	105	151	144	272.567	398.508	146	2596	2.639	102
Summe	210.867	197.900	94	2.378.558	2.565.569	108	11	13	115

Quelle: Hartmann 1995

Die Anzahl der verkauften Biomassefeuerungsanlagen ist von 1992 bis 1994 in Deutschland leicht (6%) zurückgegangen, während die mittlere Leistung etwas (8%) zugenommen hat (s. Tab. 4). Die Kleinf Feuerungsanlagen mit einer Leistung unterhalb 1 MW haben mit 85% der verkauften Feuerungsanlagen (davon 58% < 15 kW) eine deutlich größere Bedeutung beim Absatz als Anlagen oberhalb von 1 MW. Bei der neu installierten Leistung haben die größeren Biomassefeuerungsanlagen jedoch einen deutlich höheren Anteil als bei der Zahl der abgesetzten Biomassefeuerungsanlagen.

2. Anlagenbestand und Stand der Technik

Seit einigen Jahren ist ein langsam aber stetig wachsendes Interesse an Feuerungsanlagen für feste Biomasseenergieträger bei Privathaushalten, kleineren Gewerbebetrieben, aber auch bei industriellen und staatlichen Stellen erkennbar. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß die Biomasse zusammen mit den anderen regenerativen Energieträgern eine wichtige Rolle in der Diskussion über eine ressourcen- und klimaschonende Energienutzung einnimmt und in den beiden vergangenen Jahrzehnten **technische Fortschritte bei den Feuerungsanlagen** erzielt werden konnten. Hervorzuheben sind vor allem die Fortschritte bei der Verbesserung der Wirkungsgrade von Biomasseverbrennungsanlagen, beim Brennstoffausbrand und bei der Verringerung von Umweltbelastungen durch die Verbrennung von Biomasse unter Teillastbedingungen. Die für eine Stromerzeugung über einen Dampfkreislauf wichtigen Dampfparameter (Dampfdruck, Temperaturen) konnten ebenfalls entscheidend verbessert werden.

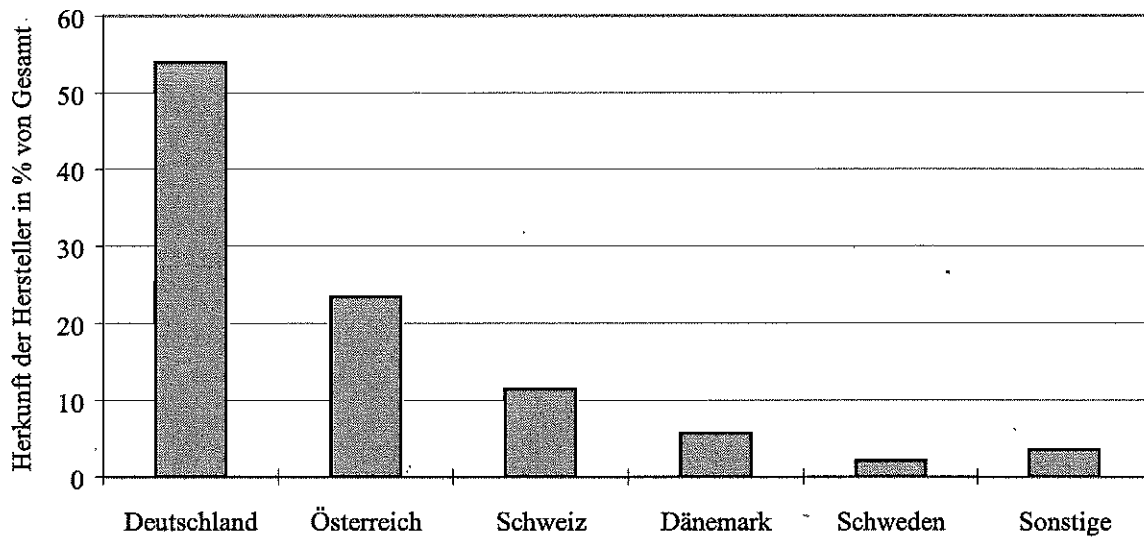
Einer aktuellen Erhebung zufolge gibt es derzeit **rd. 140 Hersteller**, die in Deutschland unterschiedlich gebaute und leistungsfähige Feuerungsgeräte oder Verbrennungsanlagen für feste Biomasse anbieten (Hartmann 1995). Die Anzahl der deutschen Herstellerfirmen (76) liegt um 15% höher als die Anzahl an ausländischen Anbietern. Der größte Teil der ausländischen Anbieter stammt aus Österreich, der Schweiz und aus Dänemark (s. Abb. 5). Bei den Herstellern handelt es sich zumeist um **mittelständische Betriebe**, die schwerpunktmäßig in Bayern (23), Nordrhein-Westfalen (16), Baden-Württemberg (14) und Hessen (13) angesiedelt sind. Die Branche der Feuerungsanlagenhersteller für feste Biomasseenergieträger berichtet gegenwärtig von ansteigenden Verkaufszahlen.

Von den derzeit auf dem Markt angebotenen Feuerungsanlagen für biogene Festbrennstoffe sind **59% zur ausschließlichen Holzverbrennung** konstruiert. Nur 10% sind auch zur Energiegewinnung aus Energiepflanzen und weitere 9% zur Strohverbrennung geeignet. Die Anlagen sind zu 31% auf die Scheitholzverbrennung, zu 28% auf Preßlinge und zu 26% auf Hackgut ausgelegt. Mit Häckselgut können 12% und mit Ballen 3% der Feuerungsanlagen betrieben werden. Die **Einzelfeuerstätten bilden mit 91%** aller Anlagenverkäufe die am häufigsten nachgefragte Feuerungsanlage für Biomasse.

Die Mehrzahl der Hersteller ist, zumindest was den Markt für Einzelfeuerstätten anbelangt, optimistisch und rechnet mit **Nachfragezuwächsen** bezogen auf die Gesamtnennleistung. Wachstumschancen werden bei Einzelfeuerungen mit 15-50 kW, aber auch bei größeren Leistungsklassen mit 100-1.000 kW und darüber gesehen. Die beschriebenen Verhältnisse beziehen sich allerdings fast ausschließlich auf den Markt von Kleinf Feuerungsanlagen. Bei Anlagen mit Leistungen über 1 MW sieht die Konkurrenzsituation, vom inländischen Stand-

punkt aus gesehen, deutlich ungünstiger aus. Die Auswertung der Machbarkeitsstudien zur Wärme- und Stromgewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen in Anlagen mit einer Leistung von 1-40 MW zeigte, daß in dieser Größenklasse die Anbieter aus Dänemark, Finnland, Österreich und Schweden einen technologischen Wissensvorsprung haben (Wintzer et al. 1994).

Abb. 5: Prozentuale Verteilung der in Deutschland anbietenden Hersteller von Feuerungsanlagen für feste Biomasseenergieträger (Stand 1995) nach Herkunftsland



Quelle: Hartmann 1995

Die Anzahl der stromeinspeisenden Biomasseverbrennungsanlagen hat in den letzten Jahren aufgrund der höheren Vergütung für Strom aus Biomasse durch das Stromeinspeisungsgesetz zugenommen. Von den 143 Anlagen im Jahr 1994 werden 23% mit Holz betrieben (Agra-Europe 1995). Die Zahl an holzbetriebenen, stromerzeugenden Feuerungsanlagen dürfte bis zum Jahr 2000 insgesamt um weitere 80 Erzeugungsanlagen in Sägewerken, der Möbel- bzw. Holzwerkstoffindustrie sowie der Entsorgungswirtschaft ansteigen. Das Einspeisevolumen für alle Anlagen, die Strom aus Biomasse erzeugen, wird dadurch von derzeit 41 GWh auf insgesamt rd. 500 GWh pro Jahr zunehmen.

Trotz der unbestreitbaren Fortschritte bei Entwicklung, Verkauf und Nutzung von kleinen Biomassefeuerungsanlagen wird in Deutschland das verfügba-

re Potential an Bioenergieträgern nur in geringem Umfange zur Energiebereitstellung genutzt. Die Gründe, die einer Ausweitung der Biomasseverbrennung im Wege stehen, sind vielfältig. Sie unterscheiden sich je nach Art des Biobrennstoffs sowie der Größe und Technik der Biomassefeuerungsanlage.

2.2 Stand der Technik

Wegen der unterschiedlichen Zusammensetzung und **Brennstoffeigenschaften** von Holz einerseits und stroh- bzw. heuartiger Biomasse andererseits wird bei den nachfolgenden Ausführungen zum Stand der Technik zwischen Holzfeuerungen und Feuerungsanlagen für halmgutartige Biomasse unterschieden.

Tab. 5: Zusammensetzung und Brennstoffeigenschaften von Holz und halmgutartiger Biomasse

	<i>Holz</i>	<i>Halmgutartige Biobrennstoffe</i>
Kohlenstoffgehalt (in % von w.a.f.)	45-50	40-45
Sauerstoffgehalt (in % von w.a.f.)	41-46	36-44
Wasserstoffgehalt (in % von w.a.f.)	5,5-6,5	4,5-6,8
Stickstoffgehalt (in % von w.a.f.)	0,1-0,3	0,4-1,8
Schwefelgehalt (in % von w.a.f.)	<0,05	0,05-0,2
Chlorgehalt (in % von w.a.f.)	0,07-0,2	0,2-1
Flüchtige Bestandteile in %	70-85	70-75
Asche in %	<2	3-8
K ₂ O-Gehalt in % der Asche	8-15	12-44
Asche-Erweichungstemperatur in °C	1.000-1.550	700-1.380

Quelle: Gohla et al. 1995, Fahlin 1996

Aus verbrennungstechnischer Sicht ist die energetische Nutzung von Holz wegen der **höheren Ascheerweichungstemperatur und des niedrigeren Chlorgehalts** wesentlich einfacher als die Verbrennung von halmgutartigen Biobrennstoffen (s. Tab. 5).

2.2.1 **Holzverbrennungsanlagen**

Trotz der bereits genannten technischen Fortschritte bei Holzfeuerungsanlagen wird die Holzfeuerung meist nur als Zusatzfeuerung neben einer heizöl- oder erdgasbefeuerter Heizungsanlage betrieben. Zu den wichtigsten Hemmnissen die gegen einen Einsatz von Biomasse zur Wärmegewinnung in holzbefeuerten Einzelhausheizungen (nicht Kaminöfen) sprechen, gehören

- der **fehlende Komfort** im Vergleich zu anderen Energieträgern und die fehlende Kenntnisse über automatische Heizanlagen,
- die **baulichen Erfordernisse** (eigener Raum, freier Kamin, Holzlagerung) und
- die **mangelnde Wirtschaftlichkeit** (Holzkessel sind teurer als Öl- oder Gaskessel).

Die **Kleinfeuerungsanlagen bis 15 kW** können sowohl mit naturbelassenem Scheitholz als auch mit Hackschnitzeln betrieben werden. Der Wassergehalt des Holzes bestimmt aufgrund der meist fehlenden technischen Regulierungsmöglichkeiten die nutzbare Energie und die Umweltverträglichkeit der Verbrennung. Die in der Kleinfeuerungsanlagenverordnung gesetzlich vorgeschriebene "Lufttrockenheit" (2-3 Jahre Lagerdauer) für Brennholz soll verhindern, daß Holz mit hohen Feuchtigkeitsgehalten verbrannt wird. Fehlerhaftes Betreiberverhalten, unzureichende Luftzufuhr, ungeeignete Ofenbauarten und -größen sowie die Mitverbrennung von Abfällen (z.B. von Verpackungsmaterialien) können dennoch dazu führen, daß stark schwankende Mengen an Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC), Ruß, Teer und Aromaten emittiert werden.

Die umweltfreundliche Holzverbrennung in Kleinfeuerungsanlagen konnte in den letzten Jahren durch die Entwicklung neugestalteter Kesselräume spürbar verbessert werden. Beispiele hierfür sind

- die Nachverbrennung der Verbrennungsgase durch ihre erneute Passage durch das Glutbett,
- bessere Wärmedämmungen im oberen Bereich des Ofens, die zu einer schnelleren Erhöhung der Verbrennungstemperatur und zur Verringerung der insbesondere in der Anheizphase erzeugten umweltbelastenden Verbrennungsprodukte führen und
- die Integration von Katalysatoren in den Rauchgasstrom, die es ermöglichen, die durch Bedienungsängel zuvor entstandenen Schadstoffe weitgehend zu entfernen.

2. Anlagenbestand und Stand der Technik

Trotz dieser Verbesserung bleibt das Hauptproblem der **handbeschickten Holz-Heizungsanlagen unter 100 kW** (einschließlich der Zentralheizungen für ein Gebäude) die Gewährleistung einer vollständigen Verbrennung und die hohen CO- und HC-Emissionen beim Anheizen und in der Schlußglut. Die auf dem Markt befindlichen Anlagen weisen große Differenzen in den Emissionswerten auf. Durch eine gute Anpassung der Kesselraumgeometrie an den Brennstoff und das Einrichten einer Trocknungs- und Entgasungszone sowie Ausbrandzone lassen sich die CO-, HC- und Staubemissionen verringern.

Bei den **automatisch beschickten Holz-Heizungsanlagen unter 100 kW** werden meist Holzhackschnitzel mit einer Länge von 2-5 cm im kontinuierlichen Betrieb verbrannt. Der Lagerraumbedarf ist bei einer Schüttdichte von ca. 300 kg/m³ etwa siebenmal größer als bei Heizöl. Alle 3-4 Tage muß der Voratspuffer bei der Hackschnitzelheizung befüllt werden. Die CO- und HC-Werte sind deutlich besser als bei den handbeschickten absätzigen Feuerungen, während die Staubemissionen erfahrungsgemäß einige Probleme bereiten können. Sehr häufig werden Multizyklone zur Staubrückhaltung mitinstalliert. Haupthemmnis für eine breite Markteinführung sind die deutlich höheren Investitionen im Vergleich zur handbeschickten Anlage.

Bei den größeren Verbrennungsanlagen, die auf der Basis von Holz betrieben werden und die Wärme in ein Nah- oder Fernwärmenetz einspeisen, stehen die folgenden Hemmnisse im Vordergrund:

- der meist deutlich günstigere Wärmepreis von mit Heizöl oder Erdgas befeuerten Anlagen bei gleichzeitig höheren Aufwendungen zur Brennstoffbeschaffung und Ascheentsorgung,
- das schlechte Teillastverhalten von Biomassekesseln, das zusätzliche, fossil befeuerte Schwach- bzw. Spitzenlastkessel erforderlich macht und
- die Vorbehalte hinsichtlich der Emissionen und Geruchsbelästigungen.

Die älteste Technik zur Holzverbrennung in Anlagen mit einer Leistung über 1 MW ist die Rostfeuerung. Für kleinere Leistungen unter 1 MW ist die Unterschubfeuerung verbreitet. Welche Feuerungstechnologie in der Leistungsklasse oberhalb von 1 MW eingesetzt wird, hängt überwiegend von der Art der Biomasse, der Leistungsgröße der Anlage, der Stückigkeit und der Verdichtungsform ab. Folgende Technologien sind unter anderem für eine energetische Nutzung von Biomasse in Anlagen über 1 MW geeignet:

- verschiedene Arten von Rostfeuerungen,
- Unterschubfeuerungen,

IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen

- stationäre oder zirkulierende Wirbelschichten und
- Einblasfeuerungen (Staubfeuerungen).

Der Biobrennstoff Holz läßt sich mit den aufgeführten Technologien zufriedenstellend verbrennen. Um eine merkliche Marktdurchdringung mit diesen Technologien zu erreichen, müssen jedoch folgende Ansprüche erfüllt werden:

- Die Anlagen sollten möglichst automatisch und zumindest bei Anlagen mit einer Leistungsfähigkeit unter einigen MW ohne ständige Anwesenheit von Betriebspersonal betrieben werden können.
- Im Falle einer Kraft-Wärme-Kopplung sollte ein möglichst hoher elektrischer Wirkungsgrad erreicht werden.
- Die Verbrennung und Rauchgasbehandlung sollte auch unter Teillastbedingungen zu keinen erhöhten CO-, HC- und Partikelfrachten im Rauchgas führen.

In Dänemark werden vermehrt **Anlagen mit Brennwertausnutzung** installiert, die insbesondere bei größeren Anlagen auch mit Holz, das einen höheren Wassergehalt besitzt, betrieben werden können. Nach der Kondensation der Rauchgase kann ein wesentlicher Teil der im Wasserdampf enthaltenen Energie des Rauchgases genutzt werden, sofern Niedertemperaturwärme-Abnehmer vorhanden sind und die Wärmenutzungsgeräte (z.B. Radiatoren) auf geringere Vorlauftemperaturen ausgelegt sind. Mit der Rauchgaskondensation wird auch Staub, Schwefel und HCl mit auskondensiert. Die Einleitbedingungen für diese Kondensate sind regional verschieden, Neutralisationsanlagen sind bereits Standard.

2.2.2 Feuerungsanlagen für halmgutartige Biomasse

Hauptgründe für die verglichen mit Holzfeuerungsanlagen geringere Anzahl an **Einzelhausfeuerungen**, die mit halmgutartigen Brennstoffen (z.B. Stroh) betrieben werden und sich überwiegend in landwirtschaftlichen Gebäuden befinden, sind

- die schlechten Erfahrungen mit der Strohverbrennung aus den 70er Jahren und das Fehlen an gut funktionierenden Demonstrationsanlagen,
- der hohe Investitions- und Platzbedarf für die Anlagen und die Brennstofflagerung sowie

2. Anlagenbestand und Stand der Technik

- der Arbeitsaufwand zur Bedienung der Anlage und die zusätzlichen Kosten zur Bereitstellung leicht handhabbarer Brennstoffformen, die eine automatische Brennstoffzufuhr möglich machen würden (z.B. Pellets).

Größere Anlagen, die mit Stroh befeuert werden und über ein Nahwärmekonzept verfügen, gibt es in Deutschland bisher mit Ausnahme des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Strohheizwerkes in Schkölen (Thüringen) nicht. Dies liegt an der mangelnden Wirtschaftlichkeit und an den in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich praktizierten Genehmigungsverfahren.

Die geringe Zahl an Strohverbrennungsanlagen ist darauf zurückzuführen, daß die Anlagenkosten höher sind als für holzbefeuerte Anlagen bzw. deutlich höher sind als für Feuerungsanlagen, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Der Einsatz kleiner Strohverbrennungsanlagen im landwirtschaftlichen Bereich rechnet sich nur dann, wenn das Stroh als kostenloser Brennstoff betrachtet wird und die Eigenleistungen für den Betrieb, die Überwachung und die Wartung der Anlage nicht berücksichtigt werden.

Stroh hat in der Regel einen **sehr geringen Wassergehalt** (ca. 15%), den Holz erst nach einer Abtrocknung durch eine längere Lagerung erreichen kann. Die energetische Strohnutzung wirft im Vergleich zu Holz weit mehr offene Fragen bezüglich der verbrennungstechnisch optimalen Konditionierungsform, der Logistik der Brennstoffbereitstellung und der Verbrennungstechnik (Ascheschmelzpunkt, Hochtemperaturkorrosion, Chlorwasserstoffemissionen) auf als die Holzverbrennung. Die zentralen Nachteile des Brennstoffs Stroh gegenüber Holz sind:

- Stroh muß zu Ballen, Briketts oder Pellets **verdichtet** werden, bevor es zwischengelagert und zur Verbrennungsanlage transportiert wird, da der Transport und die Lagerung von Strohhäckseln zu teuer sind.
- Der **Stickstoffgehalt** bei Stroh ist annähernd doppelt so hoch wie bei Holz. Die Einhaltung der TA-Luft ($<500 \text{ mg NO}_x/\text{m}^3$ für Anlagen über 1 MW) kann bei der Strohverbrennung zu Problemen bzw. Mehraufwendungen führen.
- Der **Chlorgehalt** bei pflanzenbürtigen Energieträgern führt zu Korrosionsproblemen an Kesselbauteilen (Lebensdauerprobleme) sowie zur Bildung von HCl und in geringem Umfange auch von Dioxinen und Furanen im Abgasstrom. Diese Gefahr ist wegen des etwa fünffach höheren Chlorgehalts von Stroh gegenüber Holz bei der Strohverbrennung besonders hoch.

- Der **Kaliumgehalt** bei Biobrennstoffen bestimmt weitgehend die Ascheerweichungstemperatur. Ascheerweichungen im Glutbett oder an den heißen Wänden verursachen Verklebungen, die, sofern sie nicht mit einem erheblichen Reinigungsaufwand entfernt werden, zum Stillstand der Anlage führen können. Der Kaliumgehalt der Asche schwankt bei Holz zwischen 8% und 15% und bei Stroh zwischen 12% und 44%.

Kleinfeuerungsanlagen mit einer Leistung unterhalb von 15 kW bei Neuanlagen sind für Stroh nicht praktikabel. Stroh-Heizungsanlagen unter 100 kW weisen noch viele technische Probleme auf. Für automatische Heizanlagen wären Strohpellets denkbar, sofern die Betttemperaturen unter der Ascheerweichungstemperatur bleiben. Stroh sollte bevorzugt in **Biomassekesseln mit einer Leistung über 1 MW** genutzt werden. Allerdings induzieren die geringen erlaubten Feuerraumtemperaturen niedrigere Temperaturen bei der Dampfüberhitzung als bei Holz mit der Folge eines geringeren elektrischen Gesamtwirkungsgrades von unter 20% bei Gegendruckanlagen von 1 bis 20 MW Feuerungsleistung. Die einzige Vorzeiganlage in Deutschland, das **Strohheizwerk von Schkölen** in Thüringen ist eine Demonstrationsanlage, die ausschließlich zur Wärmeversorgung von Schkölen eingesetzt wird.

Aufgrund des Potentials nichtgenutzten Strohs und der vergleichsweise geringen Brennstoffkosten ist es für die nahe Zukunft erwägenswert, diese Anlagentechnologie zur Strohverwertung weiterzuentwickeln. Aussichtsreich dürfte auch die Vergasung (evtl. mit vorgeschalteter, räumlich getrennter Pyrolyse) sein, wobei die oben beschriebenen Nachteile teilweise umgangen werden können.

Die einzelnen Prozessschritte bei der Verbrennung sind bislang nur unzureichend bekannt. Es gibt eine ganze Reihe von einfachen bis komplexen Modellansätzen, um die Verbrennung zu beschreiben. Insbesondere aus dem Bereich der Müllverbrennung und der Kohleverbrennung sind einige **Verbrennungsmodelle** bekannt. Für den Bereich Holz sind nur wenige komplexere, größtenteils ausländische Modelle (z.B. aus Dänemark und Finnland) bekannt. Ein universell einsetzbares Modell für den Brennstoff Holz wäre für künftige Weiterentwicklungen der Holzverbrennung von großem Vorteil.

3. **Umweltaspekte der Biomasseverbrennung**

Die immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungspflichtigen Kleinfeuerungsanlagen müssen als Mindeststandard die Vorgaben der **Verordnung über Kleinfeuerungsanlagen** (1. BImSchV 1988) einhalten. Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe bis einschließlich 15 kW Nennwärmeleistung bei Neuanlagen (22 kW bei Altanlagen) dürfen mit stückigem Holz betrieben werden. Gemäß der Kleinfeuerungsanlagenverordnung müssen die staubförmigen Emissionen ab 15 kW auf 150 mg/Nm³ und die Kohlenmonoxidkonzentration in Abhängigkeit von der Feuerungsleistung auf 500-4.000 mg/Nm³ begrenzt werden (s. Tab. 6). Moderne Feuerungsanlagen können bei sachgemäßer Handhabung CO-Konzentrationen im Abgas erreichen, die deutlich unter den gesetzlich vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerten liegen.

Bei der energetischen Nutzung von Biomasse in immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtigen Feuerungsanlagen mit einer Feuerungsleistung von einem MW und mehr müssen die **Emissionsgrenzwerte der TA-Luft** (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) eingehalten werden (s. Tab. 6). Dies bereitet bei steigender Anlagengröße in der Regel keine Schwierigkeiten. Die Emissionsfaktoren sinken, weil bessere Prozeßregelsysteme und effektivere Flugaschenabscheidungen eingesetzt werden können. Die signifikantesten Emissionsminderungen treten bei Staub und CO, aber auch bei den polyzyklischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und dem Benzo(a)pyren (BaP) auf. Eine Reduktion der Flugstaubmenge im Rauchgas führt zu einer Reduktion der Dioxin- und Furanemissionen (PCDD/F), da diese an der Oberfläche der Flugaschenpartikel gebildet werden (Obernberger 1995).

Die strengen **Anforderung der 17. BImSchV** (s. Tab. 6) müssen nur dann eingehalten werden, wenn die Feuerungsanlagen mit Holzbrennstoffen betrieben werden, die mit Holzschutzmitteln behandelt wurden. In größeren Holzfeuerungsanlagen werden neben den naturbelassenen Hackschnitzeln, für die die Anforderungen der TA Luft gelten, auch Alt- und Resthölzer verfeuert, die den Grenzwerten der 17. BImSchV unterliegen. In solchen Fällen werden in Abhängigkeit von der Menge an zusätzlich eingesetzten Sonderbrennstoffen neue Mischmissionsgrenzwerte nach den Vorgaben der 17. BImSchV ermittelt.

IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen

Tab. 6: Emissionsgrenzwerte für Biomassefeuerungsanlagen

		1. BImSchV	TA Luft (Anlagen <50 MW*)	17. BImSchV
Gesamtstaub	mg/Nm ³	- (< 15 kW) 150 (> 15 kW)	50 150 (< 5 MW)	10
Kohlenmonoxid (CO)	mg/Nm ³	- (< 15 kW) 4.000 (15-50 kW) 2.000 (50-150 kW) 1.000 (150-500 kW) 500 (500-1.000 kW)	250	50
Organische Stoffe (Gesamtkohlen- stoff TOC)	mg/Nm ³	-	50	10
Schwefeloxide (SO _x), angegeben als SO ₂	mg/Nm ³	-	400	50 (200)
Stickstoffoxide (NO _x) als NO ₂	mg/Nm ³	-	500 300 (zWSF/sWSF >20 MW)	200 (400)
Gasförmige Fluor- wasserstoffe als HF	mg/Nm ³	-	2	1 (4)
Gasförmige Chlorverbindun- gen als HCl	mg/Nm ³	-	50	10 (60)
Phosphorwasser- stoff	mg/Nm ³	-	30	-
Cd, Th, Hg u. de- ren Verbindungen	mg/Nm ³	-	0,2	0,05
Pb, Cr, Cu, Mn	mg/Nm ³	-	5	0,5
Ni, As, Cr (VI)	mg/Nm ³	-	1	0,5
Dioxine und Fu- rane	ng I- TEq/Nm ³	-		0,1

*= Feuerungsanlagen für den Einsatz von Kohle, Koks, Kohlebriketts, Torf, Holz und Holzresten, die nicht mit Kunststoff beschichtet oder Holzschutzmitteln behandelt sind, mit einer Feuerungsleistung von <50 MW, bez. auf 11 Vol.-% O₂

3. Umweltaspekte der Biomasseverbrennung

Bei der Verbrennung von halmgutartigen Biobrennstoffen, die einen höheren Stickstoff- und Chlorgehalt besitzen als Holz, kann es zu erhöhten NO_x - und Chlor-Emissionen bzw. zu einer Überschreitung der zulässigen Grenzwerte kommen. Durch NO_x -mindernde Maßnahmen und die Zugabe von Calciumhydroxid oder anderer Adsorbentien können die NO_x - und HCl-Emissionen verringert werden. Zur Staubabscheidung werden Elektro- oder Gewebefilter eingesetzt.

Rauchgasgeführte Regelungsanlagen (Luftmengenregelung, Brennstoffvorschubregelung) sind bei der Nutzung geeigneter Biobrennstoffe in der Lage, unerwünschte Schadstoffe aus der Verbrennung gering zu halten. Kontinuierliche Messungen für die Standardwerte (CO , CO_2 , O_2 , NO , Staub) sind einfach durchführbar, schwieriger wird es für N_2O , Kohlenwasserstoffe und HCl (nicht leicht nachweisbar). Die Investitionen für Geräte und Installation lassen deren Einsatz nur für größere Leistungsbereiche zu. Die Entwicklung neuer, wirtschaftlich vertretbarer Technologien zur Staubabscheidung in kleineren Biomasseheizwerken sollte forciert werden, weil damit auch die Schwermetallemissionen verringert werden können. Aus dem Bereich der Müllverbrennung sind Infrarotkameras bekannt, die das Glutbett auf dem Rost überwachen. In dieser Hinsicht haben Wirbelschichtfeuerungsanlagen Vorteile, kommen aber aus ökonomischen Gründen kaum für Anlagen mit einer Feuerungsleistung unterhalb von 10 MW in Betracht.

Fazit

In Deutschland gibt es gegenwärtig über eine Million **holzbefeuerte Kleinfeuerungsanlagen unter 15 kW** Feuerungsleistung. Die Nachfrage nach Einzelöfen hat einen Markt für biomassebetriebene Kleinfeuerungsanlagen geschaffen, der durch eine Vielzahl an mittelständischen Unternehmen bedient wird. Die Hersteller haben ihren Sitz größtenteils in Deutschland, Österreich und Dänemark. Das oftmals schlechte Emissionsverhalten der holzbefeuerten Einzelöfen konnte in den letzten Jahren deutlich verbessert werden. Die FuE-Bemühungen sollten dennoch weitergetrieben werden, um Öfen zu konstruieren, die mit Biobrennstoffen zurecht kommen, die unterschiedliche Feuchte- und Energiegehalte sowie Brennstoffdichten aufweisen.

Das größte Hemmnis für **holzbefeuerte Feuerungsanlagen über 1 MW** ist die mangelnde Wirtschaftlichkeit gegenüber fossilen Energieträgern und der geringe Gesamtwirkungsgrad insbesondere bei Kraft-Wärme-Kopplung. Vorhan-

IV. Stand und Perspektiven für Biomasseverbrennungsanlagen

dene Technologien sollten verbessert bzw. neue Techniken entwickelt werden, um den niedrigen Gesamtwirkungsgrad bei der energetischen Nutzung von Biomasse zu erhöhen. Ansatzpunkte hierfür sind die Optimierung der Kraft-Wärme-Kopplung in HKW, die Nutzung der Niedertemperaturwärme aus der Rauchgaskondensation und eine Verbesserung der Verbrennungsregelung bei verschiedenen Feuerungen.

Die energetische Nutzung **halmgutartiger Biomasse** stellt wegen der geringen Energiedichte sowie wegen der niedrigeren Ascheerweichungstemperatur und des höheren Stickstoff- und Chlorgehalts deutlich höhere Ansprüche an die Brennstofflogistik und Verbrennungstechnik als die Holzverbrennung. Eine Erprobung ihres Einsatzes in verschiedenen Anlagenkonzepten oberhalb 1 MW wäre deshalb empfehlenswert.

Die Schadstoffemissionen aus biomassebefeuelten Anlagen sind bei manchen Kleinf Feuerungsanlagen und im Teillastbereich nicht befriedigend. Die Entwicklung neuer **Technologien**, die auch bei kleineren Anlagen eine effiziente und wirtschaftlich vertretbare Verringerung der Staub- und Schadstoffemissionen erlauben, könnte dazu beitragen, die insbesondere beim An- bzw. Abfahren der Feuerungsanlage und bei Teillast auftretenden Umweltbelastungen (Staub, CO, HC usw.) zu verringern.

V. Fördermaßnahmen

Auf EU-, Bundes- und Länderebene werden seit einigen Jahren verstärkte Anstrengungen unternommen, um die Ertragspotentiale, Kosten und Umweltaspekte der Biomassebereitstellung zu erforschen und bestehende Technologien zur energetischen Nutzung von Biomasse zu verbessern bzw. neue Verwertungstechniken zu entwickeln. Im Anhang dieses Sachstandsberichtes sind verschiedene **Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben** aufgelistet, die in jüngster Zeit von der EU, vom Bundeslandwirtschaftsministerium (BMELF) und von verschiedenen Länderregierungen durchgeführt wurden (s. Anhang 2.).

Die Zusammenstellung läßt erkennen, daß zwischen 1992 und 1995 verschiedene Forschungsprojekte zur Züchtung und zum Anbau von *Miscanthus sinensis Giganteus*, dem sogenannten Chinaschilf, stattgefunden haben. Im Mittelpunkt der **Miscanthusforschung** standen die Selektion bzw. Züchtung winterharter, krankheitsresistenter und ertragreicher Miscanthussorten, die sich mit Hilfe automatischer Mikrovermehrung und Auspflanzung kostengünstig erzeugen und anpflanzen lassen.

Ein zweiter Forschungsschwerpunkt im Bereich der Biomasseproduktion ist die **Züchtung, Kultivierung und Ernte von schnellwachsenden Baumarten**. Im Vordergrund stehen dabei Züchtungsarbeiten an Pappeln, Weiden und Aspen, die größtenteils am Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten in Hannoversch Münden durchgeführt werden. Daneben werden standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen sowie Beobachtungen zum Humushaushalt ehemals landwirtschaftlich genutzter Flächen nach Aufforstung mit schnellwachsenden Baumarten vorgenommen. Auf EU-Ebene wird insbesondere die Entwicklung spezieller, wirtschaftlich rentabler Ernte- und Lagertechniken für schnellwachsenden Baumarten verfolgt.

Andere ertragreiche Biomassepflanzen, wie z.B. die Zuckerhirse oder Kenaf, sind aufgrund der größtenteils ungeeigneten Standortbedingungen in Deutschland nur vereinzelt im Forschungsprogramm vertreten. Zunehmendes Interesse gewinnen derzeit Versuche zur Züchtung und zum Anbau von Ganzpflanzen-Getreide, Triticale, Roggen und verschiedenen Energiegräsern im Hinblick auf ihre Eignung als Biobrennstoffpflanzen.

Die Forschungsförderungen im Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse verteilen sich auf zwei Bereiche: die Pyrolyse und Vergasung bzw. die Verbrennung von Biomasse und die Planung und Durchführung von Modell-

und Pilotvorhaben. Die größtenteils von der EU geförderten Projekte zur Erforschung und Entwicklung der Pyrolyse und Vergasung von Biomasse werden bis auf einige Ausnahmen nicht unter deutscher Führung durchgeführt. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß Länder wie Dänemark, England und Italien, einen teilweise deutlichen Wissens- und Entwicklungsvorsprung auf diesem Gebiet besitzen.

Die im Anhang aufgeführten Forschungsvorhaben entspringen unterschiedlichen Förderprogrammen. Nachfolgend werden die wichtigsten von der EU, den Bundesministerien oder einzelnen Länderministerien aufgelegten Programme zur Förderung der Bereitstellung und energetischen Nutzung von Biomasse kurz vorgestellt.

1. Förderprogramme

1.1 Förderung durch die Europäische Union

Auf europäischer Ebene gibt es verschiedene Förderprogramme, deren Ziel es ist, die Entwicklung von sicheren und umweltverträglichen Energietechnologien zu unterstützen. Im Rahmen dieser, nachfolgend näher beschriebenen Programme werden auch Förderbeihilfen für Projekte, Forschungsvorhaben und Demonstrationsanlagen gewährt, mit denen die energetische Nutzung von Biomasse weiter vorangetrieben werden soll.

Über das 4. Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und technologische Entwicklung werden von 1994 bis 1998 unter dem Programmschwerpunkt **JOULE II** im Bereich Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration verschiedene Vorhaben im Bereich der nichtnuklearen Energien gefördert. Im Bereich 3 "Erneuerbare Energien" wird unter anderem auch die Energiegewinnung aus Biomasse und Abfällen unterstützt. In der Regel liegt der Beitrag der europäischen Gemeinschaft für FuE-Vorhaben auf Kostenbeteiligungsbasis bei höchstens 50% der gesamten zuschufähigen Kosten. Der Beitrag für Demonstrationsvorhaben liegt bei maximal 40% und sinkt mit zunehmender Marktnähe des Vorhabens ab.

Im Rahmen der Förderung von Energietechnologien in Europa (**THERMIE**) wurden verschiedene Projekte zur Wärme- und Stromgewinnung aus fester und flüssiger Bioenergie gefördert. Im Rahmen dieses Demonstrationsprogramms

1. Förderprogramme

werden unter anderem auch Finanzhilfen zur Umsetzung praxisreifer Energietechnologien im Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse gewährt. Im 4. Rahmenprogramm der EU wird THERMIE durch das Energieförderprogramm "Technologien für eine umweltfreundliche und effizientere Gewinnung und Nutzung von Energie" (CEET) fortgesetzt. Das Ziel des **CEET-Programms** (1994 bis 1998) mit einem Finanzvolumen von 967 Mio. ECU ist es, umweltfreundliche und effiziente Energietechnologien zu fördern. Schwerpunkte hierbei sind u.a. die **Strom- und Wärme-gewinnung** aus Schnellwuchsplantagen und anderen speziell angebauten Energiepflanzen, aus land- bzw. forstwirtschaftlichen Reststoffen sowie aus industriellen Biomasseabfällen. Gefördert wird auch die kombinierte Verbrennung von Kohle und Biomasse zur Emissionsminderung. Die Demonstrationsvorhaben werden je nach Marktreife mit **bis zu 40%** der zuschufähigen Projektkosten gefördert.

In dem von 1994-1998 laufenden Förderprogramm Agro-Industrial Research (**AIR**) wird die Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration im Bereich der Landwirtschaft und Fischerei einschließlich der Agrarindustrie, der Lebensmitteltechnologie und Forstwirtschaft sowie die Entwicklung des ländlichen Raumes bezuschußt. Dieses Programm mit einem Budget von insgesamt 607 Mio. ECU fördert u.a. die **Entwicklung von Bioenergie-Ketten auf der Basis land- und forstwirtschaftlicher Kulturen**, die zur Herstellung flüssiger und fester Biobrennstoffe für die Wärme- und Stromgewinnung angebaut und verarbeitet werden. Von besonderem Interesse ist die Förderung neuer standortspezifischer und traditioneller Energiepflanzen mit verbesserten Eigenschaften im Hinblick auf Ertrag, Qualität und Energiepotential. Verfahren zur technisch-ökonomischen Optimierung der Ernte-, Transport- und Lagertechnik zur Bereitstellung von Biomasse, anaerobe Vergärungstechniken und Prozesse zur Umwandlung fester Biomasse sind ebenfalls förderungswürdig. Im Bereich der Energieumwandlung steht die effizientere und umweltverträglichere Verbrennung von Biomasse zur Wärmeerzeugung in kleinen und großen Anlagen, neuartige Systeme der katalytischen Verbrennung und Untersuchungen zu Biomassevergasungssystemen und Verbrennungsanlagen im Mittelpunkt. Förderungsfähig sind auch Systemstudien zum Produkteinsatz, zu den Markterfordernissen und zu Umweltfragen. Die Zuschußhöhe beträgt in der Regel bis zu 50% der Gesamtkosten für FuE-Projekte und für Demonstrationsvorhaben. Bei öffentlichen Einrichtungen werden bis zu 100% der Zusatzkosten erstattet.

Die Nutzung erneuerbarer Energiequellen sowie die Vergrößerung ihres Marktanteils wird innerhalb des 4. Rahmenprogramms auch durch das **ALTENER-Programm** (1993 bis 1997) gefördert. Das Ziel von ALTENER ist es, den

Anteil alternativer Energieträger am gesamten Energieverbrauch zu erhöhen und zu einer **Verringerung der CO₂-Emissionen** bis zum Jahr 2005 um rd. 180 Mio. Tonnen sowie zu einer Verdreifachung der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energieträgern beizutragen. Die Schwerpunkte von ALTENER sind Studien zur Festlegung von Normen und technischen Vorschriften, die Schaffung von Infrastrukturen und Informationsnetzen für erneuerbare Energieträger und Maßnahmen zur Beurteilung der technischen Möglichkeiten sowie der wirtschaftlichen und ökologischen Vorteile der industriellen Energiegewinnung aus Biomasse. Dazu stehen rd. 76 Mio. DM zur Verfügung, von denen bis Ende 1994 bereits 28% zur Unterstützung von 114 Einzelprojekten ausgegeben wurden. Industrielle Pilotaktionen, die mit einem Einsatz von Biomasse aus Niederwald mit Kurzumtrieb und von C4-Pflanzen zur Energiegewinnung verbunden sind, werden mit einem Zuschuß von bis zu 30% der Gesamtkosten gefördert.

1.2 Förderung auf Bundesebene

Die Förderung nachwachsender Rohstoffe auf Bundesebene wurde durch die Abgabe der Teilzuständigkeit des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT), heute Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), an das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BMELF) zum 01.01.1993 in einer Hand gebündelt. Für Forschungs-, Entwicklungs- und Modellvorhaben sowie Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung nachwachsender Rohstoffe stehen dem BMELF seitdem jährlich rd. 55 Mio. DM des Bundeshaushaltes zur Verfügung. Die am 25.10.1993 in Gülzow bei Güstrow in Mecklenburg-Vorpommern gegründete und mit einer institutionellen Förderung in Höhe von rd. 2 Mio. DM pro Jahr ausgestattete **Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)** soll als Projektträger des BMELF einen nachhaltigen Beitrag für die Entwicklung und den Einsatz nachwachsender Rohstoffe unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeits- und Umweltaspekten leisten.

Ein Förderschwerpunkt der FNR im Bereich der Energiegewinnung aus Biomasse ist der Modellversuch "**Wärme- und Stromgewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen im Leistungsbereich 1 bis 40 MW**". Ziel des Vorhabens ist es, an geeigneten Standorten Modell- und Demonstrationsanlagen zur Energiegewinnung aus speziell angebauten Energiepflanzen zu errichten, um

1. Förderprogramme

daraus Erkenntnisse über die Wirtschaftlichkeit und den Betrieb derartiger Anlagen unter den Standort- und Rahmenbedingungen in Deutschland zu gewinnen.

Die Phase I "Erstellung von Machbarkeitsstudien" wurde von der FNR zu 100% gefördert. Nach deren wissenschaftlichen Beurteilung wurden von den 30 Machbarkeitsstudien die besten Projektvorschläge für eine weitere Förderung in der Phase II "Planung standortkonkreter Anlagen" ausgewählt. Die konkrete Anlagenplanung wurde in den alten Bundesländern zu 50% und in den neuen Bundesländern zu 60% bezuschußt. Nach Vorlage der bewilligten Planungsunterlagen sollen mehrere Biobrennstoffanlagen errichtet und die Betriebserfahrungen durch eine wissenschaftliche Begleitforschung ausgewertet werden. Wie sich gezeigt hat, ist der vorgesehene Investitionszuschuß von bis zu 50% der förderungsfähigen Investitionen unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sogar in günstigen Fällen nicht ausreichend, um die geplanten Biomasseanlagen realisieren zu können.

Die Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig, die Bundesanstalt für Forstwirtschaft und Holzwesen (BFH) in Hamburg und andere **Bundesforschungsanstalten des BMELF** bearbeiten mit ihren Etatmitteln Forschungsarbeiten im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe. Insgesamt werden vom Etat ca. 44 Mio. DM jährlich für Arbeiten über nachwachsende Rohstoffe verwendet. In der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft wird beispielsweise die Ertragsleistung von *Miscanthus sinensis Giganteus* untersucht. Die Bundesanstalt für Forstwirtschaft und Holzwesen beschäftigt sich dagegen schon seit längerem mit der Züchtung und dem Anbau von schnellwachsenden Baumarten.

Die **Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)** hat die Erstellung von Energiekonzepten und Machbarkeitsstudien zur umweltfreundlichen Energieversorgung sowie die ganzheitliche Bilanzierung nachwachsender Energieträger unter ökologischen Aspekten gefördert. Ein Schwerpunkt der DBU-Aktivitäten im Bereich der Energiegewinnung aus Biomasse stellt die Förderung des Strohheizwerkes in Schkölen (Thüringen) dar.

Das **ERP-Umwelt- und Energiesparprogramm** fördert die Nutzung erneuerbarer Energien, wenn dadurch Umweltbelastungen vermieden oder wesentlich verringert werden können. Die Förderung läuft über zinsverbilligte Darlehen in Höhe von bis zu 50% der förderfähigen Kosten. Die Darlehenskonditionen sind was die Laufzeiten, Zinssätze und tilgungsfreie Zeiten anbelangt, nach Alt- und Neubundesländern differenziert. Die Kredite laufen 10-20 Jahre, die Zinssätze bewegen sich zwischen 5,5% und 6% und der Darlehenshöchstbetrag beträgt

V. Fördermaßnahmen

eine Mio. DM. Darlehensberechtigt sind alle privaten gewerblichen Unternehmen, wobei kleinere und mittlere Unternehmen bevorzugt berücksichtigt werden.

In den neuen Bundesländern kann über das Gesetz zur Förderung von Maßnahmen zur Energieeinsparung und **Energieträgerumstellung** die Umstellung von Energiegewinnungsanlagen auf Biomasse oder andere umweltfreundliche Energieträger gefördert werden. Der Zuschuß umfaßt rd. 40% des förderfähigen Investitionsvolumens von maximal 3,5 Mio. DM.

Über das **Agrarinvestitionsförderprogramm** (AFP) werden durch Investitionsbeihilfen zur gezielten Energieeinsparung im Wirtschaftsteil landwirtschaftlicher Haupt- und Nebenerwerbsbetriebe in den alten Bundesländern u.a. Biomassefeuerungsanlagen gefördert. Die Grundlage der Förderung ist das Gesetz über die Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" vom 03.09.1969, zuletzt geändert durch Gesetz vom 11.11.1993 (Fischer et al. 1995). Für kleinere Investitionen bis maximal 150.000 DM wird für die Dauer von bis zu 10 Jahren ein Agrarkredit mit verbilligtem Zinssatz (5%) gewährt. Bei größeren Investitionen wird eine **kombinierte Investitionsförderung aus Zuschüssen für Baumaßnahmen** (bis zu 20% in nicht benachteiligten Gebieten für die ersten beiden betriebsnotwendigen Arbeitskräfte bzw. bis zu 30% in benachteiligten Gebieten bezogen auf 170.000 DM je betriebsnotwendiger Arbeitskraft) **und Zinsverbilligungen** (bis zu 5% für ein Kapitalmarktdarlehen von bis zu 340.000 DM) gewährt. Das förderfähige Höchstvolumen kann bis zu 1,5 Mio. DM und bei Betriebszusammenschlüssen bis zu 3 Mio. DM betragen.

Maßnahmen zur Energieeinsparung, Energieträgerumstellung und **Nutzung umweltverträglicher und kostengünstiger Energiearten** in der Landwirtschaft werden in den neuen Bundesländern gefördert, soweit diese zum Schutz und zur Verbesserung der Umwelt beitragen und nicht zu einer Produktionssteigerung führen. Der Zuschuß kann für Solar-, Biomasse- und Windkraftanlagen sowie für die Erneuerung von Kleinwasserkraftanlagen bis zu 40%, für alle anderen Maßnahmen bis zu 30% des förderfähigen Investitionsvolumens von max. 3,5 Mio. DM betragen.

Das Bundesministerium für Wirtschaft fördert aus Gründen des Umwelt- und Klimaschutzes über die Richtlinie zur **Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien** vom 01.08.1995 Maßnahmen zur Errichtung und Erweiterung von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen. Anlagen zur Wärme- und Stromerzeugung aus fester Biomasse werden ab einer installierten Feuerungswärmeleistung von 15 kW bei Holzfeuerungsanlagen und 100 kW

1. Förderprogramme

bei sonstigen Feuerungsanlagen mit 250 DM/kW je errichteter oder erweiterter installierter Feuerungswärmeleistung bis zu maximal 200.000 DM je Einzelanlage bezuschußt. Voraussetzung für die Gewährung von Fördermitteln ist, daß der Kesselwirkungsgrad mindestens 80% beträgt und die Emissionsgrenzwerte der 1. BImSchV bzw. der TA-Luft erfüllt werden (Bundesanzeiger 1995).

Die Zuwendungen für Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse, die von 1995-1998 gewährt werden, haben eine unerwartet starke Resonanz erfahren. Der Bundesanstalt in Eschborn liegen inzwischen rd. 30.000 Förderanträge vor. Da für Biomassefeuerungsanlagen ein Finanzvolumen von **jährlich 20 Mio. DM** zur Verfügung steht, konnte im vergangenen Jahr bei einem durchschnittlichen Fördersatz von 10.000 DM pro Antrag (40 kW pro Anlage) **nur 6,7% der Anträge** berücksichtigt werden. Auf der Basis einer Evaluierungserhebung, die das Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe derzeit durchführt, sollen die Förderrichtlinien im Herbst diesen Jahres überarbeitet werden (Schulz 1996). Eine erste Übersicht über die geförderten Biomassefeuerungen zeigt, daß es sich dabei bis auf wenige Ausnahmen um mit Stückholz betriebene Kessel mit einer **Leistung zwischen rd. 20 und 50 kW** handelt. Die **Investitionsbeihilfe** lag beim Stand von rd. 1,6 Mio. DM an vergebenen Fördermitteln im Durchschnitt bei rd. **37%**. Da größere Biomasseverbrennungsanlagen wegen der erforderlichen Planungsvorlaufzeiten nicht so rasch realisierbar sind wie Kleinfeuerungen, wird damit gerechnet, daß zukünftig auch Förderanträge für Anlagen mit 100-800 kW eingereicht werden.

1.3 Förderung auf Länderebene

Zu den wichtigsten organisatorischen Einrichtungen, die auf Länderebene die Interessen der Biomasseenergie vertritt, gehört das ausschließlich in Bayern tätige **Centrale Agrar-Rohstoffnutzung-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V. (C.A.R.M.E.N.)**. In anderen Bundesländern gibt es spezielle Arbeitskreise (z.B. in Baden-Württemberg), eigene Förderprogramme oder Konzepte (z.B. in Brandenburg oder Niedersachsen) oder konkrete Pilot- und Demonstrationsvorhaben (z.B. in Thüringen). Nachfolgend werden die in den einzelnen Bundesländern verfügbaren wichtigsten Maßnahmen zur Förderung der Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen aufgezeigt. Meist handelt es sich dabei um zinsvergünstigte Darlehen oder begrenzte Investitionszuschüsse für landwirtschaftliche Betriebe.

V. Fördermaßnahmen

In **Baden-Württemberg** werden gemäß den Richtlinien des Ministeriums für den Ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Baden-Württemberg über das Agrarinvestitionsprogramm (Richtlinie A) vom 12.04.1995 (Entwurf) sowie die Förderung von Investitionen im Regionalprogramm des Landes (Richtlinie B) vom 01.01.1993 die Umstellung auf Biomassefeuerungsanlagen mit zinsverbilligten Darlehen und Zuschüssen bis zu 35% der zuwendungsfähigen Kosten bezuschußt.

In **Bayern** wird über das bayerische Agrarkreditprogramm die Anwendung neuer Energietechnologien in landwirtschaftlichen Betrieben mit Zinszuschüssen gefördert. Das Umwelttechnologie-Förderprogramm bezuschußt praxisbezogene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben sowie die Erprobung technischer Methoden und Verfahren auf der Grundlage von Pilot- oder Demonstrationsvorhaben u.a. aus dem Bereich der Energieversorgung.

In **Brandenburg** soll über das Programm "Rationelle Energieverwendung und Erneuerbare Energiequellen" der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieaufkommen des Landes Brandenburg von gegenwärtig 0,2% auf bis zu 4% im Jahr 2010 erhöht werden. Um dies zu erreichen, werden u.a. Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse, wie z.B. Holz, Stroh oder andere pflanzliche Energierohstoffe, mit einem Zuschuß von bis zu 25% bei Anlagen mit ausschließlich thermischer Nutzung bzw. einem Zuschuß von bis zu 30% bei Anlagen, die der Wärme- und Stromgewinnung dienen, gefördert. Es werden maximal 800 DM/kW bei Anlagen bis 400 kW_{th} bzw. maximal 600 DM/kW bei Anlagen über 400 kW_{th} als zuwendungsfähige Kosten anerkannt. Über das Programm zur Energieeinsparung in der Land- und Forstwirtschaft werden bis zu 40% der förderungsfähigen Kosten von maximal 3,5 Mio. DM für Biomassefeuerungsanlagen bezuschußt.

In **Hessen** werden im Rahmen des hessischen Energiegesetzes (Gesetz über die Förderung rationeller und umweltfreundlicher Energienutzung in Hessen) vom 25.05.1990 verschiedene Maßnahmen zur rationellen und umweltverträglichen sowie gesamtwirtschaftlich preiswürdigen und sicheren Erzeugung und Verwendung von Energie durch Zuschüsse, kreditverbilligte Maßnahmen oder Landesbürgschaften gefördert. Strohfeuerungsanlagen und Holzfeuerungsanlagen zur Nutzung von Waldrestholz und Schwachholz sowie sonstige Anlagen zur energetischen Nutzung von Biomasse werden mit einem Zuschuß von bis zu 30% der förderungsfähigen Ausgaben unter einer Mio. DM bzw. zinsverbilligten Darlehen bei Vorhaben über einer Mio. DM gefördert.

In **Mecklenburg-Vorpommern** wird die energetische Nutzung von Biomasse oder nachwachsenden Rohstoffen bis zu 30% der zuwendungsfähigen Ge-

1. Förderprogramme

samtausgaben bzw. bei Demonstrationsanlagen bis zu 40% der förderfähigen Kosten bezuschußt. Über das Programm zur Energieeinsparung und Energieträgerumstellung in der Land- und Forstwirtschaft werden Investitionen für Biomassefeuerungsanlagen in Betrieben der Land- und Forstwirtschaft sowie Gärtnereien bis zu 40% von maximal 3,5 Mio. DM bezuschußt.

In **Niedersachsen** werden im Rahmen des Programms "Erneuerbare Energiequellen und rationelle Energieverwendung" u.a. Pilot-, Demonstrations- und Entwicklungsvorhaben zur energetischen Nutzung von Biomasse zur Erzeugung von Strom und Wärme mit bis zu 40% der Investitionskosten bezuschußt.

In **Nordrhein-Westfalen** werden Maßnahmen zur rationellen Energieverwendungen und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen ebenfalls gefördert. Netzgekoppelte Biomasseanlagen zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung werden mit 25% der zuwendungsfähigen Ausgaben bezuschußt. Bei Vorhaben mit zuwendungsfähigen Kosten von über einer Mio. DM besteht die Form der Zuwendung aus einem zinsvergünstigten Kredit.

In **Rheinland-Pfalz** werden bauliche Maßnahmen, die den Gebrauchswert von Mietwohnungen nachhaltig erhöhen und die allgemeinen Wohnverhältnisse auf Dauer verbessern u.a. durch die Installation von Anlagen zur Nutzung von Biomasse zur Beheizung und/oder Erwärmung von Brauchwasser mit einem Investitionszuschuß von 30% der förderungsfähigen Kosten von mindestens 4.000 DM und maximal 60.000 DM je Wohnung gefördert.

Im **Saarland** werden im Rahmen des Markteinführungsprogramms für erneuerbare Energieträger u.a. besonders umweltverträgliche Holzhackschnitzelfeuerungen und Strohfeuerungsanlagen bis im Einzelfall maximal 60.000 DM gefördert.

In **Sachsen** werden Maßnahmen der rationellen Energieverwendung und die Nutzung erneuerbarer Energiequellen, wie z.B. die Energiegewinnung aus Holz und anderen Biomassearten mit maximal 6.000 DM pro Anlage für Ein- oder Mehrfamilienhäuser gefördert. Daneben wird über das Programm "Energieeinsparung und Energieträgerumstellung" in landwirtschaftlichen Betrieben ein Zuschuß von 40% des förderungsfähigen Investitionsvolumen bei Biomassefeuerungsanlagen gewährt. Im Zusammenhang mit der Förderung der Sanierung der Fernwärmeversorgung wird die Errichtung oder Erneuerung von Fernwärmeerzeugungsanlagen mit Biomassefeuerung mit einem Höchstsatz von 25% gefördert.

In **Sachsen-Anhalt** werden Biomassefeuerungsanlagen in land- und forstwirtschaftlichen Betrieben mit projektbezogenen Zuschüssen von bis zu 40% von maximal 3,5 Mio. DM gefördert.

V. Fördermaßnahmen

In **Schleswig-Holstein** wird die Errichtung von Anlagen zur energetischen Biomassenutzung gefördert. Außerdem werden im Rahmen der Förderung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen und Nah-/Fernwärmenetzen Heizkraftwerke auf Biomassebasis und biomassebetriebene Blockheizkraftwerke mit Verbrennungsmotoren und Gasturbinen in Verbindung mit Nah- und Fernwärmenetzen mit bis zu 30% der förderfähigen Kosten bezuschußt. Für Versuchs- und Demonstrationsvorhaben beträgt der Zuschuß bis zu 40%. Im Rahmen des Programms zur Energieeinsparung in landwirtschaftlichen Betrieben wird die Errichtung von Biomasseanlagen sowie die Umstellung auf Biomassefeuerung mit einer Zinsverbilligung von bis zu 5% für Kapitaldarlehen bis zu einer Höhe von maximal 150.000 DM mit einer Laufzeit von bis zu 10 Jahren gewährt. Möglich ist auch eine kombinierte Investitionsförderung, deren Höhe von der Anzahl der Arbeitskräfte abhängig ist, bis zu einem förderungsfähigen Investitionsvolumen von 1,5 Mio. DM.

In **Thüringen** werden über das Energieförderprogramm Anlagen zur Erzeugung und Nutzung von Biomasse mit 2% bzw. maximal 300.000 DM bezuschußt. Pilot- und Demonstrationsvorhaben im Bereich der Biomassenutzung werden mit 35% bzw. maximal 500.000 DM pro Vorhaben gefördert. Außerdem werden Maßnahmen zur Energieeinsparung und Energieträgerumstellung in landwirtschaftlichen Betrieben gesondert gefördert. Biomasseanlagen werden mit bis zu 40% bezogen auf eine förderfähige Investitionssumme von 3,5 Mio. DM bezuschußt.

2. Gesetzliche Maßnahmen

Die energetische Nutzung von Biomasse wurde in den letzten Jahren auch durch eine Veränderung der agrarpolitischen bzw. energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen verbessert. Zu den wichtigsten gesetzgeberischen Maßnahmen zur Förderung des Anbaus und der energetischen Nutzung von Biomasse gehören die Gewährung der Flächenstillegungsprämie beim Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf stillgelegten Flächen sowie die höhere Vergütung für Biomassestrom durch das Stromeinspeisungsgesetz.

2.1 Flächenstilllegungsprämie

Seit 1992 erhalten die Landwirte für die Stilllegung von Ackerflächen zur Verringerung der Überschußproduktion im Bereich der Nahrungsmittel von der Europäischen Union flächenbezogene Entschädigungsprämien. Anfang 1993 hat die EU-Kommission Durchführungsbestimmungen zum Anbau ein- und mehrjähriger Energiepflanzen auf Dauer- und Rotationsbrachflächen erlassen, denen zufolge auf der gesamten, im Rahmen des konjunkturellen Programms stillgelegten Fläche oder Teilen davon nachwachsende Rohstoffe ohne Verlust der Flächenstilllegungsprämie angebaut werden dürfen. Voraussetzung dafür ist, daß ein Abnahmevertrag oder ein anderer Nachweis darüber, daß die Ernteerzeugnisse zur Herstellung von Industrie- oder Energieprodukten dienen, vorgelegt werden kann. Zur Anerkennung des Vertrages muß bei der zuständigen Behörde, der BLE in Frankfurt, vom Aufkäufer bzw. Erstverarbeiter eine Sicherheit in Höhe von 120% des Stilllegungsausgleichs hinterlegt werden. Für den Anbau von Pflanzenarten, die nicht mißbräuchlich im Nahrungs- bzw. Futtermittelbereich verwertet werden können, wie z.B. schnellwachsende Baumarten mit einer Umtriebszeit von höchstens 10 Jahren, gibt es vereinfachte Kontrollverfahren.

Die Flächenstilllegungsprämie, die primär als Instrument zur Reduzierung der Nahrungsmittelproduktion gedacht war, ist inzwischen zu einer wichtigen Finanzhilfe für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen geworden. Dies zeigt der Anstieg des Energierapsanbaus (00-Raps) von rd. 54.800 ha im Jahr 1993 auf gegenwärtig (1995) 330.500 ha. Das Fördervolumen für non-food-Ölträger und damit auch deren Anbauumfang ist begrenzt, da gemäß dem Blair-House-Abkommen mit den USA nicht mehr als eine Million Tonnen Sojabohnenmehl-äquivalente produziert werden dürfen und diese Obergrenze bereits zu 97% ausgeschöpft ist.

Von der Fläche, die 1995 für den Anbau nachwachsender Rohstoffe herangezogen wurde, entfielen gut 70% auf die Kraftstoffproduktion und nur 0,5% bzw. 0,2% auf die Erzeugung flüssiger bzw. fester Brennstoffe. Der Anbau von halmgutartigen Energiepflanzen stieg von 541 ha (1993) auf 734 ha (1995) an. Zur Ernte 1996 werden nur noch **rd. 400 ha** an halmgutartigen Biobrennstoffen auf stillgelegten Flächen angebaut. Das entspricht **0,14% der Stilllegungsfläche**, die in diesem Jahr für nachwachsende Rohstoffe genutzt wird. Der Anbau von halmgutartigen Pflanzen zur energetischen Endnutzung konzentriert sich auf die drei Bundesländer **Bayern, Rheinland-Pfalz und Thüringen**. Allein in Bayern befinden sich gut 71% der Flächen mit halmgutartigen Biobrennstoffen

V. Fördermaßnahmen

(s. Tab. 7). Der Anbau wird durch **Getreide-Ganzpflanzen** dominiert, die gut 85% der Fläche an festen Energiepflanzen ausmachen.

Tab. 7: Anbaufläche halmgutartiger Biobrennstoffe auf stillgelegten Flächen in Hektar (Stand 1996)

<i>Ausgangserzeugnis</i>	<i>Bayern</i>	<i>Rheinland-Pfalz</i>	<i>Thüringen</i>	<i>Summe</i>
Getreide-Ganzpflanze	248,2	98,7	-	346,9
Weizen (Triticum)	24,5	-	-	24,5
Weidelgras	-	-	17,9	17,9
Roggen (Secale)	8,4	-	-	8,4
Klee gras	4,9	-	-	4,9
Hafer (Avena)	3,68	-	-	3,68
Summe	289,68	98,7	17,9	406,28

Quelle: BLE 1996

Das Stilllegungsprogramm und witterungsbedingte Ertragseinbußen haben in den letzten Jahren zu einem Abbau der Überproduktion und der Lagerbestände geführt. Aufgrund der aktuellen Entwicklungen auf dem europäischen und globalen Getreidemarkt wurde der Mindestsatz für die Flächenstilllegung in der Europäischen Union von bisher 12% auf 10% im Jahr 1996 verringert. Eine weiter ansteigende Getreidenachfrage in bevölkerungsreichen Staaten wie China und Indien könnte dazu führen, daß der Stilllegungssatz weiter verringert und die verfügbare Anbaufläche für nachwachsende Energieträger eingeschränkt wird. Ein Stilllegungssatz von 5% und weniger ist bereits im Gespräch.

Im Rahmen der flankierenden Maßnahmen zur EU-Agrarreform unterstützt die Europäische Union die Aufforstung durch einmalige Kostenzuschüsse pro Hektar von bis zu 7.060 DM (Nadelbäume) bzw. 9.400 DM (Laubbäume) sowie zusätzliche jährliche Hektarbeihilfen von bis zu 1.400 DM. Die Beihilfe, die ins Leben gerufen wurde, um landwirtschaftliche Überschußflächen endgültig aus der Nahrungsmittelproduktion zu bekommen, hat allerdings wenig Resonanz gefunden. Ferner sind die Bundesländer berechtigt, bei der Aufforstung stillgelegter Flächen mit schnellwachsenden Baumarten 75-85% der Investitionen zu

2. Gesetzliche Maßnahmen

bezuschussen. Um den Anbau von Energieholz noch stärker zu fördern, wurde am 10.07.1995 vom Bundestag das Gesetz zur Gleichstellung von stillgelegten Flächen in Kraft gesetzt, dem zufolge Stilllegungsflächen, die mit schnellwachsenden Baumarten zur Energieerzeugung bepflanzt werden, weiterhin als Ackerflächen gelten (BGBl 1995). Damit unterliegen diese Flächen nicht mehr dem Bundeswaldgesetz, so daß dessen einschlägige Vorschriften, wie die Genehmigungspflicht für Erstaufforstung und Rodung oder das Verbot der Klärschlammasbringung, entfallen.

2.2 Stromeinspeisungsgesetz

Das Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz vom 07.12.1990 (Stromeinspeisungsgesetz), geändert durch Gesetz vom 19.07.1994 (Energie-Artikel-Gesetz) regelt die Abnahme und die Vergütung von Strom, der aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen wurde, durch die öffentlichen Elektrizitätsversorgungsunternehmen (BGBl 1990, BGBl 1995). Die Vergütung beträgt für Strom aus Wasserkraft, Deponie- und Klärgas sowie aus Produkten oder biologischen Rest- und Abfallstoffen der Land- und Forstwirtschaft, einschließlich der Holzabfälle aus der gewerblichen Be- und Verarbeitung von Holz, mindestens 80% des Durchschnittserlöses aus Stromlieferungen an die Endverbraucher im jeweils vorletzten Kalenderjahr.

Die Vergütung für Strom aus Biomasse ist von 13,84 Pf/kWh (75%) im Jahr 1991 auf 15,35 Pf/kWh (80%) im Jahr 1995 angestiegen (Agrar-Europe 1995). Die Vergütung für Strom aus Sonnenenergie und Windkraft liegt mit 90% des Durchschnittserlöses je kWh aus der Stromabgabe der EVU an alle Letztverbraucher höher als für Biomassestrom. Strom aus Anlagen mit einer installierten Generatorleistung über 5 MW sowie aus Anlagen, die zu über 25% der Bundesrepublik Deutschland, einem Bundesland oder öffentlichen Elektrizitätsunternehmen gehören, wird nicht gefördert.

Die Anzahl der stromeinspeisenden Biomasseverbrennungsanlagen ist von 51 Anlagen im Jahr 1990 auf 143 Anlagen im Jahr 1994 gestiegen. Davon werden 100 Anlagen mit Biogas, 33 Anlagen mit Holz und 10 Anlagen mit Rapsöl betrieben (Agrar-Europe 1995). Das Einspeisevolumen hat sich von 4 GWh im Jahr 1991 auf 41 GWh im Jahr 1994 erhöht. Trotz dieser prozentual gesehen beachtlichen Steigerung des eingespeisten Umfangs an Biomassestrom handelt es sich verglichen mit Einspeisungen durch Wind um kleine Mengen. Daran an-

V. Fördermaßnahmen

dert sich auch dann nichts, wenn berücksichtigt wird, daß bis zum Jahr 2000 durch weitere 80 Erzeugungsanlagen in Sägewerken, der Möbel- bzw. Holzwerkstoffindustrie sowie der Entsorgungswirtschaft schätzungsweise insgesamt **rd. 500 GWh pro Jahr** eingespeist werden.

Die Energiegewinnung aus Industrierestholz in den genannten Bereichen hat gegenüber der Restholzabgabe an Dritte den Vorteil, daß Entsorgungs- und Transportkosten eingespart werden können und der Betrieb einen Teil seines Eigenbedarfs an Prozeßwärme und Strom durch die gekoppelte Wärme- und Stromerzeugung vor Ort selbst decken kann. Die energetische Verwertung von naturbelassenen Holzrückständen stellt aufgrund ihrer vergleichsweise homogenen Qualität und der ausgereifteren Technik der Holzverbrennungsanlagen einen besonders günstigen Fall der Biomasseenergiegewinnung dar.

Bei den Elektrizitätsunternehmen fallen durch die Vergütung für Strom aus Biomasse Mehrkosten von derzeit **rd. 3 Mio. DM** an, die durch die Novellierung in den nächsten Jahren auf schätzungsweise 35 Mio. DM ansteigen werden. Durch das Stromeinspeisungsgesetz haben einige Unternehmen in Einzelfällen die Einspeisungsvergütungen gekürzt bzw. zahlen diese nur unter Vorbehalt, um dadurch eine verfassungsrechtliche Überprüfung des Stromeinspeisungsgesetzes zu erreichen. Nachdem das Bundesverfassungsgericht Ende 1994 die Förderung des Einsatzes heimischer Steinkohle in der Elektrizitätswirtschaft über den Kohlepfennig für verfassungswidrig erklärt hat, hofft die Elektrizitätswirtschaft, daß das Stromeinspeisungsgesetz aus den gleichen Gründen mit der Verfassung nicht vereinbar ist.

Fazit

Auf der EU-, Bundes- und Länderebene wurde in den vergangenen Jahren die Forschung, Entwicklung und auch Demonstration des Anbaus von Energiepflanzen und der Energiegewinnung aus fester Biomasse durch verschiedene Projekte gefördert. Die Forschungsschwerpunkte im Bereich des Anbaus lagen bei *Miscanthus sinensis Giganteus* und den schnellwachsenden Baumarten Weide und Pappel.

Daneben sind gesetzgeberische Schritte unternommen worden, die die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung verbessern sollen. Die finanzielle Förderung über die Flächenstilllegungsprämie für biogene Festbrennstoffpflanzen und die höhere Vergütung für Biomassestrom ist nicht ausreichend, um eine deutliche Steigerung des Biomasseenergie-

2. Gesetzliche Maßnahmen

anteils am Primärenergieverbrauch bewirken zu können. Auch die Investitionsbeihilfen des Bundes und der Länder, die zwischen 30 und 50% der förderfähigen Ausgaben liegen, verhelfen der Energiegewinnung aus Biomasse nur in Ausnahmefällen zu einer besseren Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Energieträgern.

VI. Biomasseinsatz in anderen europäischen Staaten

Trotz der Förderanstrengungen und des Wissenszuwachses beim Energiepflanzenanbau und der energetischen Biomasseverwertung ist der Beitrag der Biomasse zur Energiebereitstellung in Deutschland gemessen am Potential für die nächsten zehn Jahre immer noch bescheiden. Gründe dafür sind die für regenerative Energieträger ungünstigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen im allgemeinen und die niedrigen Preise für fossile Energieträger im besonderen.

In der EU gibt es sowohl Länder mit einem geringeren als auch höheren Anteil von Biomasseenergie am Primärenergieverbrauch. Die Ist-Situation wird hauptsächlich durch die aktuelle Preispolitik der Energieversorgung, der bestehenden oder geplanten Besteuerung fossiler Energieträger, der Art und finanziellen Ausstattung von Unterstützungsprogrammen für biogene Festbrennstoffe und den kulturellen und tradierten Gewohnheiten der einzelnen Länder bestimmt.

Zu den Ländern, die aufgrund ihres vergleichsweise hohen Biomasseanteils eine Vorbildfunktion einnehmen, gehören Schweden und Finnland, die u.a. wegen der hohen Besteuerung fossiler Energieträger **17-20% ihres Primärenergieverbrauchs** aus Biomasse beziehen (Mattsson 1996). Auch in Dänemark und Österreich, deren Verhältnisse nachfolgend näher betrachtet werden, liegt der Anteil der Biomasseenergie mit 8% bzw. 13% am Primärenergieverbrauch überdurchschnittlich hoch (Grillitsch 1995).

In Schweden werden gegenwärtig rd. 76 TWh/a Biomasse zur Erzeugung von Wärme und Strom eingesetzt. Dies entspricht einer Mengen von umgerechnet rd. 19 Mio. t Holz/a bzw. der sechsfachen Menge an Biomasse, die derzeit in Deutschland zur Energiegewinnung verwendet wird. Der größte Teil davon wird in der Zellstoff- und Papierindustrie und in der Holzverarbeitenden Industrie eingesetzt. Lediglich 30 TWh/a finden eine Verwendung außerhalb der Holzindustrie (Stridsberg 1995).

Der hohe Anteil der Biomasseenergie in Schweden ist einerseits auf den Ausbau der Zellstoff- und Papierindustrie in diesem Land zurückzuführen, andererseits aber auch auf die vergleichsweise hohen Energiepreise. Der Erdgaspreis in Schweden liegt nach Italien im europäischen Vergleich an zweiter Stelle und ist um 40% höher als in Deutschland (NUS 1995). Die schwedische Energiepolitik zielt auf eine Abkehr von der Kernkraft und auf eine deutliche

Reduktion des Öl- und Kohleverbrauchs. Bis 1980 fand auch in Schweden die energetische Biomasseverwertung größtenteils in den Kleinf Feuerungsanlagen im Privatbereich und in den Großanlagen der Holzindustrie statt. In den vergangenen 15 Jahren sind zusätzlich verschiedene dezentrale Heizwerke gebaut worden (Mattsson 1996). Eine Verdopplung des Energieanteils bis zum Jahr 2020 auf 145-150 TWh wird als möglich angesehen, da es im Bereich der Raumwärmeerzeugung teilweise bereits jetzt billiger ist, Biomasseheizungen anstelle von Ölheizungen zu verwenden. Wenn der vollständige Ausstieg aus der Kernkraft und der Umstieg von den fossilen Energieträgern im Raumwärmebereich auf Biomasse in Schweden gelingen soll, muß der derzeitige Biomasseanteil am Energieaufkommen verdreifacht werden.

1. Österreich

In Österreich werden ca. **13% der Energieversorgung (128 PJ)** über die Biomasse gedeckt (Grillitsch 1995). Dies entspricht rd. 9 Mio. t Holz/a bzw. der dreifachen Menge an Biomasse, die in Deutschland energetisch genutzt wird. Der Einsatz von Brennholz in Kleinf Feuerungsanlagen hat mit 63% den größten Anteil daran, gefolgt von der Ablaugeverbrennung in der Papierindustrie (8%), den Holzhackschnitzel- (8%) und Rindenfeuerungen (7,5%).

In Österreich hat der Einsatz von Holz zur Erzeugung von Raumwärme eine lange Tradition. Von den mit Hackschnitzeln oder Scheitholz betriebenen Kleinf Feuerungsanlagen sind ca. 500.000 älter als 10 Jahre und entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik (Lammer 1995). Die Strohverbrennung hat mit 0,7% nur einen untergeordneten Stellenwert. In den letzten 10 Jahren wurden in Österreich rd. 160 kleine Fernwärmenetze errichtet, die wegen der geringen Dimension der Anlagen (1-5 MW) und Trassenlängen (1-5 km) auch als Nahwärmenetze bezeichnet werden. Die Stromgewinnung aus Biomasse spielt in Österreich keine große Rolle. Der Schwerpunkt der Biomasseentwicklung in Österreich liegt in der **Wärmenutzung** über Biomasseheizzentralen mit Fernwärmenetzen oder über moderne Einzelhausheizungen mit Biomassekesseln (Hackschnitzel-, Holzpellets- oder Stückholzheizungen).

Die Zahl der **Biomassefernheizwerke** in Österreich, die Rinde, Hackgut und Sägespäne als Brennmaterial einsetzen, stieg in den letzten Jahren trotz ökonomisch schwieriger Randbedingungen an. Im Jahr 1994 waren **221 Biomasseheizwerke** zur Fern- und Prozeßwärmeversorgung mit einer Anlagengröße zwi-

1. Österreich

schen 0,5 und 10 MW_{th} in Betrieb (Oberberger 1995). Durch eine Anlagenkapazität von insgesamt 314 MW_{th} konnten 2,4 PJ/a oder 667 GWh durch **0,17 Mio. t Holz** in Österreich abgedeckt werden. Das energetische Biomassepotential, das in Österreich innerhalb der nächsten 10 Jahre zusätzlich auf nachhaltige Weise genutzt werden könnte, wird auf ca. 55 PJ/a geschätzt.

Der derzeit wichtigste, in österreichischen Biomassefernheizwerken eingesetzte Brennstoff ist die Rinde. Sie stellt 55% der insgesamt eingesetzten Brennstoffmenge in Höhe von rd. 143.000 t TS/a (Oberberger 1995). Der hohe Anteil von Rinde als Biobrennstoff ist primär auf ökonomische Gründe zurückzuführen, da die Biomassefernheizanlagen mit den niedrigen Preisen für fossile Energieträger konkurrieren müssen.

Die Brennstoffkosten frei Heizwerk liegen für Rinde bei 45-55 ÖS/Schütt-raummeter (Srm), für Industrierestholz mit Rinde bei 70-90 ÖS/Srm und für Waldhackgut bei 250-300 ÖS/Srm (Laucher 1995). Die Rinde ist damit der derzeit mit Abstand preisgünstigste verfügbare Biobrennstoff, der in österreichischen Biomasseheizwerken eingesetzt werden kann (Oberberger 1995). Das vergleichsweise teure Waldhackgut stammt überwiegend aus bäuerlicher Herkunft, da das in den Sägewerken anfallende Industrierestholz von der Papier- und Zellstoffindustrie verwertet wird.

Das zur Wärmeerzeugung eingesetzte Heizöl kostet in Österreich inklusive Steuern für Privathaushalte pro Liter HEL (Heizöl leicht) 3,2-3,6 ÖS (0,46-0,51 DM) und für Gewerbebetriebe und größere Anlagen pro Liter HEL 2,4-2,8 ÖS (0,34-0,4 DM). Damit befinden sich die Preise für leichtes Heizöl auf einem ähnlichen Niveau wie in Deutschland.

Die Abnehmer von Nah- oder Fernwärme aus Biomasseheizwerken sind in Österreich allerdings bereit, geringe Mehrkosten gegenüber mit fossilen Energieträgern bereitgestellte Wärme zu bezahlen. In Gebieten mit Fremdenverkehr werden wegen der Umweltvorteile der Biomassenergie teilweise Mehrkosten von bis zu 20% in Kauf genommen.

Strohverbrennungsanlagen gibt es nur in den östlichen Regionen Österreichs, d.h. in Niederösterreich und im Burgenland, wo Strohüberschüsse vorhanden sind und für energetische Zwecke genutzt werden können.

Der Hauptanwendungsbereich der Bioenergie ist der **Raumwärmemarkt**. Von den Wohnungen werden 19% mit Holz beheizt, und 29% des Raumwärmebedarfs inklusive Warmwasserbereitung wurden 1993 durch biogene Energieträger bereitgestellt. Die Gesamtleistung der kleinen, mittleren und großen Hackschnitzelfeuerungen ist bis 1994 auf 1.663 MW angestiegen.

Diese Zuwächse sind durch **Investitionsbeihilfen** des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft und einzelner engagierter Bundesländer, wie der Steiermark oder Niederösterreich, erreicht worden. Die Förderprogramme zur Wärmeversorgung aus Biomasse sind je nach Bundesland unterschiedlich. In der Steiermark, dem Bundesland mit dem höchsten Anteil an Biomassefernwärmenutzung und einem großen Waldanteil von 60%, sind 84 Heizwerke mit 120 MW Leistung in Betrieb (Lammer 1995). In Niederösterreich werden derzeit 70 Biomasse-Fernwärmeanlagen mit einer Gesamtleistung von ca. 95 MW betrieben und jährlich rd. 185.000 Srm Holz und 9.200 t Stroh verbraucht.

Die Investitionen für Fernwärmeerzeugungsanlagen und Fernwärmenetze wurden von 1988-1995 durch das **Fernwärmeförderungsgesetz** bezuschußt. Die Förderung wurde über einen Zinszuschuß von 3% pro Jahr über höchstens 10 Jahre oder, wenn die Investitionen unter 10 Millionen ÖS lagen, als einmalige Beihilfe in Höhe von 12% (8% vom Bund, 4% vom Land) der Investitionssumme gewährt. Mehrfachförderungen für die Errichtung von Nahwärmenetzen von zusammen bis zu 50% der Investitionen waren bzw. sind möglich, sofern die Heizwerke auf der Basis inländischer Biomasse betrieben werden. Vom Landesenergieverein Steiermark konnten lokale Investoren weitere Zuschüsse erhalten, die inklusive der Zuschüsse über das Fernwärmeförderungsgesetz und anderer Direktzuschüsse bis zu 36% der Investitionssumme bzw. maximal 2 Millionen ÖS betragen konnten, wenn überwiegend Energieträger aus der jeweiligen Region eingesetzt wurden.

Die Landwirtschaftskammer fördert die Einrichtung von Biomasseheizwerken einschließlich Wärmeverteilungsanlagen durch land- und forstwirtschaftliche Betriebe und Organisationen, sofern es sich um eine Fremdversorgung handelt und mindestens 75% der Energieträger aus dem regionalen Aufkommen stammen. Auch bei dieser Förderung handelt es sich um einen Investitionszuschuß, der aus einem Grundzuschuß von 10% und einem ergänzenden Zuschuß von maximal 30% besteht. Wenn für die Versorgung der Heizzentrale Energieholzflächen angelegt werden, können weitere 25.000 ÖS pro Hektar gewährt werden. Zur Einrichtung von Hackschnitzel-Lagerräumen gibt es ebenfalls Finanzbeihilfen in Höhe von bis zu 25% der Investitionskosten bzw. maximal 25.000 ÖS. Der Bau von Fernheizkraftwerken wird vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft über die Bereitstellung von Krediten mit einem Zinssatz von 5%, einer maximalen Laufzeit von 20 Jahren und einer tilgungsfreien Zeit von 2 Jahren gefördert. Im allgemeinen kann in Österreich mit einer aus mehreren Töpfen gespeisten Förderung von 20-30% der Investitionskosten gerechnet werden.

2. Dänemark

Der hohe Biomasseanteil in Österreich ist nicht allein auf die Investitionsbeihilfen, sondern auch auf die stark land- und forstwirtschaftliche Prägung der Kommunen, den traditionellen Einsatz von Holz zur Raumheizung, das Interesse am Erhalt von Arbeitsplätzen im ländlichen Raum und das hohe persönliche Engagement der Bürger zurückzuführen. Die Bereitstellung der Biomasse sowie die Erzeugung, Lieferung und Abnahme der Fernwärme ist meist in der Hand landwirtschaftlicher Genossenschaften, die nicht nur die Investitionen für eine Hackschnitzelanlage übernehmen, sondern diese auch beliefern, betreuen und warten. Die technisch-ökonomische Beratung übernimmt der Regionalenergieverband und die Ausfallhaftung der Waldverband.

Der Wärmewirkungsgrad liegt wegen hoher Wärmeverluste im Fernwärmenetz, überdimensionierter Rohrleitungen oder Fehler in der Netzregelung im Mittel bei rd. 60% (Obernberger 1995). Dennoch können Biomasseheizwerke aufgrund der derzeitigen Förderungssituation bereits bei Wärmepreisen von ca. 0,8-0,85 ÖS pro kWh wirtschaftlich betrieben werden (Lammer 1995). Der Zuwachs an Biomassefeuerungsanlagen in Österreich bleibt aufgrund der gegebenen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf absehbare Zeit von der Höhe staatlicher Förderungen abhängig. Ein weiter ansteigender Einsatz von Biomasseenergie ist auch in Österreich nur dann zu erwarten, wenn die Preise für fossile Energieträger deutlich höher liegen als dies gegenwärtig der Fall ist.

2. Dänemark

In Dänemark werden derzeit bereits 47% des verfügbaren Holzaufkommens (19 PJ/a) für energetische Zwecke verwendet (Mosbech 1994). Von der überschüssigen Strohmenge, die als Biobrennstoff verfügbar ist (ca. 2,5 Mio. t bzw. 36 PJ/a) wird ca. 1 Mio. bzw. 14 PJ/a jährlich genutzt. Die Biomasse, die in schätzungsweise 30.000 kleinen Strohöfen und in 25 holzbefeuerten bzw. 60 strohbefeuerten dezentralen Heizwerken eingesetzt wird, dient überwiegend der Bereitstellung von Raumwärme. Der Anbau von Energiepflanzen spielt trotz einer verfügbaren Stilllegungsfläche von rd. 230.000 ha keine Rolle, da die Nutzung der überschüssigen Biomasse deutliche Kostenvorteile gegenüber der Produktion von speziellen biogenen Festbrennstoffen aufweist.

Als Ergebnis fortlaufender Entwicklungs- und Demonstrationsarbeiten ist es in Dänemark gelungen, funktionierende Strohverbrennungsanlagen im MW-Bereich zu entwickeln, deren Betriebsablauf und Emissionsverhalten als befriedi-

gend eingestuft wird. Die Energieerzeugungskosten sind trotz technischer Fortschritte um 20-30% höher als in kohlebefeuelten Energieerzeugungsanlagen. Der Anteil der regenerativen Energieträger, der gegenwärtig bei 8% des Energieverbrauchs liegt, wird im Jahr 2005 schätzungsweise 10% betragen (Danish Energy Agency 1995). Eine höhere Ausschöpfung des verfügbaren Biomassepotentials ist ohne eine bessere Honorierung der CO₂-Vorteile durch Steuern oder Subventionen auch in Dänemark nicht zu erreichen.

Die Verabschiedung des Energiebereitstellungsgesetzes (1990) und der CO₂-Steuergesetze (1992) in Dänemark stellten einen ersten Schritt zur Veränderung der Wettbewerbsbedingungen zugunsten der regenerativen Energieträger dar (Danish Energy Agency 1993). Die Besteuerung fossiler Energieträger, freiwillige Vereinbarungen zum Einsatz regenerativer Energieträger und zeitlich befristete Zuschüsse für investive Energiesparmaßnahmen wurden beschlossen, um das gesteckte CO₂-Minderungsziel von 20% im Jahr 2005 bezogen auf das Jahr 1988 zu erreichen. Die erzielten Steuereinnahmen sind nicht nur zur Finanzierung von CO₂- und Energie-Einsparungsmaßnahmen gedacht, sondern sollen zur Verringerung der Sozialabgaben und zur Erhöhung der Beschäftigungsquote verwendet werden. Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit nicht zu gefährden, ist die Besteuerung energieintensiver Industriezweige deutlich geringer als die von Privathaushalten.

Die CO₂-/Energiesteuer für Haushalte liegt umgerechnet zwischen **150 und 230 DM/t CO₂**. Die CO₂-Komponente an dieser kombinierten Abgabe in Höhe von 100 DKK (27 DM)/t CO₂ ist abhängig von der Höhe der CO₂-Emissionen, die vom jeweils eingesetzten fossilen Energieträger freigesetzt werden. Die energieträgerspezifische Energiesteuer ist fast proportional zum Energiegehalt des verbrauchten Energieträgers. Umgerechnet auf die CO₂-Emissionen bewegt sich die Energiesteuer zwischen 122 und 203 DM/t CO₂.

Viele Energieverbraucher (z.B. die Raffinerien) sind von der CO₂-Steuer ausgenommen oder erhalten, wie beispielsweise der Bus-, Schiffs- oder Flugverkehr, die Steuer nahezu vollständig zurückerstattet. Alle mehrwertsteuerpflichtigen Unternehmen erhalten eine Kompensation von 50% der bezahlten CO₂-/Energiesteuern. Dadurch wurde sichergestellt, daß die Konkurrenzfähigkeit energie- und exportintensiver Industrieunternehmen im internationalen Wettbewerb nicht gefährdet wird (Danish Government 1995).

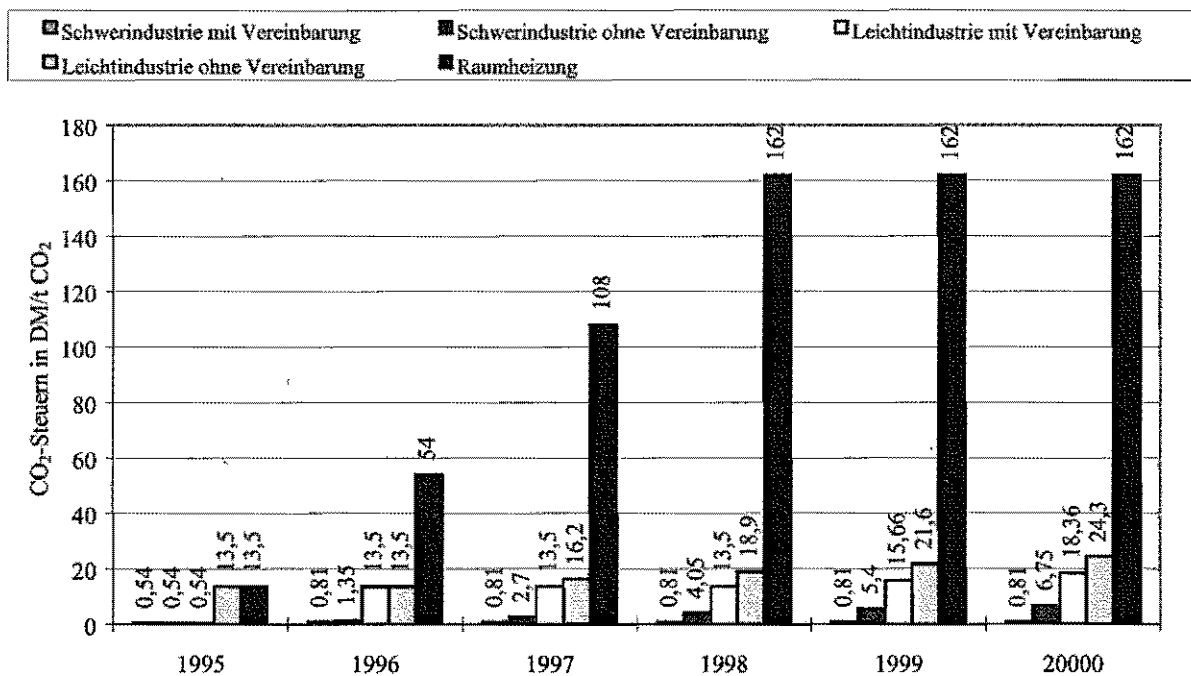
Das 1995 vereinfachte CO₂-Besteuerungssystem unterscheidet bei der Höhe der Besteuerung zwischen Leicht- und Schwerindustrie sowie der Raumheizung. Außerdem ist eine schrittweise Erhöhung der Belastung bis zum Jahr 2005 vorgesehen (s. Abb. 6). Die Raumheizung in mehrwertsteuerpflichtigen

2. Dänemark

Unternehmen wird in gleicher Höhe besteuert wie bei den Privathaushalten. Dadurch erhöht sich beispielsweise der Preis für Heizöl um rd 0,40 DM/l (Energiesteuer) und 0,073 DM/l (CO₂-Steuer). Energieintensive Industriebranchen können eine Steuerrückerstattung bis zu einem verbleibenden Rest von ca. 2.700 DM erhalten, sofern sie energieeinsparende Maßnahmen ergreifen.

Die Fernwärmenetze befinden sich in Dänemark größtenteils in der Hand von Verbrauchergemeinschaften, Kommunen oder Gemeinschaftsunternehmen, von denen ca. 300 gemeinnützigen Charakter haben. Die dänische Regierung hat im Hinblick auf das Ziel, den CO₂-Ausstoß bis zum Jahr 2005 um 20% zu reduzieren, die Stromerzeuger dazu verpflichtet, ab 2000 jährlich 1,2 Mio. t Stroh und 200.000 t Holzhackschnitzel zur Stromerzeugung einzusetzen (Mosbech 1994).

Abb. 6: CO₂-Steuern in Dänemark (DM/t CO₂)



Quelle: Danish Government 1995

Fazit

Der Anteil der Biomasse am Primärenergieverbrauch ist in Schweden, Finnland, Dänemark und Österreich deutlich höher als in Deutschland. Die Gründe hierfür sind unterschiedlich. In Schweden und Finnland stammt die Bioenergie größtenteils aus den Reststoffen, die bei der Holz-, Zellstoff- und Papierherstellung anfallen. In Österreich haben die traditionellen, holzbefeuerten Kleinfeuerungsanlagen der waldbesitzenden Landwirte einen nennenswerten Anteil an der Biomasseenergieerzeugung. Größere Anlagen profitieren von den sehr niedrigen Kosten für Rinde und den finanziell gut ausgestatteten Fördermaßnahmen (z.B. Fernwärmeförderungsgesetz). In Dänemark werden aufgrund des geringen Potentials an Wald- und Industrierestholz in größerem Umfang Strohöfen und Strohverbrennungsanlagen betrieben. In beiden Ländern spielt die **Raumwärmegewinnung aus Biomasse** eine deutlich größere Rolle als die Stromerzeugung.

Der höhere Biomasseanteil am Primärenergieverbrauch in den genannten Ländern ist auf das individuelle und gesellschaftspolitische Bestreben zurückzuführen, soweit wie möglich inländische, regenerative Energieträger einzusetzen. In Dänemark wird die Energiegewinnung aus Biomasse nicht nur durch FuE-Maßnahmen und Investitionsbeihilfen, sondern auch durch die Einführung einer **zeitlich und sektoral gestaffelten CO₂-/Energiesteuer** unterstützt. Die Einnahmen, die durch die Besteuerung fossiler Energieträger zusammenkommen, sollen durch die geplante Umstellung des Steuersystems weitgehend kostenneutral gestaltet werden. Niedrige Steuern für Industrieunternehmen und Rückerstattungen bei der Realisierung von Energiesparmaßnahmen sollen Nachteile im internationalen Wettbewerb und einen möglichen Verlust an Arbeitsplätzen verhindern.

VII. Erfahrungen aus bisherigen Fördermaßnahmen

Bei der Beantwortung der Frage, mit welchen finanziellen Anreizen der Einsatz von Biomasse zur Wärme- und Stromgewinnung gesteigert werden kann, ist ein Blick auf das erfolgreiche Vorgehen bei der Förderung der Energieerzeugung aus Windkraft und der bislang erfolgten Maßnahmen zur Erhöhung des Anteils an Bioenergie in Deutschland hilfreich.

1. Windenergieförderung

Das Bund-Länder-Programm "100 MW-Wind" zur Förderung und der Erprobung von Windenergieanlagen vom 24.5.1989 zog als wesentliche Bemessungsgrundlage die **erbrachte Jahresleistung** heran. Der Vorteil dieser betriebsbezogenen Förderung im Vergleich zur Investitionsförderung ist das daraus resultierende größere Interesse der Anlagenbetreiber an einer guten Auslastung und maximalen Energieausbeute sowie einem möglichst störungsfreien Betrieb. Außerdem sind die Anlagenhersteller stärker motiviert, störungsfrei laufende, wartungsfreundliche und möglichst langlebige Anlagen zu entwickeln und anzubieten.

Der nach der erzeugten Energiemenge bemessene **Betriebskostenzuschuß** belief sich zunächst auf 8 Pf je elektrischer kWh und war in der Höhe begrenzt. Unter bestimmten Voraussetzungen wurde anstelle des Betriebskostenzuschusses auch ein Investitionszuschuß gewährt. Dieser lag bei maximal 60% des Rechnungsbetrages für die Windenergieanlage einschließlich der Kosten für die Aufstellung auf einem vorhandenem Fundament. Die Förderung ist an die Verpflichtung des Zuwendungsempfängers geknüpft, für die Dauer von zehn Jahren an einem wissenschaftlichen Meß- und Evaluierungsprogramm teilzunehmen.

Das 100 MW-Wind-Programm fand ein unerwartet großes Interesse und wurde 1991 auf 250 MW aufgestockt (Bundesanzeiger 1991). Der Betriebskostenzuschuß wurde auf 0,06 DM/kWh erzeugter Energie für eingespeisten Strom bzw. 0,08 DM/kWh erzeugter Energie für selbstverbrauchten Strom festgelegt. Aufgrund geänderter Landesförderkonditionen der Küstenflächenländer wurde die Höchstgrenze des Betriebskostenzuschusses auf höchstens 25% der

VII. Erfahrungen aus bisherigen Fördermaßnahmen

zuwendungsfähigen Gesamtausgaben festgelegt. Der anstelle des Betriebskostenzuschusses mögliche Investitionszuschuß von 60% der förderfähigen Aufwendungen wurde auf 90.000 DM begrenzt. Die Ausgaben des BMBF für Investitions- und Betriebskostenzuschüsse im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms betragen bis zum 01.05.1995 insgesamt **108 Mio. DM** (Li et al. 1996). Im Jahr 1994 wurde die Windenergie über die Projektförderung (11 Mio. DM) und das 250 MW-Wind-Programm (27 Mio. DM) mit insgesamt 38 Mio. DM gefördert. Aufgrund der Beendigung des Programms Ende 1995 dürfte in den nächsten ein bis zwei Jahren der Höhepunkt der jährlichen Förderung erreicht werden. Der Mittelfluß wird allerdings noch bis 2006 anhalten, da sich die Betriebskostenzuschüsse über einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren erstrecken können.

Von größerer Bedeutung als die direkten Fördermaßnahmen durch das BMBF ist die indirekte Förderung der Energieerzeugung aus Windenergie durch das am 01.01.1991 vom Bundestag beschlossene Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien ins öffentliche Netz (Stromeinspeisungsgesetz). Für Strom aus Windkraft beträgt die Vergütung mindestens **90% des Durchschnittserlöses je kWh** aus der Stromabgabe von Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) an alle Endverbraucher. Von 1991 bis 1995 ist der Einspeisetarif von 16,61 Pf/kWh auf 17,28 Pf/kWh angestiegen (Li et al. 1996). Die Mehrkosten für die EVU und Stromverbraucher durch die höhere Stromvergütung betragen, ausgehend von einem Einspeisevolumen von 800 GWh und einer höheren Einspeisevergütung von durchschnittlich 9 Pf/kWh, im Jahr 1994 **rd. 70 Mio. DM** (Deutscher Bundestag 1995). Die starke indirekte Förderung durch das Stromeinspeisungsgesetz im Vergleich zur direkten Förderung durch das BMBF sei anhand der Förderung der Windenergie im Jahr 1994 beispielhaft dargestellt: Von dem gesamten Fördervolumen von 108 Mio. DM im Jahr 1994 wurden 65% über die höhere Stromvergütung und 35% über direkte Fördermaßnahmen des BMBF finanziert.

Die Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung hat aufgrund des Förderprogramms stark zugenommen. Allein im Jahr 1994 wurden 800 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 300 MW zugebaut (Keuper 1995). Der auf der Grundlage von Herstellerangaben ermittelte Bestand lag 1994 bei insgesamt 2.617 Anlagen mit einer Leistung von 643 MW. Die Kombination aus Investitions- und Betriebskostenzuschuß und die hohe Vergütung für den ins öffentliche Netz eingespeisten Strom haben zu einer großen Nachfrage nach Windenergieanlagen geführt. Der Trend zu leistungsstärkeren Anlagen hat, verbunden mit Preissenkungen durch Serienfertigungen, dazu beigetragen, die Windenergie zum

drittwichtigsten regenerativen Energieträger in Deutschland auszubauen. Der Anstieg der durchschnittlichen Leistung auf 400 kW hat zu einer Verringerung der Stromerzeugungskosten an Standorten mit hoher mittlerer Jahreswindgeschwindigkeit, wie sie an der Küste zu finden sind, auf 13-20 Pf/kWh geführt. Damit ist die Stromerzeugung im Mittel nur noch dreimal so teuer wie die eingesparten Brennstoffkosten in konventionellen Kraftwerken (Grawe 1996).

In Europa hat Deutschland mit 38% der installierten Gesamtleistung an Windenergieanlagen eine führende Rolle eingenommen und liegt noch vor Dänemark (32%). Nach Angaben des Verbandes Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) hat sich der Umsatz der Windkraftbranche 1994 auf rd. 800 Mio. DM verdoppelt und dürfte 1995 die Milliardengrenze überschreiten. Die Anzahl der Arbeitsplätze in dieser Branche beträgt inzwischen rd. 4.000 (VDMA 1995).

Mit dem **Eldorado-Programm Wind** für südliche Klimazonen wurde der Export von Windkraftanlagen mit einer Nennleistung ab 5 kW gefördert. Förderbedingung war, daß die Anlagen in Länder der südlichen Klimazonen ausgeliefert werden, die aufgrund bisheriger geringer Anwendung noch einen Demonstrationsbedarf aufweisen. Der **Exportzuschuß** lag bei bis zu 70% der Inlandslistenpreise der Anlagen ab Werk. Die Transportkosten zwischen der Bundesrepublik und dem Empfängerland wurden gegen Nachweis ebenfalls mit 70% bezuschußt. Der Anteil der seit 1990 ins Ausland verkauften Windenergieanlagen liegt im Schnitt bei 3,2% der hergestellten Windenergieanlagen. Die Erwartungen des Programms wurden damit nicht erfüllt.

Im Rahmen des 250 MW-Wind-Programms wurden Windenergieanlagen mit einer Leistung von mindestens 1 kW bei einer Windgeschwindigkeit von 10m/sec an geeigneten Standorten Deutschlands gefördert. Der Zuwachs an Windkraftanlagen dürfte sich in den nächsten Jahren deutlich verlangsamen, da die Förderung Ende 1995 ausgelaufen ist und die Standorte mit hoher Windgeschwindigkeit bereits besetzt sind. Günstige Chancen zur Einsparung fossiler Energieträger und CO₂-Emissionen finden sich dagegen noch auf dem Gebiet der energetischen Verwertung von Biomasse, wo die Fälle mit niedrigen CO₂-Vermeidungskosten noch nicht ausgeschöpft sind. Es wäre deshalb zu überlegen, ob die Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen nicht in ähnlicher Weise gefördert werden könnte wie die Energienutzung aus Windkraft.

2. Förderung der Energiegewinnung aus Biomasse

Im Rahmen des 1994 gestarteten Modellversuchs zur "Wärme- und Stromgewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen im Leistungsbereich 1 bis 40 MW" sollte an geeigneten Standorten Modell- und Demonstrationsanlagen zur Energiegewinnung aus speziell angebauten Energiepflanzen errichtet werden. Die Erfahrungen hieraus sollten einen wesentlichen Erkenntnisgewinn über die Wirtschaftlichkeit und den Betrieb derartiger Anlagen unter den Standort- und Rahmenbedingungen in Deutschland bringen.

Eine sorgfältige Auswertung der zweiten Phase dieses Modellversuches steht noch aus. Dennoch zeichnet sich folgendes ab: Die konkreten Vorplanungen zu den Demonstrationsanlagen zeigen, daß der vorgesehene Investitionszuschuß von bis zu 50% der förderungsfähigen Investitionen unter den gegenwärtigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen in günstigen Fällen kaum ausreicht, um die geplanten Biomasseanlagen wirtschaftlich betreiben zu können. Dies hängt u.a. damit zusammen, daß zu den Förderbedingungen des Modellversuches die Verpflichtung zur Verwertung gezielt angebaute Energiepflanzen gehört.

Bei der Auswertung der im Rahmen der Phase I des Modellversuchs erstellten Machbarkeitsstudien wurde erkennbar, daß weniger als die Hälfte der diskutierten Feuerungstechnologien von inländischen Herstellerfirmen stammen. Länder, wie z.B. Österreich oder Dänemark, in denen günstigere Rahmenbedingungen für eine energetische Nutzung von Biomasse bestehen, besitzen inzwischen einen mehr (Stroh) oder weniger (Holz)-großen **Technologievorsprung** gegenüber deutschen Herstellern. Dieser Abstand bei der Entwicklung und Produktion von Feuerungsanlagen wird sich weiter vergrößern, wenn nicht mit staatlichen Maßnahmen gegengesteuert wird.

Abgesehen von der indirekten Förderung über das Stromeinspeisungsgesetz wurden bisher die finanziellen Fördermaßnahmen zugunsten der Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen ausschließlich in Form von Investitionsbeihilfen gewährt (s. Kapitel V.). Diese **Art der Förderung** ist aus den folgenden Gründen für Anlagen im Bereich von 1 MW und darüber dringend **korrekturbedürftig**:

- Der Maßstab für die mögliche Förderung ist entweder ein bestimmter Festbetrag pro Leistungseinheit bis zu einer maximalen Obergrenze, wie dies beim Förderprogramm des BMWi für Kleinf Feuerungsanlagen der Fall ist, oder ein festgelegter Prozentsatz der förderfähigen Investitionssumme, wie es im Förderprogramm des BMELF zur Wärme- und Stromgewinnung für

2. Förderung der Energiegewinnung aus Biomasse

Anlagen von 1-40 MW Feuerungsleistung vorgesehen ist. In beiden Förderprogrammen ist die Höhe der Förderung unabhängig davon, ob die CO₂-Entlastung gegenüber dem Einsatz fossiler Energieträger nur über wenige (z.B. 1.500) oder viele (> 4.000) Stunden jährlich erfolgt.

- Bei größeren und in der Regel gut ausgelasteten Anlagen ist der Anteil der Kapitalkosten an dem Gesamtkosten der Wärme- und Stromgewinnung sowie die absolute Höhe der Kosten je eingesparter Tonne CO₂ deutlich geringer als bei kleinen Anlagen.
- Dem ökonomischen Vorteil der je Tonne eingesetzter Biomasse und bewirkter CO₂-Reduktion bei größeren Anlagen im Vergleich zu Kleinanlagen steht in der Regel der ökonomische Nachteil gegenüber, daß konkurrierende, mit fossilen Brennstoffen betriebene Anlagen zur Strom- und Wärmezeugung ebenfalls Kostenvorteile bei größeren Anlagen haben. Deshalb können in mit Biobrennstoffen befeuerten größeren Anlagen nur deutlich geringere Erlöse je erzeugter Energieeinheit von Niedertemperaturwärme erzielt werden als in Kleinf Feuerungsanlagen. Kleinf Feuerungsanlagen haben außerdem den Vorteil, daß die Eigenleistungen der Betreiber zur Beschaffung des Biobrennstoffs, zum Betrieb und zur Wartung der Anlage sowie zur Bereitstellung von Lagerraum meist nicht in die Kostenkalkulation eingehen, sofern eine solche überhaupt vorgenommen wird.
- Die bisher über Investitionsbeihilfen sowie über das Stromeinspeisungsgesetz gewährten Subventionen für die Wärme- und Stromgewinnung aus biogenen Festbrennstoffen sind je Tonne bewirkter CO₂-Entlastung deutlich geringer als im Falle einer erfolgreichen Windenergieförderung.

VIII. Schlußfolgerungen

Durch die EU-Agrarreform hat die Erzeugung fester biogener Energieträger keine besonderen Impulse erhalten. Weder die Gewährung der **Flächenstilllegungsprämie** für gezielt angebaute nachwachsende Rohstoffe, die zur Ernte 1995 im Bundesdurchschnitt bei **750 DM/ha** lag, noch die Absenkung der landwirtschaftlichen Erzeugerpreise auf Weltmarktniveau haben zu einem nennenswerten Anstieg des Anbaus und der Verwendung fester Biomasseenergieträger geführt. Zur Ernte 1996 werden rd. **400 ha halmgutartige Energiepflanzen** auf stillgelegten Flächen angebaut. Dies entspricht ca. 0,14% der insgesamt mit nachwachsenden Rohstoffen bepflanzten Stilllegungsfläche. Die Getreide-Ganzpflanzen stellen derzeit den überwiegenden Teil des Energiepflanzenanbaus. Trotz rechtlicher Verbesserungen spielen die schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb mit rd. 40 ha keine große Rolle. Der Miscanthusanbau ist über das Versuchsstadium nicht hinausgekommen. Von der Möglichkeit eines Anbaus nachwachsender Rohstoffe auf der konjunkturell stillgelegten Fläche unter Fortzahlung des Stilllegungsausgleichs in unveränderter Höhe hat vor allem das als Kraftstoff eingesetzte Rapsöl (rd. 330.000 ha oder 70% der NR-Fläche bzw. 22% der Stilllegungsfläche) profitiert.

Das entscheidende Hemmnis für eine Ausdehnung des Anbaus von halmgutartigen Energiepflanzen ist **der fehlende Markt für feste Biobrennstoffe**. Die Stilllegungsprämie für Energiepflanzen wird gewährt, wenn aufgrund eines Anbau- und Abnahmevertrags mit einem Aufkäufer oder Erstverarbeiter sichergestellt ist, daß die Ernteerzeugnisse als Biobrennstoffe eingesetzt werden. Ferner muß eine Sicherheit in Höhe von 120% des Stilllegungsausgleichs bei der zuständigen Behörde (BLE in Frankfurt) hinterlegt wurde.

Der drastische Rückgang der Interventionsbestände bei Getreide hat dazu geführt, daß zur Ernte 1996 der für alle Stilllegungsarten geltende **Stilllegungssatz von 12% auf 10%** der ausgleichsberechtigten Ackerflächen verringert wurde. Eine Absenkung der Zwangstilllegung auf 5% und weniger ist in der Diskussion. Ein weiter zurückgehender Flächenstilllegungssatz würde nicht nur das Flächenpotential für biogene Festbrennstoffe, sondern auch die Summe der indirekten finanziellen Förderung über die Stilllegungsprämie reduzieren.

Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, daß Fortschritte im Bereich der Bereitstellung und energetischen Verwertung von Biomasse in den nächsten 10-20 Jahren zu keiner signifikanten Verbesserung der Einsatzbedingungen für bi-

VIII. Schlußfolgerungen

ogene Festbrennstoffe als Wärme- und Stromlieferanten führen werden. Eine deutliche Verringerung der Bereitstellungskosten für Bioenergieträger durch Fortschritte im Bereich der Züchtung und des Anbaus von ertragreichen Energiepflanzen ist ebenso wenig erkennbar wie Kosteneinsparungen durch technische Entwicklungen bei der Konditionierung, beim Transport oder bei der Lagerung von biogenen Festbrennstoffen. Mit einer entscheidenden Verbesserung der Wirtschaftlichkeit biogener Festbrennstoffe durch züchterische und anbau-seitige Maßnahmen ist, wie die Versuche mit neuen ertragreichen Energiepflanzen gezeigt haben, in absehbarer Zeit nicht zu rechnen.

Auf Bundes- und Länderebene wurden in jüngster Zeit neue Programme zur Förderung der Energiegewinnung aus nachwachsenden Energiepflanzen und land- bzw. forstwirtschaftlichen Reststoffen aufgelegt. Die Förderung des BMWi unterstützt schwerpunktmäßig kleine, zumeist holzbefeuerte Feuerungsanlagen im kW-Bereich (ab 15 kW bzw. 100 kW bis maximal 800 kW). Das vom BMELF initiierte Modellvorhaben zur Wärme- und Stromgewinnung aus Bioenergieträgern für Anlagen mit einem Leistungsbereich von 1-40 MW konnte aufgrund der unzureichenden Förderbedingungen bislang noch nicht umgesetzt werden. Die Förderbedingungen, denen zufolge die Investitionen in den alten Bundesländern bis zu 30% und in den neuen Bundesländern bis zu 50% bezuschußt werden, lassen einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb nicht zu. Durch eine **Erhöhung des Anteils an preisgünstigen land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen**, der gemäß den Förderrichtlinien auf maximal 30% begrenzt ist, und den Verzicht auf den Einsatz gezielt angebaute Energiepflanzen könnte die finanzielle Situation der Anlagenbetreiber verbessert werden.

Gründe für die geringe wirtschaftliche Attraktivität von Biomasse als Energieträger sind in erster Linie die **niedrigen Preise für fossile Energieträger** sowie der höhere Arbeitsaufwand beim Einsatz von biogenen Festbrennstoffen. Durch die anhaltende Ausweitung der Erdgasversorgung, die, verglichen mit den anderen fossilen Energieträgern, ein vergleichsweise umweltfreundliches Image hat, gehen immer mehr attraktive Standorte für eine potentielle Wärme- und Stromversorgung aus Biomasse für lange Zeit verloren.

Eine verstärkte Biomassenutzung in Deutschland bringt Vorteile im Hinblick auf eine Verringerung der CO₂-Emissionen durch die Substitution fossiler Energieträger und eine längerfristig gesicherte Energieversorgung von maximal 8% bezogen auf den Primärenergieverbrauch. Die damit verbundenen CO₂- Minderungskosten sind, gemessen an den Kosten von anderen technischen Einsparmaßnahmen, teilweise sehr günstig.

VIII. Schlußfolgerungen

Der Anteil der Biomasseenergie am Primärenergieverbrauch in Deutschland ist deutlich geringer als in Österreich, Dänemark, Finnland und Schweden. Diese Länder besitzen insbesondere bei mit halmgutartiger Biomasse betriebenen Feuerungsanlagen und bei Anlagen im MW-Bereich einen klaren Technologievorsprung. Ein breit angelegtes Förderprogramm für biogene Festbrennstoffe könnte dazu beitragen, die **Wettbewerbschancen der deutschen Industrie** sowohl bei der Vergabe inländischer Aufträge als auch beim Export von Verbrennungstechnologien für Holz und halmgutartige Biomasse gegenüber Ländern mit derzeit höherem technischen Entwicklungsstand bei Biomasseverbrennungsanlagen zu verbessern. Bessere Exportchancen in Länder mit günstigen Anwendungsbedingungen erweitern den Produktionsmaßstab der Industrie und führen zu einer, wenn auch geringfügigen Kostensenkung und zu einer Steigerung der Motivation zur Verbesserung der Technik bei Biomassefeuerungsanlagen.

Forschung und Entwicklung

Zur Erschließung des vorhandenen technischen Potentials der Biomasseenergieträger böte sich ein vernetztes Konzept von Aktivitäten im Bereich der Forschung und Entwicklung sowie der Demonstration der Machbarkeit im großtechnischen Maßstab an. Nachfolgend werden einige Wissenslücken im Bereich der Bereitstellung und der energetischen Verwertung von biogenen Festbrennstoffen genannt.

Halmgutartige Biomasseenergieträger haben im Vergleich zur holzigen Biomasse eine deutlich geringere Energiedichte. Es könnte geprüft werden, ob durch züchterische oder gentechnische Veränderungen energiereichere Pflanzensorten oder pflanzliche Reststoffe geschaffen werden können. Die Entwicklung von **Getreidepflanzen mit langen und kompakten (gefüllten) Halmen** könnte dazu führen, daß sich für die Landwirte über den Verkauf von Kompakstroh als Biomasseenergieträger eine zusätzliche Verdienstquelle eröffnet.

Feste Biomasseenergieträger haben aufgrund vielfältiger natürlicher Einflußfaktoren (z.B. Bodenart, Witterung) und individueller Produktionstechniken (z.B. Sortenwahl, Düngung, Erntezeitpunkt) unterschiedliche Formen und Zusammensetzungen. Inhomogenitäten und Qualitätsschwankungen bei den biogenen Festbrennstoffen sind aus verbrennungstechnischer Sicht von Nachteil. Die Formulierung von **Standards für Biobrennstoffe** könnte dazu beitragen,

VIII. Schlußfolgerungen

daß einheitlichere und bessere Brennstoffqualitäten erzeugt und angeliefert werden. Die Entwicklung von **Schnellbestimmungsmethoden** zur Untersuchung der Zusammensetzung der Biobrennstoffe nach ihrer Anlieferung bei der Verbrennungsanlage wäre wünschenswert, um nicht geeignete oder problematische Biobrennstoffe rasch identifizieren und ggf. zurückweisen zu können.

Bei der Verbrennung von Stroh, Landschaftspflegeheu oder anderen halmgutartigen Biobrennstoffen kann der im Vergleich zu Holz höhere Kalium- und Chloridgehalt verbrennungstechnische Probleme hervorrufen. Es könnten deshalb Anbauversuche durchgeführt werden, um den Einfluß von Bodenart, Sortenwahl, Düngung, Witterung und des Erntezeitpunktes auf den **Kalium- und Chloridgehalt** im Stroh bzw. Heu zu erforschen.

Durch Konditionierungsvorgänge (Brikettieren oder Pelletieren) kann die Energiedichte erhöht und die automatische Brennstoffzuführung und -dosierung vereinfacht werden. Das Ziel sollte sein, mobile Anlagen mit einer hohen Leistungsdichte, einem niedrigen Energiebedarf und einer geringen Verschleißrate zu konstruieren. Daneben wären kostengünstige stationäre **Brikettier- und Pelletieranlagen** für die Verdichtung halmgutartiger Biobrennstoffe bei den Verbrennungsanlagen zu entwickeln.

Mit fester Biomasse beschickte Anlagen haben den Nachteil, daß zu ihrer Wartung und ggf. für manuelle Eingriffe derzeit noch eine zusätzliche Arbeitskraft bereitgestellt werden muß. Ziel weiterer Forschungsaktivitäten könnte es deshalb sein, eine Brennstoffzufuhr- und Verbrennungstechnik zu entwickeln, die einen vollautomatischen, wartungsarmen und **störungsfrei laufenden Anlagenbetrieb** gewährleisten kann. Die Verbrennungstechnik sollte in der Lage sein, mit schwankenden Brennstoffqualitäten zurecht zu kommen, da die Erzeugung homogener Biomasseenergieträger aufgrund der Vielzahl an teilweise nicht steuerbaren Einflußfaktoren in absehbarer Zeit nicht möglich sein wird.

Für eine umweltschonende Verbrennung von Holz sind für verschiedene Stückigkeiten und Anlagengrößen erprobte Feuerungstechniken verfügbar. FuE-Bedarf besteht noch bei der Verwertung von Holz mit höheren Feuchtigkeitsgehalten und beim Teillastbetrieb der holzbefeuerten Anlagen. Bei der energetischen Verwertung von halmgutartigen Reststoffen und Energiepflanzen gibt es im Hinblick auf die Anforderungen an die Zusammensetzung und Form des Brennstoffs, die Technik und Leistungsfähigkeit der Verbrennungsanlage und die Emissionen noch viele offene Fragen, die es zu klären gilt.

Die Energiegewinnung aus halmgutartiger Biomasse kann aufgrund ihres verglichen mit Holz höheren Stickstoffgehalts zu steigenden NO_x-Emissionen im Vergleich mit fossilen Brennstoffen führen. Die Entwicklung kostengünsti-

ger Techniken zur **Verringerung der NO_x-Emissionen** bei der energetischen Verwertung stickstoffreicher Biomasse ist deshalb eine wichtige Aufgabe. Unklarheiten bestehen auch darüber, inwieweit der Beitrag der Biomassenutzung zur Verringerung der fossilen CO₂-Emissionen durch die Bildung des klimarelevanten **Distickstoffoxids** (N₂O) geschmälert wird, und welche Möglichkeiten es gibt, diese zu begrenzen.

Aufgrund erhöhter **Chlorwasserstoffemissionen** (HCl) bei der Verbrennung chloridreicher Biobrennstoffe wäre zu untersuchen, welche technischen Maßnahmen möglich sind, um das Chlor in die Asche einzubinden oder die HCl-Emissionen mit Hilfe einer kostengünstigen Rauchgaskondensation oder Chlorgaswäsche zu reduzieren. Von Bedeutung erscheint auch die Klärung der Frage, in welchem Umfang die verschiedenen Feuerungstechniken zur Biomasseverbrennung **dioxin- und furanartige Verbindungen** emittieren.

Der niedrige Ascheerweichungspunkt bei der Verbrennung von Biomasse ist mit der Gefahr einer **Schlackenbildung** verbunden. Es stellt sich die Frage, mit welchen technischen Möglichkeiten die Schlacke beherrschbar werden könnte. Bei der Wirbelschichtfeuerung könnte geprüft werden, mit welchen Materialbeimischungen die Betttemperatur soweit herabgesetzt werden kann, daß eine Schlackenbildung wirksam verhindert werden kann.

In mit fester Biomasse betriebenen **Kleinfeuerungsanlagen** kommt es im Praxisbetrieb aufgrund heterogener Brennstoffqualität, häufiger Lastwechsel und fehlender Regelungstechniken zu unvollständigen Verbrennungsprozessen und zu **erhöhten Emissionen von Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen** als in Biomassefeuerungsanlagen im MW-Bereich. Zu prüfen wäre deshalb, welche Feuerungskonstruktionen und Brennstoffeigenschaften erforderlich sind, um auch bei handbeschickten Anlagen eine gleichmäßigere Verbrennung zu ermöglichen und die beim An- und Abfahren der Biomasseheizung und im Teillastbereich verstärkt auftretenden Emissionen zu minimieren.

Förderung

Die Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen wird sich ohne deutliche Veränderung der Rahmenbedingungen weiterhin überwiegend im traditionellen Bereich der holzbefeuerten Kachel- und Kaminöfen abspielen. Die Erfahrungen in Österreich und Dänemark zeigen, daß die Energiegewinnung aus Biomasse nur in den Ländern nennenswert ist, in denen durch Maßnahmen der öffentli-

VIII. Schlußfolgerungen

chen Hand nicht nur die rein technischen Voraussetzungen bei den Anlagenherstellern verbessert wurden, sondern auch eine Stimulierung des Marktes stattfand. Dies gilt insbesondere für die Nutzung der Biomasseenergie zur Wärme- und Stromgewinnung in größeren Anlagen mit Nah- oder Fernwärmenetzen. Verschiedene Demonstrationsanlagen im In- und Ausland belegen die technische Zuverlässigkeit von Heizwerken und Heizkraftwerken mit mittlerer und größerer Feuerungsleistung, die mit Holz oder Rinde betrieben werden. Anlagen in Dänemark und das Strohheizwerk in Schkölen belegen, daß auch die Energiegewinnung aus halmgutartigen Biobrennstoffen im MW-Bereich technisch machbar ist.

Das wichtigste Argument für eine forcierte energetische Nutzung von Biomasse ist der mögliche Beitrag zur Substitution fossiler Energieträger und der damit erreichten Verringerung der CO₂-Emissionen. Die Höhe der Einsparung ist von der Art des eingesetzten Biobrennstoffs und des substituierten Energieträgers abhängig. Bei zukünftigen Förderprogrammen für feste biogene Energieträger sollten bevorzugt diejenigen Biomasseenergien gefördert werden, die mit vergleichsweise geringen Fördermitteln pro Energieeinheit einen relativ hohen Beitrag zur Verringerung der CO₂-Emissionen leisten können. Nachfolgend werden Aussagen zur Zielrichtung eines möglichen Programms zur Förderung des Einsatzes von Biobrennstoffen und den dafür erforderlichen Förderbedingungen gemacht.

In verschiedenen Abschnitten dieses Sachstandsberichtes (s. Kapitel IV.) wurde deutlich, daß die gegenwärtige Situation bei der energetischen Nutzung von biogenen Festbrennstoffen ohne eine Unterscheidung nach der Brennstoffart und der Größenklasse der Feuerungsanlage nicht charakterisiert und bewertet werden kann. Dieser Sachverhalt wird auch anhand Tabelle 8 deutlich, in der verschiedene Merkmale für Kleinanlagen unter 100 kW Feuerungsleistung (Einzelöfen, Kaminöfen, Sammelheizungen) sowie für mittelgroße Anlagen oberhalb 1 MW (Heizwerke, Dampferzeuger, Blockheizkraftwerke, Heizkraftwerke) aufgeführt sind.

Die Merkmale A bis D von Tabelle 8 machen deutlich, warum es in Deutschland mehr als eine Million holzbefeuerte Kleinfernungsanlagen gibt, obwohl sie aus rein ökonomischer Sicht meist nicht vorteilhaft sind. Die überraschend hohe Zahl an Förderanträgen im Rahmen des Programms des Bundeswirtschaftsministeriums zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 01.08.1995 zeigt, daß ein sehr großes Interesse an Feuerungsanlagen, die mit festen Biobrennstoffen betrieben werden, vorhanden ist und die Nach-

VIII. Schlußfolgerungen

frage nach Biomassefeuerungsanlagen zwischen 15 kW und 100 kW sehr rasch belebbar ist.

Tab. 8: Charakteristische Merkmale für unterschiedliche Größenklassen von Feuerungsanlagen für biogene Festbrennstoffe

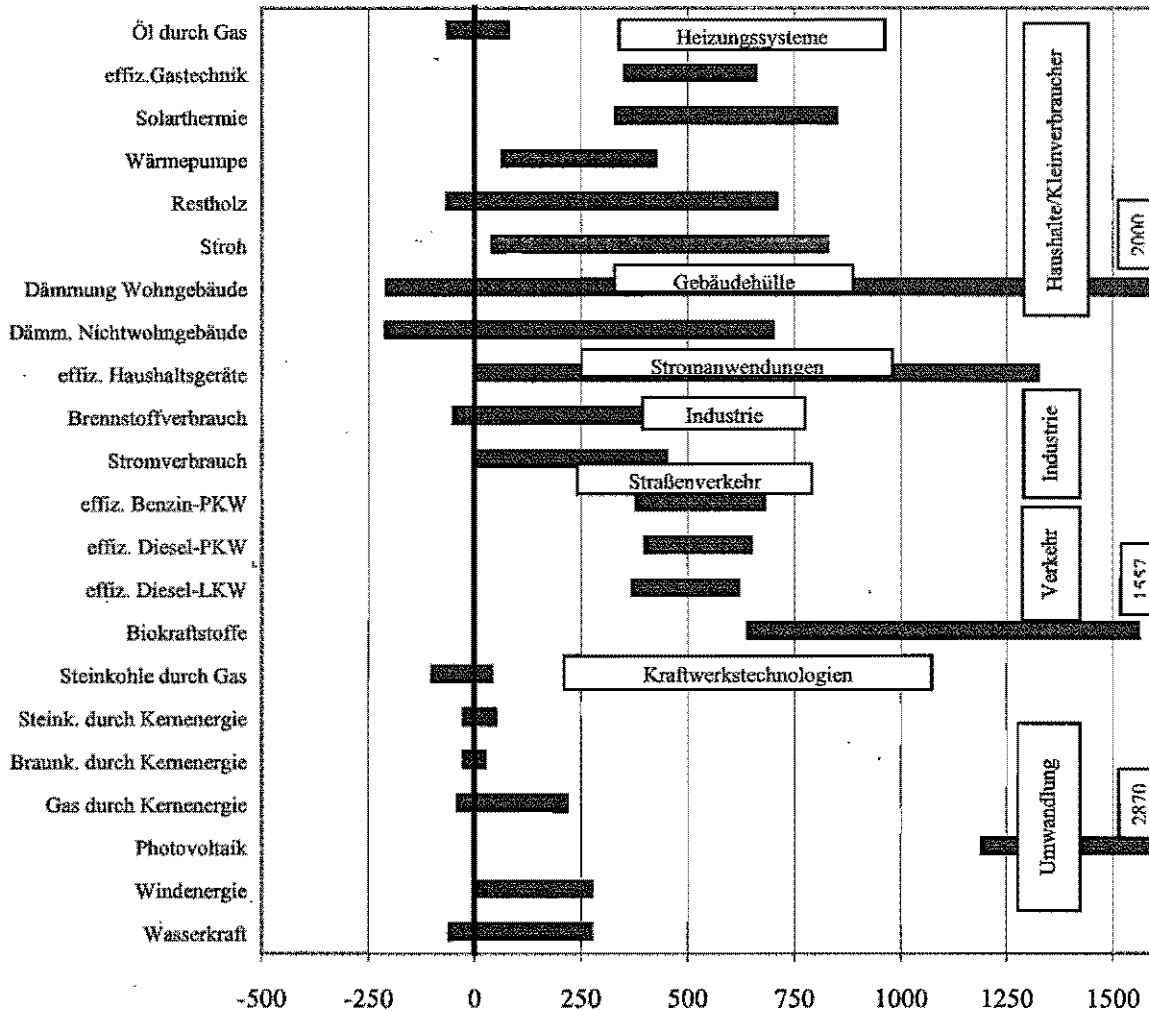
	<i>Art der Merkmale</i>	<i>Kleinanlagen unter 100 kW</i>	<i>Mittelgroße Anlagen über 1 MW</i>
A	Bedeutung ökonomischer Gesichtspunkte für die Investitionsentscheidungen	mäßig bis gut	sehr groß
B	Bedeutung nichtökonomischer Motive (Behaglichkeit, Versorgungssicherheit, Eigenarbeit, usw.)	groß	gering
C	Organisations- und Transportaufwand	gering	groß
D	Zeitbedarf zur Planung und Realisierung von Projekten	< 1 Jahr	1-4 Jahre
E	Mittlere Jahresauslastung	gering	mäßig bis gut
F	Lastwechsel	häufig	weniger häufig
G	Technische Ausstattung zur Schadstoffrückhaltung	gering	mäßig bis aufwendig
H	Verhaltensfehler beim Praxisbetrieb	häufig	selten
I	Technische Eignung für halmgutartige Biobrennstoffe	mäßig	verbesserungsbedürftig
J	CO ₂ -Minderungspotential	gering	groß
K	Stand von Forschung, Entwicklung und Demonstration	befriedigend	unbefriedigend
L	Erreichter Marktanteil in Deutschland	ausbauwürdig	völlig unbefriedigend
M	Konkurrenzsituation gegenüber ausländischen Anlagenherstellern	normal	deutlich verbesserungswürdig

Die unter E bis H genannten Aspekte begründen, daß künftige Programme zur Förderung von kleineren Feuerungsanlagen für (in erster Linie) Holz von Maßnahmen zur weiteren Verringerung der "klassischen" Luftschadstoffemissionen begleitet werden sollten. In den Zeilen I bis M werden die aus der Sicht der Au-

VIII. Schlußfolgerungen

toren dieses Sachstandsberichtes wichtigsten Gründe und Vorteile eines, auf Breitenwirkung ausgelegten Förderprogramms genannt, welches insbesondere auch für mittelgroße Anlagen mit einer Feuerungsleistung von 1 MW bis 50 MW wirksam sein sollte.

Abb. 7: CO₂-Minderungskosten (DM/t CO₂)



Quelle: Fahl et al. 1996

Das CO₂-Minderungspotential biogener Festbrennstoffe ist relativ groß und die CO₂-Minderungskosten sind vergleichsweise günstig. Wegen der Bedeutung des Aspekts der CO₂-Minderung und deren Kosten im Vergleich zu anderen Vermeidungsoptionen werden in Abbildung 7 aktuelle Angaben zu den CO₂-Minderungskosten von verschiedenen technischen Möglichkeiten zur CO₂-Ein-

VIII. Schlußfolgerungen

sparung wiedergegeben (Fahl et al. 1996). Die für Restholz (-50 bis 700 DM/t CO₂) und Stroh (50 bis 800 DM/t CO₂) angegebenen Kostenspannen erstrecken sich von sehr günstigen bis hin zu ungünstig gelagerten Einzelfällen.

Die Darstellung läßt erkennen, daß bei idealen oder durchschnittlichen Voraussetzungen im Falle von Restholz und Stroh ein geringerer volkswirtschaftlicher Aufwand zur Erreichung der klimapolitischen Ziele erforderlich ist als beispielsweise bei solarthermischen Anlagen, bei effizienteren Gastechnologien, bei starker Wärmedämmung von Wohngebäuden und bei technischen Maßnahmen zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs im Straßenverkehr. Die Darstellung zeigt weiter, daß es auch kostengünstigere technische Möglichkeiten zur Verringerung der CO₂-Emissionen gibt als die energetische Nutzung von Stroh oder Restholz. Beispiele hierfür sind der Ersatz von Kohle durch Erdgas, die gute, aber nicht zu aufwendige Wärmedämmung von Gebäuden und die Nutzung der Windenergie an windbegünstigten Standorten.

Wenn die Klimaschutzpolitik nicht nur auf bescheidene und ökonomisch schmerzlose Schritte eingegrenzt werden soll, muß man über das mengenmäßig begrenzte Beitragspotential verschiedener besonders günstiger Optionen hinausgehen. Angesichts der genannten Verhältnisse gehört eine deutliche Ausweitung des Einsatzes fester Bioenergieträger zweifelsohne in ein volkswirtschaftlich sinnvolles Maßnahmenbündel zur Verringerung der CO₂-Emissionen in Deutschland. Ungünstig gelagerte Biomassevarianten und Standortgegebenheiten sollten allerdings nicht in das Maßnahmenbündel aufgenommen werden.

Die möglichen Beiträge fester biogener Energieträger werden im Verlaufe der nächsten 15 Jahre weniger durch Schwierigkeiten bei der Bereitstellung solcher Energieträger limitiert. Der nachfrageseitig bedingte Zeitbedarf bestimmt vielmehr die Geschwindigkeit, mit der die gegenwärtig noch geringen Marktanteile bei mittelgroßen Anlagen ausgeweitet werden können. Dies gilt auch dann, wenn die ökonomischen Rahmenbedingungen für biogene Festbrennstoffe bald und deutlich verbessert werden. Eine rasche und spürbare Veränderung der Rahmenbedingungen zugunsten fester biogener Energieträger ist die Voraussetzung dafür, daß bis 2005 wenigstens ein inländischer Anteil von 10% am langfristig möglichen Versorgungsbeitrag von 6-12% zur Primärenergieversorgung über Biomasseenergie erreicht werden kann.

Struktur eines Marktanreizprogramms für die Energiegewinnung aus Biomasse - ein Diskussionsvorschlag

Angesichts des ungenutzten Potentials an preisgünstigen land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen **stellen die Autoren** dieser Studie ein auf Breitenwirkung ausgerichtetes Programm zur Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse **zur Diskussion**. Der gezielte und vergleichsweise teure Anbau von Energiepflanzen sollte dabei nicht zur Förderbedingung gemacht werden. Durch die Schaffung eines bundesweit ausgelegten **Marktanreizprogramms** könnten mehr als nur einige wenige Pilot- oder Demonstrationsanlagen zur Wärme- und Stromgewinnung aus Biomasse realisiert werden. Bis 2005 wäre durch entsprechende Fördermaßnahmen eine erfolgreiche Installation von **3.000 bis 6.000 MW Brennstoffleistung** möglich. Die für ein solches Programm zur Förderung der Energiegewinnung aus Biomasse bereitzustellenden Finanzmittel müßten bis zur Jahrtausendwende auf dreistellige Millionenbeträge pro Jahr anwachsen.

Die oben genannten Schwächen der bisherigen Förderprogramme legen eine Ausweitung des Umfangs sowie eine Umgestaltung der Art der Förderung nahe. Die finanzielle Förderung wäre von der Größenklasse der Feuerungsanlagen abhängig zu machen und könnte folgende Förderelemente enthalten:

- Die **Begrenzung der Investitionsförderung** auf 20-30% der zuwendungsfähigen Gesamtausgaben bei größeren Anlagen und die Ausweitung des Umfangs an Investitionsbeihilfen für Kleinfeuerungsanlagen.
- Eine einheitliche Vergütung der Stromeinspeisung für alle regenerativen Energieträger in Höhe von 90% des Durchschnittserlöses je Kilowattstunde eingespeister Energie bezogen auf die Stromabgabe an alle Endverbraucher ist zu begrüßen, würde aber zu keinem spürbaren Anstieg des Biomasseanteils an der Stromerzeugung führen. Das Stromeinspeisungsgesetz sollte deshalb in Anlehnung an die Förderung der Stromgewinnung aus Windkraft durch eine **Stromerzeugungsbeihilfe** für Strom aus Biomasse (50-70 DM/MWh) ergänzt werden. Empfehlenswert wäre auch, die bisherige Begrenzung der Stromeinspeisungsvergütung auf eine Anlagengröße von maximal 5 MW unter bestimmten Bedingungen anzuheben.
- Der Erlös für Wärme, die in ein bestehendes Nah- oder Fernwärmenetz eingespeist wird oder der sich durch den Wärmeverkauf beim Endverbraucher erzielen läßt, wird sehr stark vom Standort bestimmt. Leistungsstarke Anlagen können oft nur geringe Wärmepreise erzielen, da sie in größeren Versorgungsgebieten angesiedelt werden, wo sie einem stärkerem Konkurrenz-

VIII. Schlußfolgerungen

kampf unterliegen. Deshalb könnte eine **Wärmebeihilfe** zur Einspeisung von Heizwärme und Prozeßwärme in Nah- und Fernwärmeleitungsnetze in Höhe von 40-50 DM/MWh (Heizwert) gewährt werden, sofern eine solche Einspeisung zuverlässig gemessen werden kann.

Produktzuschüsse in Form von höheren Stromeinspeisevergütungen und Wärmebeihilfen haben gegenüber der Förderung durch reine Investitionszuschüsse den Vorteil, daß hiervon vor allem moderne, funktionierende und gut ausgelastete Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung und Anbindung an ein Nah- oder Fernwärmenetz profitieren, die einen vergleichsweise großen Beitrag zur CO₂-Entlastung liefern können.

Fazit

Durch die Schaffung eines bundesweit und breit angelegten **Biomasse-Förderungsprogramms** könnten bis 2005 **3.000 bis 6.000 MW Brennstoffleistung** zur Wärme- und Stromgewinnung aus biogenen Festbrennstoffen installiert werden. Die für ein solches Programm bereitzustellenden Finanzmittel müßten allerdings bis 2000 auf dreistellige Millionenbeträge pro Jahr anwachsen.

Die Erfahrungen aus der bisherigen Förderung der Energiegewinnung aus biogenen Festbrennstoffen haben gezeigt, daß Investitionsbeihilfen bis 50% alleine bei größeren Anlagen nicht ausreichend sind. Es wäre deshalb erwägenswert, anstelle einer ausschließlichen Investitionsbeihilfe einen abgestimmten Kanon aus einer moderaten Investitionsförderung (20-30%), einer Stromerzeugungsbeihilfe (50-70 DM/MWh) und einer Wärmeeinspeisungsbeihilfe (40-50 DM/MWh) zu schaffen, der nach der Größenklasse der Anlagen unterschiedlich zu gestalten und an gewisse Voraussetzungen zu binden wäre.

Literatur

AGRA-EUROPE (1995): Bundesregierung: Stromeinspeisungsgesetz hat sich bewährt - Chancen für erneuerbare Energien verbessert - Boomartiger Ausbau der Windenergie - Nutzung von Holz zur Stromgewinnung wird an Bedeutung gewinnen - Gesetz ist nach Ansicht der Regierung nicht verfassungswidrig. Agra-Europe 45, Länderberichte 1-2

AHLHAUS, M. et al. (1994): Analyse des Forschungs- und Entwicklungsbedarfs einer energetischen Nutzung von Biomasse. In: Thermische Nutzung von Biomasse - Technik, Probleme und Lösungsansätze (Tagungsband), Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe" der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Band 2, S. 211-223

BLE (BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG) (1996): Persönliche Mitteilungen von Herrn Zachäus über die zur Ernte 1996 abgeschlossenen Verträge zum Anbau nachwachsender Rohstoffe auf stillgelegten Flächen. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Frankfurt.

BGBI (BUNDESGESETZBLATT) (1990): Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz (Stromeinspeisungsgesetz) vom 7. Dezember 1990. BGBI, Teil I, S. 2633-2634

BGBI (BUNDESGESETZBLATT) (1994): Gesetz zur Sicherung des Einsatzes von Steinkohle in der Verstromung und zur Änderung des Atomgesetzes und des Stromeinspeisungsgesetzes. BGBI, Teil I, S. 1618-1623

BGBI (BUNDESGESETZBLATT) (1995): Gesetz zur Gleichstellung stillgelegter und landwirtschaftlich genutzter Flächen. BGBI, Teil I, S. 910

BIMSCHV (1990): Siebzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über Verbrennungsanlagen für Abfälle und ähnliche brennbare Stoffe (17. BImSchV). BGBI, Teil I, S. 2545-2553

BMWi (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT) (1995): Mineralölsteuersätze in der EU (15). Persönliche Mitteilungen des BMWi, Abteilung III, Referat C 1/C 2, Bonn

BMWi (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT) (1996): EnergieDaten'95 - Nationale und internationale Entwicklung. Informationsbroschüre des Bundeswirtschaftsministeriums, Bonn

BUNDESANZEIGER (1991): Bundesanzeiger vom 22. Februar 1991, 43 Jg., Nr. 37, S. 950-952

BUNDESANZEIGER (1995): Bundesministerium für Wirtschaft: Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 1. August 1995. Bundesanzeiger vom 10. August 1995, 47. Jg., Nr. 149, S. 8770-8779

Literatur

BWI (BUNDESWALDINVENTUR) (1992): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hg.): Bundeswaldinventur (BWI) 1986-1990. Band 1: Inventurbericht und Übersichtstabellen für das Bundesgebiet nach dem Gebietsstand bis zum 03.10.1990 einschließlich Berlin (West), Bonn

DANISH ENERGY AGENCY (1993): Danish Energy Agency (ed.): Energy 2000 - follow up. Assumptions and analyses. Danish Energy Agency, Copenhagen, Denmark

DANISH ENERGY AGENCY (1995): Danish Energy Agency (ed.): Recent developments in the field of energy and CO₂-emissions in Denmark. Copenhagen, Denmark

DANISH GOVERNMENT (1995): The Danish Government: The Danish Energy Package - Green Taxes. Copenhagen, Denmark

DEUTSCHER BUNDESTAG (Hg.) (1990): Nachwachsende Rohstoffe: Bericht der Enquete-Kommission "Gestaltung der technischen Entwicklung, Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung" des 11. Deutschen Bundestages. Zur Sache: Themen parlamentarischer Beratung, Heft 29/90, Bonn

DEUTSCHER BUNDESTAG (Hg.) (1995): Erfahrungsbericht des Bundesministeriums für Wirtschaft zum Stromeinspeisungsgesetz. Unterrichtung durch die Bundesregierung. Deutscher Bundestag, 13. Wahlperiode. Bundestagsdrucksache 13/2681 vom 18.10.1995.

EUROSTAT (1995): Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften (Hg.): Europe's environment: Statistical compendium for the Dobris assessment. Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg

FAHL, U. et al. (1996): Wirtschaftsverträglicher Klimaschutz für den Standort Deutschland. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen 44 Jg, Heft 4, S. 208

FAHLIN, M. (1996): Characteristics of fuels based on woody biomass. Vortrag auf der Internationalen Tagung "Eigenschaften fester Bioenergieträger" am 8./9.05.1996 in Stuttgart

FISCHER, J. et al. (1995): Förderfibel Energie. Öffentliche Finanzhilfen für den Einsatz erneuerbarer Energiequellen und die rationelle Energieverwendung. Informationsdienst BINE des Fachinformationszentrums Karlsruhe, Forum für Zukunftsenergien e.V. und Deutscher Wirtschaftsdienst (Hg.), 4. Auflage, Köln

GOHLA, M. et al. (1995): Verbrennung von festen Brennstoffen - Kohlen, Biomassen, Abfallstoffen - in Wirbelschichtfeuerungen. BWK Bd. 47, Nr. 11/12, S. 495-503

GRAWE, J. (1996): Die Stromerzeuger setzen auf erneuerbare Energien. In: IZE (Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e.V., Hg.): Erneuerbare Energien. Ihre Nutzung durch die Elektrizitätswirtschaft. StromDiskussion 1996, S. 3-5, Essen

GRAWE, J., WAGNER, E. (1996): Nutzung erneuerbarer Energien durch die Elektrizitätswirtschaft, Umfrage 1994. In: IZE (Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e. V., Hg.): Erneuerbare Energien. Ihre Nutzung durch die Elektrizitätswirtschaft. StromDiskussion 1996, S. 6-18, Essen

GRILLITSCH, F. (1995): Bioenergie in Österreich. Vortrag beim 25. Internationalen Symposium und 4. Österreichischen Biomassetag des "Ökosozialen Forums Österreich" und "Österreichischen Biomasse-Verband" zum Thema "Biomasse - National und International" am 21./22.11.1995 in Kautzen

HARTMANN, H. (1995): Untersuchung zu Struktur und Umfang des Absatzes von Biomassefeuerungsanlagen in Deutschland. Abschlußbericht der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik der TU München-Weihenstephan zum gleichnamigen Forschungsvorhaben im Auftrag von C.A.R.M.E.N. e. V., Rimpf/Würzburg

HARTMANN, H., STREHLER, A. (1995): Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht. Abschlußbericht für das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML), Münster-Hiltrup

HONECKER (1996): Persönliche Mitteilungen von Herrn Honecker aus dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat Nachwachsende Rohstoffe, Bonn

HRUBESCH, P. (1996): Holzverbrauch in den Haushalten Deutschlands. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DWI) im Auftrag der Europäischen Kommission, Berlin

KALTSCHMITT, M. (1996): Nutzung biogener Festbrennstoffe - Stand und Perspektiven. Vortrag auf der Tagung "Eigenschaften fester Bioenergieträger - Beeinflussungsmöglichkeiten, Anforderungen, Normung" am 8./9.05.1996 im Hospitalhof in Stuttgart

KALTSCHMITT, M., BECHER, S. (1994): Biomassennutzung in Deutschland - Stand und Perspektiven. In: Thermische Nutzung von Biomasse - Technik, Probleme und Lösungsansätze. Tagung vom 14.-15.04.1994 in Stuttgart, Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. in Gülzow, Band 2, S. 9-27, Gülzow

KALTSCHMITT, M., WIESE, A. (Hg.) (1993): Erneuerbare Energieträger in Deutschland - Potentiale und Kosten, Berlin

LAMMER, H. (1995): Biomassekleinanlagen - mehr als eine Alternative. Vortrag beim 25. Internationalen Symposium und 4. Österreichischen Biomassetag des "Ökosozialen Forums Österreich" und "Österreichischen Biomasse-Verband" zum Thema "Biomasse - National und International" am 21./22.11.1995 in Kautzen

LAUCHER, A. (1995): Biomasse-Ortszentralheizung. Technische und betriebswirtschaftliche Überlegungen. In: Betreiber-Fachgespräche Biomasse-Heizwerke am 25. Juli 1995 in Sinzing-Viehhausen, C.A.R.M.E.N. e. V., Rimpf/Würzburg, S. 17-31

LI, T.-K., et al. (1996): Das "250-MW-Wind"-Programm des BMBF. In: IZE (Informationszentrale der Elektrizitätswirtschaft e. V., Hg.): Erneuerbare Energien. Ihre Nutzung durch die Elektrizitätswirtschaft. StromDiskussion 1996, S. 18-27, Essen

LORENZ (1996): Persönliche Mitteilungen von Frau Lorenz, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Referat 623, Bonn

MATTSSON, J. E. (1996): Specification for solid biofuels in Sweden. Vortrag auf der Internationalen Tagung "Eigenschaften fester Bioenergeträger" am 8./9.05.1996 in Stuttgart

MEINHOLD, K. et al. (1987): Möglichkeiten und Grenzen beim Anbau regenerativer Rohstoffe für die Energieerzeugung und chemische Industrie: Studie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) in Braunschweig-Völkenrode für die Enquete-Kommission "Technikfolgen-Abschätzung" des 10. Deutschen Bundestages, Materialienband IV, Bonn

MOSBECH, H. (1994): Use of biomass in Denmark. In: Thermische Nutzung von Biomasse - Technik, Probleme und Lösungsansätze (Tagungsband), Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe" der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Band 2, S. 73-89, Gülzow

NUS (National Utility Services) (1995): Presse-Information der NUS Deutschland Energiekostenberatungsgesellschaft mbH in Düsseldorf

OBERNBERGER, I. (1995): Biomassefernheizwerke in Österreich - Stand der Technik und Möglichkeiten der Optimierung. In: C.A.R.M.E.N. (Hg.): Tagungsband "Anlagentechnik für Biomassekessel", Fachgespräch am 20. Juni 1995 in Würzburg, C.A.R.M.E.N. e. V., Rimpar/Würzburg, S. 17-31

RUHRGAS (Hg.) (1995): Grundzüge der Erdgaswirtschaft (November 1995). Informationsheft der Ruhrgas Aktiengesellschaft in Essen

SCHULZ, M. (1996): Persönliche Mitteilungen von Herrn Dr. Schulz vom Bundesministerium für Wirtschaft in Bonn über die Antragslisten zur Förderung der Feuerungsanlagen zur energetischen Nutzung von fester Biomasse. Gesch.-Z.: III B-025143/8, Bonn

SEEGER, K. (1992): Gutachten über die Novellierung des Stromeinspeisungsgesetzes im Sinne einer Ausweitung der begünstigten KWK-Anlagen auf den Bereich der Holzwirtschaft, Hessisch-Lichtenau

STATISTISCHE JAHRBÜCHER ÜBER ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (verschiedene Jahrgänge): Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hg.), Münster-Hiltrup

STRIDSBERG, S. (1995): Schweden: Ausstieg aus Atomkraft und Reduktion fossiler Energieträger. Vortrag beim 25. Internationalen Symposium und 4. Österreichischen Biomassetag des "Ökosozialen Forums Österreich" und "Österreichischen Biomasse-Verband" zum Thema "Biomasse - National und International" am 21./22.11.1995 in Kautzen

TA LUFT (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27.02.1986. GMBI. 37 (7), S. 95-143

TASI (TECHNISCHE ANLEITUNG SIEDLUNGSABFALL) (1993): Dritte Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz vom 14.05.1993. Bundesanzeiger Jg. 45, 29.05.1993, S. 1-52

Literatur

VDMA (VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN UND ANLAGENBAU e.V., Hg.) (1995): VDMA-Press-Info vom 3. April 1995, Köln

VIK (VERBAND DER INDUSTRIELLEN ENERGIE- UND KRAFTWIRTSCHAFT e.V., Hg.) (1995): VIK-Mitteilungen, Heft 5, S. 113-115, Essen

WEGENER, G., FRÜHWALD, A. (1994): Das CO₂-Minderungspotential durch Holznutzung. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 44, 7, S. 421-425

WINTZER, D. et al. (1993): Technikfolgenabschätzung zum Thema Nachwachsende Rohstoffe. Schriftenreihe des BML, Reihe A: Angewandte Wissenschaft, Sonderheft, Münster-Hiltrup

WINTZER, D. et al. (1994): Modellversuch "Wärme und Strom aus nachwachsenden Rohstoffen" - Auswertung von 30 Machbarkeitsstudien. Schriftenreihe "Nachwachsende Rohstoffe" der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Band 1, Gülzow

WINTZER, D. et al. (1996): Wege zur umweltverträglichen Verwertung organischer Abfälle. Abschlußbericht eines DBU-Forschungsauftrages, i.E.

Anhang

1. Begriffe und Abkürzungen

AF

Ackerfläche

Barrel

Ein Barrel (Faß) entspricht 159 l Öl.

BLE

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung in Frankfurt am Main

BMELF

Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

BMBF

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie

Biomasse

Als Biomasse wird die gesamte durch Pflanzen, Tiere und Menschen erzeugte organische Substanz bezeichnet. Bei der für energetische Zwecke eingesetzten Biomasse wird unterschieden zwischen land-, forst- und holzwirtschaftlichen Reststoffen sowie speziell angebauten Energiepflanzen.

C4-Pflanzen

C4-Pflanzen sind Pflanzen, die aus warmen und trockenen Regionen stammen und die im oberen Temperaturbereich ein höheres Ertragspotential gegenüber den bei uns heimischen C3-Pflanzen aufweisen. Die Mehrleistung der C4-Pflanzen geht auf einen der Photosynthese vorgeschalteten Zyklus (Calvin-Zyklus) zurück. Dieser bewirkt, daß die Pflanze das während der kühleren Tages- und Nachtzeiten aufgenommene Kohlendioxid speichern können. Dadurch gelingt es den Pflanzen, ihre Verdunstungsrate während der heißen Perioden zu minimieren und die höhere Lichtintensität in eine höhere Photosyntheseleistung umzusetzen. Im unteren Temperaturbereich sind die C4-Pflanzen den C3-Pflanzen dagegen weit unterlegen.

EU

Europäische Union

EVU

Energieversorgungsunternehmen

EW

Einwohner

FAL

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode

Anhang

GWh

Gigawattstunde

ha

Hektar (10.000 m²)

HKW

Heizkraftwerk

Joule

1 Joule ist die definierte Einheit für Energie, Arbeit und Wärmemenge.

LW

Landwirtschaft

NR

Nachwachsende Rohstoffe

PCDD/F

Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane (Dioxine)

PJ

Petajoule= 10¹⁵ Joule

Primärenergie

Die Primärenergie ist der Energiegehalt von Energieträgern, die noch keiner Umwandlung unterworfen wurden.

Srm

Schüttraummeter. Die spezifischen Gewichte für Massivholz (Festmeter=fm), Schichtholz (Raummeter=rm) und Hackschnitzel (Schüttraummeter=Srm) sind von der Holzart und vom Wassergehalt abhängig. Bei einem Wassergehalt von 40% liegen die spezifischen Gewichte für Massivholz zwischen 675 kg/fm (Nadelholz) und 942 kg/fm (Laubholz), für Schichtholz zwischen 374 kg/rm (Nadelholz) und 660 kg/rm (Laubholz) und für Hackschnitzel zwischen 277 kg/Srm (Nadelholz) und 387 kg/Srm (Laubholz)

SWB (Schnellwachsende Baumarten)

Zu den schnellwachsenden Baumarten gehören Baumarten wie die Pappel oder Weide, die in Plantagen angebaut und in regelmäßigen kurzen (1-3 Jahre) Abständen geerntet werden.

TM

Trockenmasse

TS

Trockensubstanz

w.a.f.

wasser- und aschefrei

WF

Waldfläche

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

Liste ausgewählter Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte im Rahmen von Förderprogrammen der Europäischen Union, der Bundesministerien und einzelner Länderregierungen für die Bereiche Biomasse-Anbau (A I), Energetische Nutzung von Biomasse (A II) und Begleitforschung zur energetischen Biomassenutzung (A III)

A I Biomasse-Anbau

Miscanthus: Züchtung

EU-AIR

1992 Miscanthus productivity network
IE (DE, ES, FR, GB, GR, IT, NL, PT)
Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig; Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg

DBU

Miscanthus-Anbau Region Friedland
Erzeugergemeinschaft "Miscanthus" e.V.

BML

1993 - 1995 Verbund Automatisierung der Mikrovermehrung von *Miscanthus sinensis* Giganteus: Biotechnische Produktion
Piccoplant Mikrovermehrungen GmbH, 26129 Oldenburg

1992 - 1996 Selektion von neuen *Miscanthus*-Formen mit hohen TM-Erträgen für die Nutzung als nachwachsender Rohstoff
Deutsche Saatveredelung (DSV) Lippstadt-Bremen GmbH

1994 - 1995 Züchtung winterharter und krankheitsresistenter Formen von *Miscanthus sinensis* durch die Nutzung biotechnologischer Methoden
Bioplanta GmbH, 04509 Delitzsch

Anhang

- 1994 - 1995 Züchtung winterharter und krankheitsresistenter Formen von *Miscanthus sinensis* durch die Nutzung biotechnologischer Methoden (Teilvorhaben Klimakammerversuche)
Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der BFH Hamburg, 22927 Großhansdorf

Sachsen-Anhalt

- 1993 - 1995 Erarbeitung von Methoden zur Erweiterung der genetischen Variabilität bei Chinaschilf
Biotechnik und Pflanzenvermehrung GmbH Klein Wanzleben

Miscanthus: Anbau

BML

- 1993 - 1995 Verbund Automatisierung der Mikrovermehrung von *Miscanthus sinensis Giganteus*: Automatisierung des Auspflanzens
Ökologisches Beschäftigungs- und Bildungswerk Brandenburg e.V., 16225 Eberswalde-Finow
- 1992 - 1996 Anbau von *Miscanthus* in Wasserschutzgebieten
Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, 26919 Brake
- 1994 Untersuchungen zum Ertragspotential und zur Ertragsstabilität in etablierten Pflanzenbeständen von *Miscanthus sinensis Giganteus* auf unterschiedlichen Standorten Deutschlands - Standorttest
Schwarz, Greef & Partner; Büro für Agrarökologische Untersuchungen, 24105 Kiel

Sachsen

- 1992 - 1995 Anbau und energetische Nutzung von *Miscanthus* und weiteren biogenen Rohstoffen in einer Braunkohle-Feuerungsanlage
Agrarproduktion "Elsteraue", GmbH & Co KG, Zwenkau
- 1992 - 1995 *Miscanthus*-Praxisversuch zur Erreichung von Anbau- und Ertragssicherheit, mit Prüfung der günstigsten Anbau-, Ernte- und Lagertechnologie unter Praxisbedingungen
Naturland-Landschaftspflege GmbH, Hänichen
- 1992 - 1994 Anbau von *Miscanthus* zur Nutzung im energetischen Bereich
Agrargenossenschaft Radeburg e.G.

Rheinland-Pfalz

- 1991 - 1994 Anbau von *Miscanthus sinensis Giganteus* (Chinaschilf)
Fachhochschule Rheinland-Pfalz, Abt. Bingen

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

Brandenburg

1994 - 1995 Anbau und Vermehrung von *Miscanthus*
IfU Schlieben

Bayern

1994 - 1995 Feldversuch mit *Miscanthus sinensis*
Herbert Fellner, Hirschau

Schnellwachsende Baumarten: Züchtung

EU-AIR

1994 Genetic improvement of willow (*Salix*) as a source of bioenergy for the EC
SE (DE, DK, FR, GB)
*Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, 34346 Hannoversch-
Münden*

BML

- 1993 - 1998 Züchterische Maßnahmen zur Steigerung und Sicherung der Produktion und
Anbautechnik der Biomasseproduktion in forstlichen Schnellwuchsplantagen,
Verbund: Abbachhof, Canstein u. Oldenburg
*Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden, 34346
Hann. Münden*
- 1993 - 1997 Bereitstellung von genetisch hochwertigem Vermehrungsgut für Kurzum-
triebsbestände und energetische Bewertung der Kurzumtriebsflächen
*Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten, Hann. Münden, 34346
Hann. Münden*
- 1994 - 1998 Eignung der Baumart Aspe und Prüfung von Aspenhybridensorten für die
Biomasseerzeugung in Kurzumtriebsplantagen
*Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung der BFH, 22927 Groß-
hansdorf*

Schnellwachsende Baumarten: Anbau

EU-AIR

1992 *Cynara cardunculus* L. as new crop for marginal and set-aside lands
ES (DE, FR, GR, IT, PT)
Ordinariat für Holztechnologie der Universität Hamburg

Anhang

BML

- 1993 - 1998 Standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen zur Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Erzeugung von Biomasse mit schnellwachsenden Baumarten
Lehrstuhl für Bodenkunde und Standortlehre der Uni München, 85354 Freising
- 1993 - 1995 Humushaushalt vormals landwirtschaftlich genutzter Böden nach Aufforstung mit schnellwachsenden Baumarten
Lehrstuhl für Bodenkunde und Standortlehre der Uni München, 85354 Freising
- 1994 Anbau von Energieholz für das Heizwerk Dornburg
Gönnatal agrar e.G.

Bayern

- 1992 - 1995 Anbauversuche mit schnellwachsenden Baumarten
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising
- 1993 - 1997 Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Erzeugung von Biomasse mit schnellwachsenden Baumarten
LMU, Lehrstuhl für Bodenkunde und Standortlehre, München

Schnellwachsende Baumarten: Ernte

EU-AIR

- 1994 Development of harvesting and storage technologies essential for the establishment of short rotation forestry as an economic source of fuel in Europe
GB (DE, DK, FR, IT)
TU München-Freising

BML

- 1994 - 1998 Betriebswirtschaftliche und erntetechnische Begleitforschung, Produktion von Lignozellulose durch den Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen (zur Phase II)
Institut für Ökonomie der BFH, 21031 Hamburg

Andere Energieträger

EU-AIR

- 1992 "Sweet sorghum", a sustainable crop for energy production in Europe
FR (BE, DE, DK, ES, GB, GR, IE, IT, PT)
Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig; Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

- 1994 Reed Canary Grass (*Phalaris arundinaceae*). Development of a new crop production system based on delayed harvesting and a system for its combined processing to chemical pulp and biofuel powder
SE (FI, DK, GB, IE, DE)
Institut für Pflanzenbau der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig
- 1991 - 1996 Erzeugung standortgerechter zur Ganzpflanzenverbrennung geeigneter Gräser
Deutsche Saatveredelung (DSV) Lippstadt-Bremen GmbH, 59557 Lippstadt

BML

- 1994 - 1996 Untersuchungen zur züchterischen Verbesserung von Triticale bezüglich seiner Eignung als Energiepflanze
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, 07743 Jena

Thüringen

- 1994 - 1996 Untersuchungen zur züchterischen Verbesserung von Triticale bezüglich seiner Eignung als Energiepflanze
TLL, Dudersted-Cauerwitz, DSV Gönnatal agr. e.G.
- 1993 - 1996 Anbau von Energiegras zur thermischen Verwertung
TLL, Dudersted-Cauerwitz, DSV Gönnatal agr. e.G.
- 1994 - Anbau von mehrjährigem Roggen und Triticale zur thermischen Verwertung für die Biomasseheizkraftwerke Jena und Schkölen
BHKW Schkölen, TLL, Dudersted-Cauerwitz, DSV Gönnatal agr. e.G.

A II Energetische Nutzung von Biomasse

Pyrolyse, Vergasung

EU-Joule II

- 1994 Local cogeneration using biomass gasification. Innovative 3-stage indirectly headed open cycle hot air process to attain efficiency above 30 % with minimal emissions in the 2 MWe range
DK (DE, AT)
Hartenstein und Franken Innotech KG, Oberhausen; Mehldau & Steinfath, Feuerungstechnik, Hamburg
- 1994 A high efficiency option for the conversion of biomass to electricity
UK (IT, FR)
- 1994 Biomass integrated gas turbines operation efficiency (BIGOTE)
DK (PT, GR)

Anhang

- 1993 Advanced and integrated biomass gasification with hot and catalytic fuel gas cleaning for electricity production and other end products
ES (DK)
- 1993 Integration of advanced biomass gasification and gas turbine technologies for a combined heat and power plant in a 200 hectares development area
BE (GR)
- 1993 Development of standard procedures for gas quality in biomass gasifier plant/power generation systems: a complementary study to "Joule" biomass gasifier projects
NL (DK, DE)
Zweckverband Regionale Entwicklung und Energie, Regensburg
- 1993 Advanced biomass pyrolysis for electricity production using electron beam irradiation
IT (DE, DK)
Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung, Stuttgart
- 1993 Highly efficient conversion of biomass to power and heat
IT (DK)
- 1993 Advanced small "Electricity farm power generator" (100/150 KWe optimized for herbaceous crops)
IT (DE)
Stadtwerke Saarbrücken AG

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

- 1993 Comparisons of entrained phase and fluidized bed gasification of biomass with respect to problems related to feeding and hot gas cleaning
DE (DK, SE)
DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH, Essen
- 1992 The feasibility of electricity production from biomass by pressurized gasification systems
IT (FI, RO, DE)
DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH, Institut für Kokserzeugung und Brennstofftechnik, Essen
- 1992 Development of a clean and high efficiency cogeneration prototype plant by biomass combustion in an atmospheric fluidized bed combustor and heat conversion into electricity by a Stirling engine V-160
ES (DE, RO)
Solo Kleinmotoren GmbH, Sindelfingen
- Development of a biomass-fueled gasifier/stirling generator for developing countries
GB (BE, DK, RO, HU)
- Gewinnung elektrischer Energie aus Biomasse durch Stirling Motoren unter Einbindung in Fernwärmenetze
DE (AT)
Mannesmann Anlagenbau AG, Düsseldorf; Schlaich, Bergermann und Partner, Stuttgart

EU-Thermie

- 1994 BIOCYCLE-Gasification of biomass for production of electricity and heat
DK (DE, IT)
VEAG, Berlin; GEA AG, Bochum
- 1994 Energy Farm: An IGCC plant for the production of electricity and heat through gasification of SRF (short rotation forestry) biomass
IT (DE, DK, PT)
Lurgi AG, Frankfurt
- 1994 ARBRE - Arable Biomass Renewable Energy
GB (DK, IE, SE)

EU-AIR

- 1993 Thermochemical biomass gasification: upgrading of the crude gasification product gas
RS (NL, SE)
- 1993 Fundamentals of pressurized gasification of biomass feedstocks
DE (FI, SE, IT)
DMT-Institut für Kokserzeugung und Kohlechemie, Essen
- 1994 TAIRA: Thermal Argo-Industrial Research Applications - a Pyrolysis Network for Europe to review pyrolysis and related processes for production of fuels and chemicals from agricultural materials

Anhang

GB (DE u.a.)

Institut für Organische Chemie, Tübingen; Veba Öl AG, Gelsenkirchen

DBU

Durchführung und Analyse einer Biomassevergasungsdemonstration

Rudi Wittwar Heiztechnik, Neubulach

Verbrennung

EU-Thermie

1993 Demonstration of the production, drying and combustion of arable coppice for electrical generation in areas of agricultural decline

UK

1993 Centrale bi-energie, bi-combustible, bagasse-charbon 2 x 30 MWe

FR

DBU

Erzeugung von Biomassefestbrennstoff aus extensivem Biomasseangebot mit integrierter wärmetechnischer Anwendungsnutzung in einem 8-MW-Technologieprozeß

Institut für Technische Trocknung mbH Gatersleben

Thüringen

1994 Demonstrationsanlage zur thermischen Verwertung von Stroh in der Landwirtschaft (< 100 kW)

Oberlemnitz e.G.

1994 Demonstrations- und Produktionsanlage zur thermischen Nutzung biogener Energieträger (Energieholz, Waldholz, Topinambur etc.) in Dornburg

TLL

Sachsen

1994 - 1995 Verfahrenstechnologische Untersuchungen zum Einsatz von Biobrennstoffen unter Praxisbedingungen in der Landwirtschaft

Agrarproduktion "Elsteraue", GmbH & Co KG, Zwenkau

1993 - 1996 Untersuchungen zur energetischen Nutzung von Holz als Primärenergieträger im kommunalen, industriellen, land- und forstwirtschaftlichen Bereich

TU Bergakademie Freiberg, Fachbereich Maschinenbau und Energietechnik, Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

Brandenburg

- 1993 - 1994 Umsetzung der Heizungsanlage Damsdorf auf Obstbaumschnitt und Holzhackschnitt
Damsdorfer Gartenbau GmbH

Bayern

- 1989 - 1996 Optimierung, Betreuung und weiterführende Untersuchungen zur Ernte, Einlagerung und Verfeuerung von Biomasse in der Pilotanlage Grub unter besonderer Berücksichtigung der Regelungstechnik
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Weihenstephan
- 1993 - 1995 Errichtung eines Biomasse-Heizwerkes zur Wärmeversorgung und Schnittholztrocknung
Agrar-Energie-Heizwerk Vilshofen GmbH, Vilshofen
- 1993 - 1995 Pilotvorhaben "Pelletierung von nachwachsenden Rohstoffen mit fahrbaren Pelletiermaschinen in der Oberpfalz und in Oberfranken"
Betreibergesellschaft zur Pelletierung nachwachsender Rohstoffe Oberpfalz/Oberfranken, Hirschau
- 1993 - 1995 Errichtung eines Biomasse-Heizwerkes in Wernberg-Köblitz
Fa. Conrad Electronic GmbH & Co. KG, Hirschau
- 1993 - 1995 Errichtung einer biomassebefeuerten Heizzentrale in der Grund- und Hauptschule Büchenbach
Gemeinde Büchenbach, Büchenbach
- 1993 - 1995 Errichtung eines Biomasse-Heizkraftwerkes in Maria-Bildhausen
St.-Josef-Kongregation Ursberg, Ursberg
- 1993 - 1995 Errichtung einer Heizkraftanlage mit Nahwärmeversorgungsnetz auf der Basis von Biomasse
Nahwärmeversorgung Ascha GdbR, Ascha
- 1993 - 1995 Errichtung eines Biomasseheizkraftwerkes in der Gemeinde Walsdorf
Gemeinde Walsdorf, Walsdorf
- 1993 - 1995 Blockheizkraftwerk mit Rapsölbetrieb und Spitzenheizkessel mit Holzhackschnitteln
Evang.-luth.-Heimvolkshochschule Bad Alexandersbad
- 1993 - 1995 Biomasseheizwerk Dietenhofen
Bäuerliche Hackschnitzelgemeinschaft Weihenzell-Dietenhofen GdbR, Dietenhofen
- 1994 - 1995 Errichtung des Biomasse-Heizwerkes Sinzing/Viehhausen
Biomasse-Heizung Viehhausen GdbR mbH, Bergmatting

Niedersachsen

- Brenntechnische Versuche mit feuchter Biomasse
Preussag AG, NOELL GmbH)

Planung

EU-Joule II

- 1993 Energy from biomass: an assessment of two promising systems for energy production
NL (IE, SE)
- 1992 Decentralized production of electricity from biomass
GB (IT, FI)
- 1992 Lessons from Denmark and Austria on the energy valorization of biomass
GR (BG, SK, RO)
- Development of a complete reference system for harvesting, collecting, storing and converting high-yield crops for efficient and environmentally acceptable production of electricity
DE (GR, ES, IT)
Zweckverband Regionale Entwicklung und Energie, Regensburg; Wirtschaft und Infrastruktur GmbH & Co. Planungs-KG, München
- 1994-1997 Forschungs- und Erprobungsanlage zur Energieversorgung (Wärme und Strom) der Lehr- und Versuchsanstalt "Haus Düsse" auf der Basis nachwachsender Rohstoffe
Landwirtschaftskammer Westfalen-Lippe, 48143 Münster
- 1994 - 1995 Mitverbrennung nachwachsender Rohstoffe - Eine Potentialuntersuchung
Forschungs- und Industrieberatungsgesellschaft mbH, 42553 Velbert
- 1994 - 1995 Gewinnung von Wärme für die eigene Spänetrocknung aus Restholz und speziellen Energiepflanzen
Pfleiderer Industrie GmbH & Co KG, Werk Neumarkt, 92318 Neumarkt
- 1994 - 1995 Modellvorhaben Wärme/Strom Phase II: Projektierung des Heizkraftwerkes Eberswalde
Stadtwerke Eberswalde, 16225 Eberswalde
- 1994 - 1996 Modellvorhaben Wärme/Strom Phase II: Projektierung des Heizkraftwerkes Kaisersesch
RWE Aktiengesellschaft, Zentralbereich Forschung und Entwicklung, 45128 Essen
- 1994 Modellvorhaben Wärme/Strom. Wärmeerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen, Phase II: Projektierung der "Wärmeersatzanlage Lübbenau"
Vereinte Elektrizitätswerke AG (VEAG), 12681 Berlin
- 1994 - 1995 Modellvorhaben Wärme/Strom, Phase II: Projektierung des Heizkraftwerkes Schongau-Altenstadt
Biomasse-Heizkraftwerk GmbH, Schongau/Altenstadt, 86971 Peiting/Birkland

DBU

Machbarkeitsstudie mit Vorplanungscharakter, Umweltfreundliche Energieversorgung der Stadt Ostritz und des IBZ St. Marienthal

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

Ver- und Entsorgungsgesellschaft (VEGO) mbH, Ostritz
Energiekonzept für das St. Martini Krankenhaus in Duderstadt, Modellvorhaben
Stadt Duderstadt

Rheinland-Pfalz

1994-1995 Modellversuch des Bundes "Wärme/Stromerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen"; Projekt "Biomasse-Heizkraftwerk in Kaisersesch", Voruntersuchungen der Erntetechnik, Lagerverfahren und Logistik des Aufwuchses von 30 ha Triticale
Fördergemeinschaft für den Anbau von Energiepflanzen, Emmelshausen, Landesamt für Pflanzenbau und Pflanzenschutz (LPP), Mainz

Bayern

1991 - 1997 Begleitforschung für Biomasseheizwerke in Bayern
Dipl.-Ing. Dr. Hartmut Thoma, Langenbach

1991 - 1995 Pilotprojekt "Umstellung der Grünfütterttrocknungsanlage Lengsfeld auf Befuerung mit landwirtschaftlich erzeugter Biomasse"
Trocknungsgenossenschaft Lengsfeld eG

1992 - 1995 Bewertung und Demonstration von Stroh- und Holzfeuerungsanlagen mit Aufbau einer Ausstellung an der DEULA
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik Weißenstephan

1993 - 1995 Biomasse-Heizanlage Freihung
Biomasse-Heizanlage-Freihung GdB, Freihung

1993 - 1995 Biomasse-Heizwerk Altershausen GBR
Biomasse-Heizanlage GBR, Altershausen

1993 - 1995 Biomasse-Heizkraftwerk Sulzbach-Rosenberg
ESP-Heizwerk GmbH, München

1993 - 1996 Modellvorhaben "Thermische Energieerzeugung aus Biomasse zu Trocknungszwecken und Fernwärme"
Pfleiderer Werke GmbH & Co. KG, Neumarkt

1993 - 1995 Pilotprojekt "Einrichtung eines Blockheizkraftwerkes auf der Basis biogener Brennstoffe zur Wärmeversorgung eines Wohngebietes in Unterneukirchen"
Biogene Fernwärme Unterneukirchen GmbH & Co. KG, Unterneukirchen

1993 - 1995 Pilotvorhaben "Errichtung eines biomassebefeuerten Heizkraftwerkes mit Nahwärmenetz für das Baugebiet nördlich der Kafendorfer Straße"
HRK, Fernwärme GmbH, Thurnau

1994 - 1995 Detailplanung bis zur Erteilung der baurechtlichen und emissionsrechtlichen Genehmigung für die Errichtung des Biomasse-Heizkraftwerkes Schongau-Altenstadt
Biomasseheizkraftwerk Schongau-Altenstadt GmbH, Peiting

1994 - 1995 Detailplanung zur Erteilung der baurechtlichen und emissionsrechtlichen Genehmigung für die Errichtung des Biomasse-Heizkraftwerkes Groaitingen
Biokraft-Heizwerk GmbH, Pfaffenhofen

Anhang

- 1994 - 1996 Erarbeitung eines grundlegenden Konzepts zur Verbesserung der Energieausnutzung auf der Basis einer indirekten Trocknung mit Niedertemperaturwärme und minimaler Schadstoffabgabe, dargestellt an einer konkreten Planung zur Anbindung der Futtertrocknung Altenstadt an ein Biomasseheizwerk
hs-Beratung, München
- 1994 - 1995 Engineering für eine neuartige Kaminanlage für die thermische Verwertung von Biomasse einschließlich der verfahrensmäßigen Auslegung der Tragwerksplanung der Kaminanlage für das Biomasseheizwerk der Agrar-Energie-Heizwerk Vilshofen GmbH
Isatech Ingenieurbüro für Abgas- und Haustechnik, Fürth
- 1994 - 1995 Demonstrationsprojekt "Errichtung eines Biomasse-Heizwerkes zur direkten thermischen Verwertung von Chinaschilf und anderen Biomassen"
Herbert Fellner, Hirschau

Niedersachsen

Strohheizwerk Hildesheim

Stadtwerke Hildesheim AG, Dänisches Technologisches Institut

Heizenergieerzeugung in niedersächsischen Gartenbaubetrieben - Studie

Institut für Technik in Gartenbau und Landwirtschaft der Universität Hannover

Energieversorgung der EXPO-Wohnsiedlung in Hannover

Stadtwerke Hannover AG, Energieconsulting Heidelberg GmbH

Bioheizkraftwerk Wolfsburg - Ideenwettbewerb

Stadtwerke Wolfsburg AG, Forschungsgemeinschaft Wolfsburg, Landelektrizität GmbH Fallersleben, Erzeugergemeinschaft nachwachsende Rohstoffe w.V., Energieconsulting Heidelberg GmbH

Biomasse-Heizwerk Wolfenbüttel

Energie aus Biomasse GmbH, Energieconsulting Heidelberg GmbH, FH Wolfenbüttel

A III Begleitforschung zur energetischen Biomassenutzung

Umwelt

EU-Altener

- 1994 Erschließung einer Infrastruktur für erneuerbare Energien und Einrichtung eines energieökologischen Test- und Modellgebietes
Forschungszentrum Jülich GmbH

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

EU-AIR

- 1994 Influence of the forest biomass grown in fertilized soil on combustion and gasification processes as well as on the environment with integrated bioenergy production
FI (PT, ES)
- 1994 Environmental aspects of biomass production and routes for European energy supply
NL (DE u.a.)
FNR, Gülzow; Institut für Klima, Umwelt und Energie, Wuppertal; Universität Stuttgart, IER; Universität Halle

DBU

- Bewertung der Umweltwirkung des Anbaus von *Miscanthus sinensis* als nachwachsender Rohstoff
Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Gülzow
- Ganzheitliche Bilanzierung von nachwachsenden Energieträgern unter verschiedenen ökologischen Aspekten
ifeu-Institut, Heidelberg
- Umweltgerechtes kommunales Energieversorgungssystem für die Stadt Tanna - Holzhackschnitzelheizwerk
Fernwärmeversorgung Tanna GmbH
- Vorstudie zur umweltverträglichen Energieversorgung der Stadt Ostritz - Holzvergasung
Stadtverwaltung Ostritz
- Untersuchungen zum Einfluß der Brennstoffart und -qualität auf die Zusammensetzung der Reststoffe und deren Verwertung am Strohheizwerk Schkölen zur Sicherung der Umweltverträglichkeit
Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt Thüringen
- Untersuchungen zum Einfluß der biogenen Brennstoffe und -qualität sowie der Fahrweise der Anlage auf die gas- und partikelförmigen Emissionen des Strohheizwerkes Schkölen zur Bewertung der Umweltverträglichkeit
Thüringer Landesanstalt für Umwelt

Thüringen

- 1994 - 1995 Untersuchungen zum Einfluß der Brennstoffart und -qualität auf die Zusammensetzung der Reststoffe und deren Verwertung am Strohheizkraftwerk Schkölen zur Sicherung der Umweltverträglichkeit
TLL, Dudersted-Cauerwitz, DSV Gönnatal agr. e.G.
- 1994 - 1995 Begleitende Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit der Biomasseverbrennung im Strohheizwerk Schkölen - Untersuchung der gas- und partikelförmigen Emissionen
TLL, Dudersted-Cauerwitz, DSV Gönnatal agr. e.G.

Anhang

Sachsen-Anhalt

- 1993 - 1995 Ökologische Bewertung des Anbaus von Chinaschilf sowie Prüfung der Möglichkeit der Bodensanierung durch Chinaschilf
FHS Anhalt

Sonstiges

EU-Joule I

- 1992 Evaluation of bioenergy applications: combining technical, economic and ecological aspects in a new model - BEACON
GR (FR, IT, SK, HU)

EU-Altener

- 1994 A Concerted Action for European Coordination and Information Exchange on Industrial Exploitation of Waste for Energy
PT (CBE) (DK, GB, IT, NL, ES, FI, SE)

2. Liste ausgewählter FuEuD-Projekte

- 1994 European Coordination Network to Address the Non-Technical Barriers to Biomass Fuel Production and Use
GB (ETSU) (alle MS)
FNR, Gülzow
- 1994 Training and information activities with regard to renewable energy at a level as close as possible to operators and the final consumers
DE
Transferstelle für regenerative Energiesysteme an der Fachhochschule Rheinland-Pfalz, Abt. Bingen

EU-Air

- 1993 Development of a standard methodology for integrating non-food crop production in rural areas with rich energy markets
GB
- 1994 Analysis and coordination of the activities concerning a gasification of biomass
DE (AT, DK, FI, IT, ES, SE, NL, GB)
Universität Stuttgart, IER

DBU

Energetische Nutzung von Biomasse - Im Konsens mit Osteuropa
Forum für Zukunftsenergien e.V., Bonn
Zuwendung für Projektierungsleistungen zur Errichtung eines kommunalen Wärmeversorgungssystems mit Biomasse als Brennstoff
Rat der Stadt Schkölen
Machbarkeitsstudie "Anbau und energetische Nutzung von Biomasse"
Stadt Duderstadt
Energetische Nutzung von Biomasse in Schkölen
Strohheizwerk Schkölen GmbH

Brandenburg

- 1994 - 1995 Energetische Verwertung von nachwachsenden Rohstoffen
IfU Schlieben

Abkürzungen:

AT (Österreich), BE (Belgien), BG (Bulgarien), CH (Schweiz), DK (Dänemark), DE (Deutschland), ES (Spanien), FI (Finnland), FR (Frankreich), GB (Großbritannien), GR (Griechenland), HU (Ungarn), IE (Irland), IS (Island), IT (Italien), LU (Luxemburg), NL (Niederlande), NO (Norwegen), PT (Portugal), RO (Rumänien), SE (Schweden), SK (Slowakei)

TAB

Büro für Technikfolgen-Abschätzung
beim Deutschen Bundestag

Rheinweg 121 53 120 Bonn

Telefon 02 28 / 23 35 88

Telefax 02 28 / 23 37 55

e-mail büro@tab.fzk.de

Internet www.tab.fzk.de