



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Der Markt für Bioenergie

Christian Schaper und Ludwig Theuvsen
Georg-August-Universität Göttingen

1. Bioenergie: Ein neuer Betriebszweig für die Landwirtschaft

Anfang 2007 wurde in Paris nach zähem Ringen der erste Teilband des 4. Sachstandsberichts des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verabschiedet. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass menschliches Handeln, namentlich der fossile Brennstoffverbrauch, die Landwirtschaft sowie Landnutzungsänderungen, eine Klimaveränderung ausgelöst haben, die sich u.a. in einer globalen Erwärmung, einem Anstieg des Meeresspiegels sowie dem Abschmelzen von Gletschern und Eiskappen bemerkbar macht. Zudem sollen Hitzewellen, Dürren, heftige Niederschläge, Stürme und andere extreme Wetterereignisse häufiger werden (IPCC, 2007). Die inzwischen als „gesicherte Erkenntnis“ (O.V., 2007) geltenden wissenschaftlichen Arbeiten zum Klimawandel, aber auch Sorgen um die Sicherheit und Nachhaltigkeit der Energieversorgung haben vielfältige politische Aktivitäten ausgelöst (vgl. im Überblick z.B. BMU, 2005), die auch für die deutsche Landwirtschaft von unmittelbarer Bedeutung sind.

Für die Europäische Union (EU) haben erneuerbare Energien einen herausragenden Stellenwert erlangt (HEINZ, 2007). Die EU-Kommission hat im Rahmen des von ihr am 10. Januar 2007 vorgelegten integrierten Energie- und Klimapakets einen „Fahrplan für erneuerbare Energien“ entwickelt, in dem u.a. festgestellt wird, dass eine „Strategie für erneuerbare Energien ... Dreh- und Angelpunkt eines EU-weiten Konzepts zur Reduzierung der CO₂-Emissionen“ sei. Dementsprechend hat die Kommission das Ziel ausgegeben, dass „der Anteil erneuerbarer Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch bis 2020 insgesamt 20 % erreichen muss“ (KOMMISSION, 2007: 11). Im Verkehrsbereich sollen Biokraftstoffe 10 % des Gesamtverbrauchs von Benzin und Diesel ausmachen. Zugleich werden die EU-Mitgliedsstaaten aufgerufen, nationale Aktionspläne aufzustellen, aus denen ersichtlich wird, wie sie durch die Förderung erneuerbarer Energien zur Erreichung der EU-Ziele beitragen wollen (KOMMISSION, 2007). Die Klima- und Energiepolitik sind auch zentrale Themen der jüngsten deutschen EU-Ratspräsidentschaft gewesen; so wurde die Frühjahrssitzung des Europäischen Rates am 7. und 8. März 2007 für weitreichende energie- und klimapolitische Weichenstellungen genutzt (RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, 2007).

In Deutschland genießen die Energie- und Klimapolitik und mit ihr die erneuerbaren Energien bereits seit längerer Zeit erhöhte Aufmerksamkeit. Die jetzige Bundesregierung hat in ihrer Regierungserklärung vom 30. November 2005 (MERKEL, 2005) sowie durch den Beschluss des von Bundeswirtschafts- und Bundesumweltministerium vorgelegten Energie- und Klimapakets im Rahmen der Klausursitzung des Bundeskabinetts im August 2007 in Meseberg diese Stoßrichtung nochmals bestätigt. Aus Sicht der Landwirtschaft bedeutsame Punkte des Energie- und Klimapakets sind vor allem der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien im Strombereich, die Modifizierung der Einspeiserege-

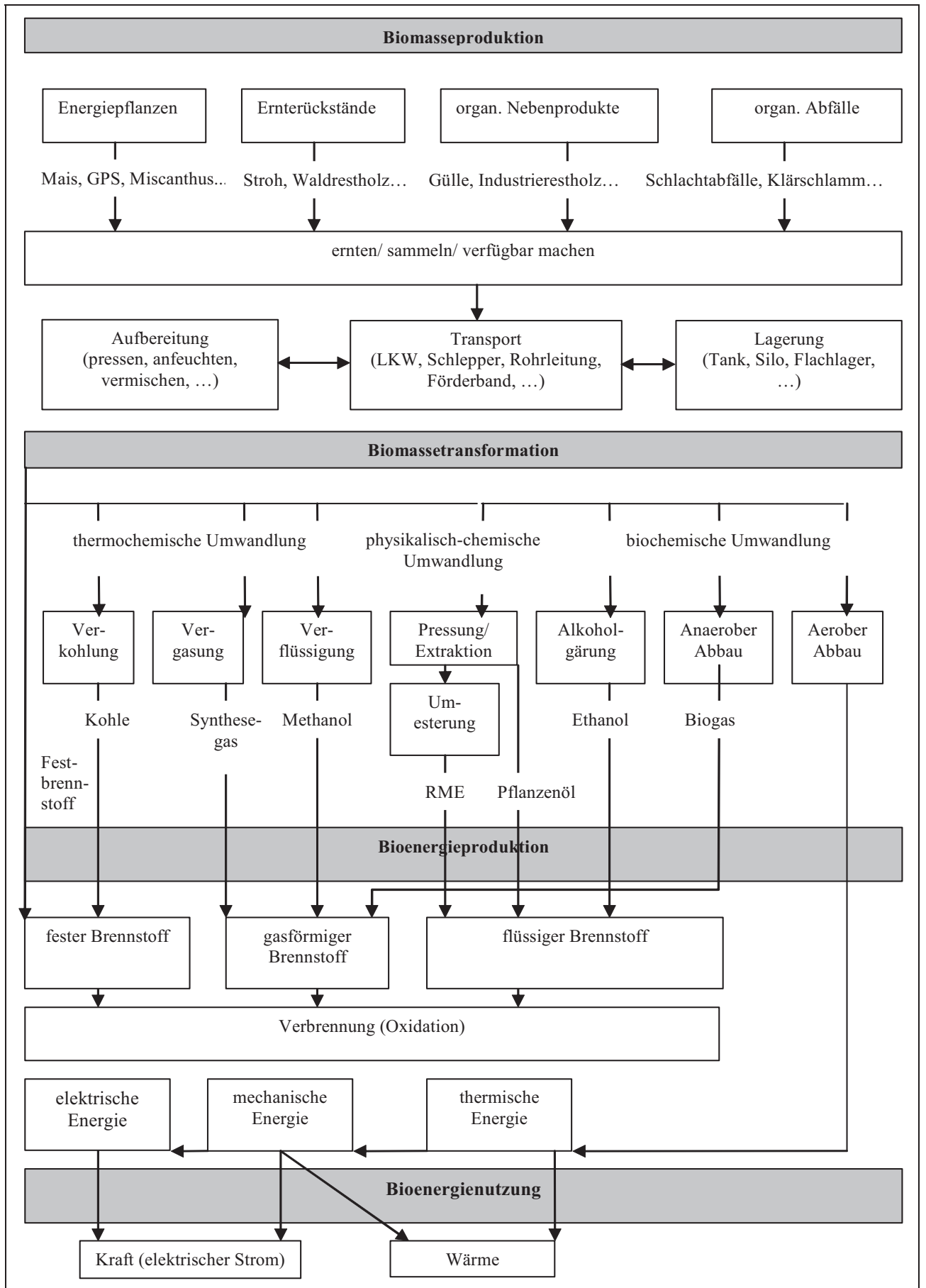
lungen für Biogas in Erdgasnetze, die Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Wärmeverbrauch sowie die verstärkte Nutzung von Biokraftstoffen (BMU, 2007b).

Ein zentraler Stützpfiler des Ausbaus der Erzeugung erneuerbarer Energien ist in Deutschland das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das am 1. April 2000 das bis dato geltende Stromeinspeisungsgesetz abgelöst hat. Kernelemente des zwischenzeitlich novellierten EEG sind u.a. der vorrangige Anschluss von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien an die Stromnetze, die vorrangige Abnahme und Übertragung von Strom, der aus diesen Anlagen stammt, sowie eine für die Dauer von in der Regel 20 Jahren nach Energieträgern, Anlagengröße und Installationszeitpunkt differenzierte feste, an den Kosten orientierte Einspeisevergütung durch die Netzbetreiber (BMU, o.J.). Feste Vergütungen sieht das EEG für die Einspeisung von Strom aus Wasserkraft, Deponiegas, Klär- und Grubengas, Biomasse, Geothermie, Windenergie sowie solarer Strahlungsenergie vor (§§ 6 bis 11 EEG).

Landwirte können namentlich in den Bereichen Windenergie, Solarenergie sowie Biomasse unmittelbar vom politischen Rückenwind für erneuerbare Energien, der im EEG festgeschriebenen Förderung sowie der steigenden Nachfrage nach regenerativen Energien profitieren. Die Verpachtung von Flächen für die Aufstellung von Windenergieanlagen, die im Gegenzug oftmals erfolgende Beteiligung als Gesellschafter an den Betriebsgesellschaften, die die Windenergieanlagen planen, finanzieren und betreiben, sowie die Anbringung von Sonnenkollektoren auf Dachflächen von Wirtschafts- oder Wohngebäuden weisen jedoch kaum unmittelbare Beziehungen zur landwirtschaftlichen Urproduktion auf und sind daher aus der Perspektive des strategischen Managements als konglomerate Diversifikation (ANSOFF, 1965) bzw. „exotische Betriebszweige“ (DOLUSCHITZ und SCHWENNIGER, 2003) zur – allerdings nicht ganz risikolosen (v. BITTER und THEUVSEN, 2004) – Erschließung zusätzlicher Einkommensquellen zu charakterisieren. Demgegenüber stellt für einen landwirtschaftlichen Betrieb die Investition in eine Biogasanlage – ähnlich wie ein Einstieg in andere Betriebszweige – eine Diversifikation innerhalb seines landwirtschaftlichen Tätigkeitsspektrums dar (GÖRISCH und HELM, 2007; INDERHEES, 2007). Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft hat dies erkannt und dementsprechend eine Betriebszweigabrechnung für Biogasanlagen vorgelegt (DLG, 2006). Wenn – wie dies gegenwärtig häufig geschieht – von „Landwirten als Energiewirten“ gesprochen wird, so ist damit fast durchweg nur die Produktion von Biomasse zur innerbetrieblichen Erzeugung erneuerbarer Energien, speziell in Biogasanlagen, oder die Bereitstellung von Biomasse, z.B. Energiemais oder Ölfrüchten, für die Erzeugung erneuerbarer Energien außerhalb des eigenen Betriebs gemeint.

Neben den unmittelbaren Wirkungen der Förderung erneuerbarer Energien auf die Landwirtschaft, die zur Erzeugung sowie ggf. auch Umwandlung und Verarbeitung von Biomasse durch landwirtschaftliche Betriebe führen, sind auch

Abbildung 1. Die Bioenergie-wertschöpfungskette



Quelle: RAAB et al., 2005a: 19

vielfältige mittelbare Wirkungen auszumachen. Dies können u.a. steigende Preise für Agrarprodukte auf der Outputseite (VON LAMPE, 2007), aber auch steigende Preise für Inputfaktoren, z.B. Futtermittel und Pachtflächen, sein. Gerade letztere werden von Veredlungs- und Futterbaubetrieben zunehmend als zentrale Risikofaktoren wahrgenommen (SCHAPER et al., 2008). Unter dem Schlagwort ‚Nutzungskonkurrenz‘ wird daher gegenwärtig die angesichts begrenzter landwirtschaftlicher Nutzflächen zu beobachtende Verdrängung der Nahrungsmittel- durch die Bioenergieproduktion zunehmend kritisch diskutiert (GÖMANN et al., 2007; DE HAEN, 2007). Die Erzeugung von Bioenergie als neuer Betriebszweig für die Landwirtschaft ist somit ein außerordentlich facettenreiches Phänomen. Um angesichts begrenzten Raums den Bogen nicht zu überspannen, werden im Folgenden ausschließlich Entwicklungen auf den Märkten für Bioenergie geschildert; mittelbare Wirkungen auf Pachtpreise, Futtermittelpreise oder das Nahrungsangebot werden ebenso aus der Darstellung ausgeklammert wie die gesamtwirtschaftlichen (NUSSER et al., 2007), regionalen (BREUER und HOLM-MÜLLER, 2007; HOFFMANN, 2007) oder ökologischen (WEGENER et al., 2006) Effekte der Bioenergieproduktion oder auch ihr Beitrag zur Versorgungssicherheit im Energiebereich (HÖVELMANN, 2005).

2. Die Wertschöpfungskette Bioenergie

Die Bioenergie-wertschöpfungskette umfasst alle Prozesse von der Produktion von Energiepflanzen bzw. der Verfügbarmachung von Rückständen oder Abfällen organischer Herkunft bis zur abschließenden Nutzung fester, flüssiger oder gasförmiger Bioenergeträger. Allgemein können vier aufeinander aufbauende Wertschöpfungsstufen der Bioenergie-wirtschaft unterschieden werden: Biomasseproduktion und -bereitstellung (z.B. Anbau, Ernte und Aufbereitung von Energiepflanzen), Biomassetransformation (z.B. anaerober Abbau von Biomasse in Biogasanlagen), Bioenergieproduktion (bspw. Verstromung von Biogas in Blockheizkraftwerken) sowie die Nutzung der erzeugten elektrischen sowie ggf. thermischen Energie (Abbildung 1).

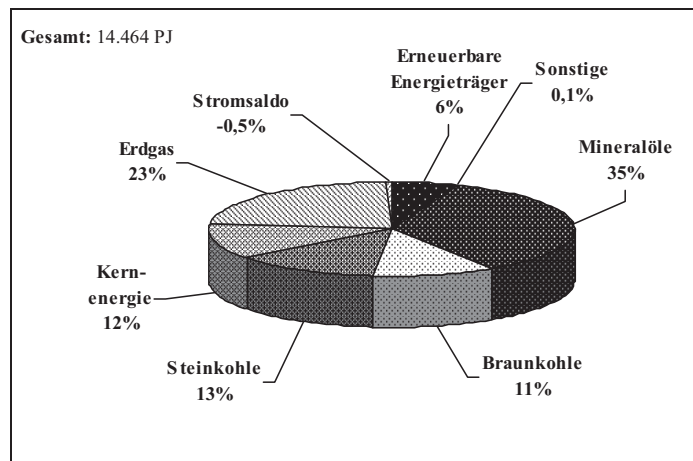
Die Transformation von Biomasse in Nutzenergie umfasst verschiedene Umwandlungsprozesse, im Rahmen derer die Energieträger hinsichtlich ihrer Eigenschaften aufgewertet werden. Dies kann z.B. die Energiedichte, die Handhabung, die Speicher- und Transporteigenschaften, die Umweltverträglichkeit der energetischen Nutzung, die Potenziale zur Substitution fossiler Energieträger oder die Verwertbarkeit von Rückständen betreffen. Innerhalb der Wertschöpfungskette für Bioenergie können dabei thermochemische, physikalisch-chemische sowie biochemische Verfahren zur Umwandlung organischer Energieträger in feste, flüssige oder gasförmige Energieträger unterschieden werden. Die Produktion und Nutzung dieser Energieträger erfordert dabei ein Zusammenspiel zwischen den Akteuren der Bioenergie-wirtschaft auf den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette. Ziel der gesamten Kette ist es, eine gegebene Nutzenergienachfrage zu decken und in diesem Zusammenhang die dazu notwendigen Konversionsanlagen mit Biomasse in der benötigten Menge und Qualität zu versorgen (RAAB et al., 2005a).

Die Bioenergie-wertschöpfungskette wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, die die Rahmenbedingungen für die Energiebereitstellung aus Biomasse vorgeben. Neben dem Angebot an Biomasse und der Nachfrage nach Bioenergie üben weitere ökonomische, technische und administrative Bestimmungsgrößen einen erheblichen Einfluss auf die Entwicklung der Wertschöpfungskette aus (KALTSCHMITT, 2007: 5). Mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit von Energie aus Biomasse sind vor allem die Preisentwicklungen fossiler Energieträger von zentraler Bedeutung (ISERMEYER, 2007). Darüber hinaus spielen die Flächenpotenziale für die Erzeugung von Biomasse (HENZE und ZEDDIES, 2007), Investitionen in Anlagen für die Bioenergieproduktion (ZEDDIES, 2006), die Konkurrenzsituation zwischen Nahrungs- und Futtermittelproduktion, die Art (z.B. Holz- oder halmgutartig) und Qualität (Wassergehalt, Zusammensetzung) der verfügbaren Biomasse sowie der jahreszeitlich schwankende Anfall der Biomasse eine wichtige Rolle (RAAB et al., 2005). Zusätzlich müssen die lokalen Bedingungen, u.a. die Genehmigungsfähigkeit und soziale Akzeptanz von Bioenergieanlagen, berücksichtigt werden.

3. Bioenergieerzeugung in Deutschland: Ein Überblick

Die Erzeugung erneuerbarer Energien hat sich in den letzten Jahren dank intensiver Förderung und steigender Energiepreise zu einer Stütze der Energiebereitstellung in Deutschland entwickelt. Trotzdem entfielen auch im Jahr 2006 erst 5,8 % des Verbrauchs an Primärenergie auf erneuerbare Energien (HENKE, 2007: 23), während der weitestgrößte Teil des Primärenergieverbrauchs weiterhin durch die Nutzung konventioneller Energien, d.h. fossil-biogener (Kohle, Öl, Gas) sowie fossil-mineralischer (Uran) Brennstoffe, gedeckt wurde (Abbildung 2; HOFMANN et al., 2006: 7ff.).

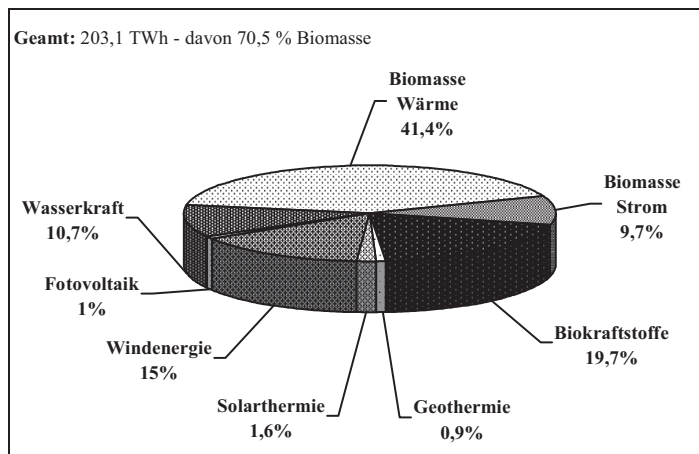
Abbildung 2. Primärenergieverbrauch in Deutschland 2006*



* vorläufige Angaben Stand 02/2007; Angaben gerundet
Quelle: BMU, 2007: 13

Energie aus Biomasse trug im Jahr 2006 zu 71 % zur Endenergiebereitstellung aus regenerativen Quellen bei (BMU, 2007a; Abbildung 3). Die insgesamt aus erneuerbaren Quellen erzeugten 203 TWh entfallen zu 44 % auf die Wärmeerzeugung, zu 36 % auf die Strombereitstellung und

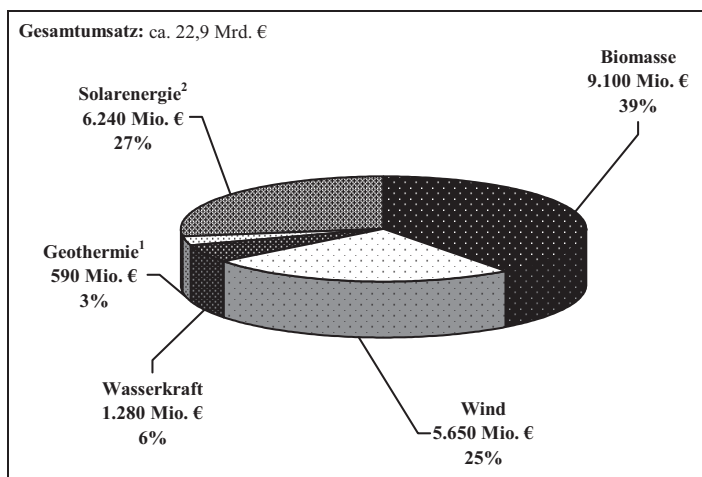
Abbildung 3. Erneuerbare Energien in Deutschland 2006



Quelle: FNR, 2007b

zu 20 % auf Biokraftstoffe. Die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien erreichte 6 % des gesamten Wärmeverbrauchs in Deutschland; soweit Wärme aus erneuerbaren Energien erzeugt wird, entfallen 84,1 TWh (94 %) auf Biomasse (vorwiegend Holz), 3,3 TWh auf die Solarthermie und 1,9 TWh auf geothermische Quellen. Im Rahmen der Stromerzeugung werden rund 74 TWh bzw. 12 % des Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien bereitgestellt; dabei dominieren Wind- (41 %) und Wasserkraft (29 %). Biostrom wird vor allem aus biogenen flüssigen und festen Brennstoffen (11,9 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen), Biogas (7,3 %) sowie Deponie- und Klärgas (2,6 %) gewonnen (BMU, 2007a:12). Als Biokraftstoffe finden in Deutschland Biodiesel (72,5 %), Pflanzenöl (18,6 %) und Bioethanol (8,9 %) Verwendung; im Jahr 2006 machten sie 6,6 % des gesamten Kraftstoffverbrauchs aus (rund 40 TWh). Mit erneuerbaren Energien wird zzt. ein Umsatz von fast 23 Mrd. € pro Jahr generiert; davon entfielen im Jahr 2006 fast 40 % (9,1 Mrd. €) auf Bioenergien. Auf den weiteren Plätzen folgen die Solarenergie (6,24 Mrd. €), die Windkraft (5,65 Mrd. €) und die Wasserkraft (1,28 Mrd. €) (FNR, 2006a; FNR, 2007a; Abbildung 4).

Abbildung 4. Gesamtumsatz erneuerbarer Energien in Deutschland 2006



¹: Großanlagen und Wärmepumpen, ²: Photovoltaik und Solarthermie
Quelle: FNR, 2007a

Mit dem Ausbau der Erzeugung erneuerbarer Energien ist es zu einem deutlichen Beschäftigungszuwachs in diesem Sektor gekommen. Laut einer Studie des BMU (2007a: 24) konnten der Erzeugung erneuerbarer Energien im Jahr 2006 rund 214 000 inländische Arbeitsplätze zugerechnet werden; im Vergleich zu 2004 war dies ein Anstieg um 36 % bzw. 57 000 Arbeitsplätze. Der Biomassektor weist inzwischen die höchsten Beschäftigungszahlen und Zuwachsraten auf (Abbildung 5). Einen weiteren Beschäftigungsaufbau erwartet das BMU aufgrund der steigenden Exportanteile deutscher Unternehmen auf einem stark wachsenden Weltmarkt für erneuerbare Energien.

Anknüpfend an die Struktur der Wertschöpfungskette für Bioenergie (Abschnitt 2) werden im Folgenden zunächst die Produktion und Bereitstellung von Biomasse (Abschnitt 4) und sodann die Bioenergieproduktion einschließlich der ggf. erforderlichen Biomassetransformation (Abschnitt 5) näher beleuchtet.

4. Erzeugung von Biomasse

Die Biomasseproduktion stellt die erste Wertschöpfungsstufe der Energiebereitstellung aus Biomasse dar. Die Bereitstellungsphase umfasst den Anbau, die Pflege, die Ernte und Lagerung der Biomasse, ihre Aufbereitung (Konservierung, Trocknung, Zerkleinerung etc.) sowie den Transport vom Anfall- zum Nutzungsort. Die Wertschöpfungsstufe der Biomassebereitstellung endet mit dem Eingang der Biomasse in eine Konversionsanlage bzw. in eine Anlage zur Bereitstellung eines Sekundärenergieträgers mit grundsätzlich anderen energie- bzw. verbrennungstechnischen Eigenschaften (KALTSCHMITT, 2001: 31).

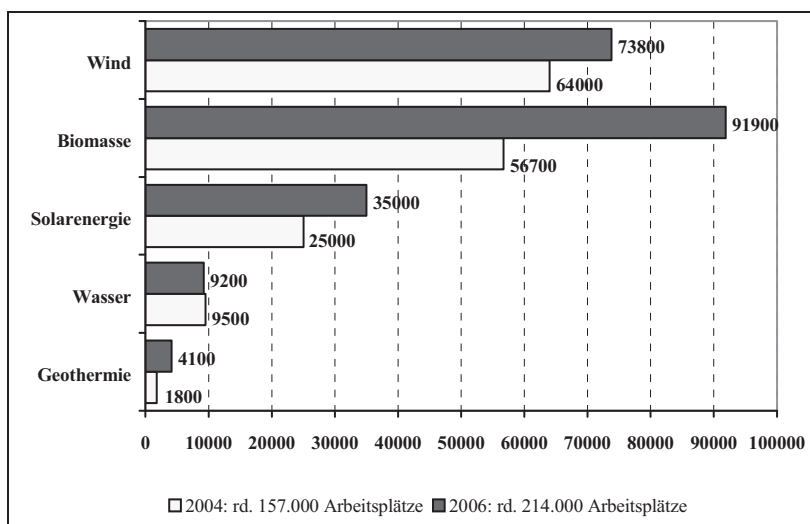
Unter dem Begriff ‚Biomasse‘ werden sämtliche Stoffe organischer Herkunft zusammengefasst (KALTSCHMITT, 2001: 3). Biomasse beinhaltet demnach

- die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere),
- die daraus resultierenden Rückstände (z.B. tierische Exkremente),
- abgestorbene, aber noch nicht fossile Phyto- und Zoomasse (z.B. Stroh) und
- alle Stoffe, die durch technische Umwandlung oder stoffliche Nutzung von Phyto- und Zoomasse entstehen (z.B. Pflanzenöl, Alkohol, organische Hausmüllfraktion, Schlachtabfälle).

Die Abgrenzung der Biomasse gegenüber den fossilen Energieträgern wird nicht ganz einheitlich vorgenommen. Während in Deutschland Torf als fossiles Sekundärprodukt der Verrottung nicht als Biomasse gilt, rechnen einige andere Länder, u.a. Schweden und Finnland, ihn noch zur Biomasse (KALTSCHMITT, 2001). Aufzählungen der vom Gesetzgeber als Biomasse anerkannten bzw. nicht anerkannten Stoffe enthalten die §§ 2 und 3 BiomasseV.

Biomasse kann in Primär- und Sekundärprodukte eingeteilt werden. Zu den Primärprodukten zählt die Biomasse, die durch direkte Ausnutzung der Sonnenenergie entstanden ist. Dies trifft auf die gesamte

Abbildung 5. Beschäftigte im Bereich der erneuerbaren Energien 2006



Quelle: BMU, 2007a: 24

Pflanzenmasse, z.B. Energiepflanzen, sowie die pflanzlichen Rückstände und Nebenprodukte aus der Land- und Forstwirtschaft und der Weiterverarbeitungsindustrie (u.a. Stroh, Industrieholz) zu. Zu den Sekundärprodukten, die durch den Ab- und Umbau organischer Substanz in höheren Organismen (z.B. Tieren) gebildet werden und daher ihre Energie nur indirekt von der Sonne beziehen, zählen die gesamte Zoomasse, deren Exkremente (z.B. Gülle oder Festmist) sowie Klärschlamm (KALTSCHMITT, 2001).

Für die Energiebereitstellung aus Biomasse sind in erster Linie die Art und die damit häufig verbundene Herkunft der eingesetzten Biomasse von Bedeutung. Die weitere Darstellung stellt daher die Biomassepotenziale aus landwirtschaftlicher Produktion, aus forstwirtschaftlicher Produktion (Holz) sowie aus biogenen Reststoffen und Abfällen dar.

4.1 Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion

Unter dem Begriff ‚nachwachsende Rohstoffe‘ werden land- und forstwirtschaftlich erzeugte Produkte verstanden, die weder als Nahrungs- noch als Futtermittel genutzt werden. Verwendungszwecke nachwachsender Rohstoffe können die industrielle Weiterverarbeitung (stoffliche Nutzung) sowie die Erzeugung von Wärme, Strom oder Treibstoffen (energetische Nutzung) sein (BMELV, 2007). Der Anbau nachwachsender Rohstoffe auf landwirtschaftlich genutzten Flächen befindet sich in Deutschland zzt. auf einem Rekordniveau (Abbildung 6); er ist seit 1993 von ca. 291 000 ha auf über 2 Mio. ha im Jahr 2007 angestiegen. Damit werden inzwischen 17 % der gesamten Ackerfläche (11,8 Mio. ha) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe genutzt. Während 1993 noch rund 84 % der angebauten nachwachsenden Rohstoffe stofflich genutzt wurden, sind dies im Jahr 2007 nur noch rund 13 % gewesen (FNR, 2007c: 11); nachwachsende Rohstoffe dienen inzwischen vorrangig der Produktion von

Biokraftstoffen und der Verwertung in Biogasanlagen.

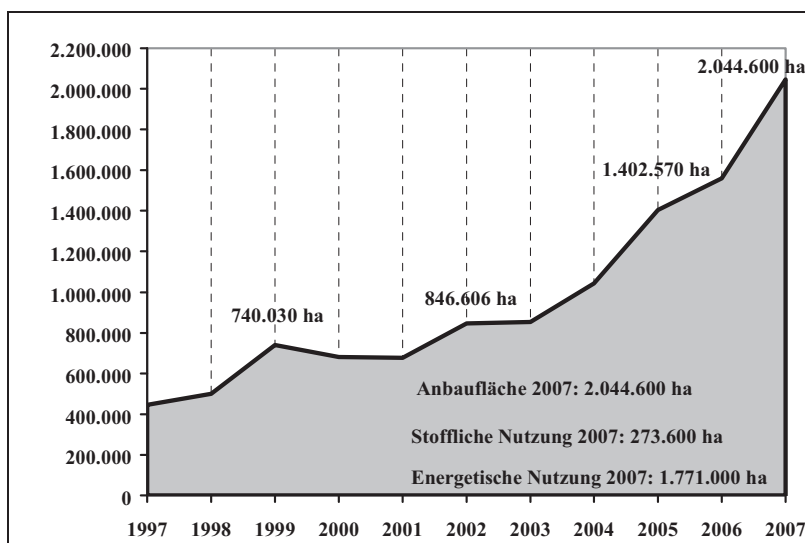
Die Anbaufläche nachwachsender Rohstoffe für die energetische Verwertung ist allein von 2006 auf 2007 um 37 % oder 476 000 ha angewachsen. Dabei dominieren Raps (1,12 Mio. ha) sowie Energiepflanzen für die Biogaserzeugung (400 000 ha) (Tabelle 1).

Der Anbau von Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen wurde von 2003 bis 2006 weiter ausgedehnt. Vorwiegend wird auf diesen Flächen Raps angebaut (2006: ca. 318 000 ha), seit 2005 vermehrt auch Energiepflanzen für den Einsatz in Biogasanlagen. Noch stärker wurde der Anbau von Energiepflanzen auf Basisflächen ausgedehnt; der Anbauumfang auf diesen Flächen hat sich seit 2003 mehr als verdoppelt und übersteigt den Anbau auf Stilllegungsflächen inzwischen um etwa das Dreifache

(Tabelle 2; <http://www.fnr.de>¹). Bemerkenswert ist das Jahr 2004, in dem der obligatorische Flächenstilllegungssatz von 5 auf 10 % halbiert wurde und trotzdem der Anbau von Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen nur um etwa ein Drittel zurückgegangen ist.

Die EU-Agrarminister haben am 26. September 2007 mit der Verordnung (EG) Nr. 1107/2007 einen Beschluss zur Aussetzung der Flächenstilllegung für die Ernte 2008 gefasst. Die Aufhebung der Stilllegungspflicht könnte in Deutschland nach Schätzung des DBV (2007) etwa 200 000 der bisher rund 1 Mio. ha Stilllegungsflächen für die Produktion mobilisieren. EU-weit könnten von derzeit 3,8 Mio. ha stillgelegten Flächen 1,6 bis 2,9 Mio. ha wieder in die Erzeugung genommen werden.

Abbildung 6. Nachwachsende Rohstoffe auf landwirtschaftlich genutzter Fläche



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an FNR, 2007c: 11

¹ Die Zugriff auf alle Online-Quellen erfolgte – ohne, dass dies in jedem Einzelfall angegeben wird – zwischen Anfang und Mitte Dezember 2007.

Tabelle 1. Anbau von Energiepflanzen in Deutschland

| Pflanzen | Rohstoff | 2006 (ha) | 2007 (ha)* |
|-----------------|----------------------------------|------------------|------------------|
| Energiepflanzen | Raps für Biodiesel/Pflanzenöl | 1 000 000 | 1 120 000 |
| | Zucker und Stärke für Bioethanol | 295 000 | 250 000 |
| | Pflanzen für Biogas | | 400 000 |
| | Sonstiges | | 1 000 |
| | Energiepflanzen insgesamt | 1 295 000 | 1 771 000 |

*: vorläufige Schätzung

Quelle: in Anlehnung an FNR, 2007c: 11

gung von Importen (2,8 Mio Festmeter) und Exporten (6,1 Mio. Festmeter) lag die Inlandsverfügbarkeit von Waldrohholz bei 70,5 Mio. Festmeter. Davon wurden 16,4 Mio. Festmeter (23 %) energetisch und 54,1 Mio. Festmeter (77 %) stofflich genutzt. Unter Berücksichtigung der Alt- und Industrieböden (vgl. Abschnitt 4.3) fielen in Deutschland im Jahr 2005 rund 105,8 Mio. Festmeter Holz an, die zu 38 % (39,8 Mio. Festmeter) einer energetischen und 62 % (66 Mio. Festmeter) einer stofflichen Nutzung zugeführt werden (FNR, 2007c: 13). In bestimmten Regionen oder für einzelne Holzsortimente besteht eine Konkurrenz zwischen energetischer und stofflicher Nutzung; so wird bspw. für die Energiegewinnung potenziell nutzbares Nadelholz auch in der Holzwerkstoff- sowie der Zellstoffindustrie eingesetzt (HOFMANN et al., 2006: 23).

Tabelle 2. Nachwachsende Rohstoffe auf Basis- und Stilllegungsflächen

| Jahr | 2003 | | 2004 | | 2005 | | 2006* | |
|-----------------|----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|
| | Basisfläche | Stillfläche | Basisfläche | Stillfläche | Basisfläche | Stillfläche | Basisfläche | Stillfläche |
| Stärke | 125 000 | | 125 000 | | 128 000 | | 128 000 | |
| Zucker | 7 000 | | 7 000 | | 18 000 | | 18 000 | |
| Rapsöl | 340 000 | 328 753 | 650 000 | 209 907 | 739 876 | 322 047 | 782 000 | 318 000 |
| Sonnenblumenöl | 15 000 | 3 185 | 10 000 | 747 | 10 855 | 1 899 | 4 000 | 1 000 |
| Leinöl | 5 000 | 365 | 3 000 | 96 | 3 100 | 229 | 3 000 | |
| Faserpflanzen | 1 500 | 0 | 1 500 | 0 | 1 500 | 0 | 2 000 | |
| Heilstoffe | 4 000 | 693 | 4 000 | 465 | 10 000 | 182 | 10 000 | |
| sonstiges | | 5 051 | | 3 902 | | | | |
| Energiepflanzen | | | 27 000 | | 120 746 | 46 069 | 218 000 | 77 000 |
| Summe | 497 500 | 338 047 | 827 500 | 215 117 | 1 032 077 | 370 501 | 1 165 000 | 396 000 |
| Anbau insg. | 835 547 | | 1 042 617 | | 1 402 570 | | 1 561 000 | |

Quelle: <http://www.fnr.de>; *: Schätzung der FNR; alle Angaben in ha

4.2 Biomasse aus forstwirtschaftlicher Produktion

Der deutsche Wald umfasst eine Fläche von 11 Mio. ha. Der Anteil der Nadelhölzer liegt bei 62 %, der der Laubhölzer bei 38 %. Die dominierenden Baumarten sind Fichten (36 %), Kiefern (20 %) und Buchen (17 %). Die größten Waldanteile finden sich in den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz (FNR, 2007c: 12).

Im Rahmen der jüngsten Bundeswaldinventur wurden die Holzvorräte des deutschen Waldes auf insgesamt 3,4 Mrd. m³ (320 m³/ha) geschätzt. Der jährliche Zuwachs beträgt etwa 10 m³/ha (FNR, 2007c: 12). Modellrechnungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft haben ergeben, dass das jährliche Potenzial, das ohne Gefährdung der Nachhaltigkeit genutzt werden könnte, zwischen 78 und 100 Mio. Festmeter Holz (nach Abzug von Ernte- und Rindenverlusten) bzw. zwischen 120 und 150 Mio. Festmeter Biomasse (einschließlich Reisig und Astholz) beträgt. Das Potenzial für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffgewinnung auf Holzbasis beläuft sich auf knapp 25 Mio. Tonnen Trockenmasse pro Jahr (461 PJ). Davon wären 7,5 Mio. Tonnen (139 PJ) Holz aus Einschlag (genutztes Brennholz, Waldrestholz, Nichtderbholz) sowie 17,4 Mio. Tonnen (322 PJ) Holz aus dem bisher ungenutzten Zuwachs (HOFMANN et al., 2006: 17 und 23).

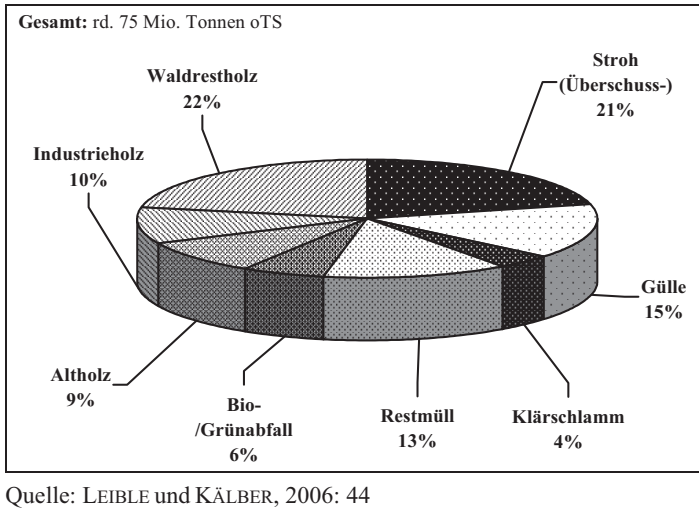
Im Jahr 2005 betrug das Aufkommen an Waldrohholz in Deutschland rund 74 Mio. Festmeter. Unter Berücksichti-

4.3 Biomasse aus biogenen Reststoffen und Abfällen

Biogene Reststoffe und Abfälle machen einen erheblichen Teil des gesamten deutschen Abfallaufkommens aus. Mengemäßig wird das Aufkommen durch die Land- und Forstwirtschaft (ungefähr 60 %), den privaten Verbrauch (kommunale Abfälle) sowie das produzierende Gewerbe bestimmt. Die jährlich verfügbare Menge an biogenen Reststoffen und Abfällen, die energetisch genutzt werden könnte, beträgt in Deutschland rund 70 bis 75 Mio. Tonnen organische Trockensubstanz (oTS) (RAUSSEN und KERN, 2006). Dies entspricht rund 9 % des deutschen Primärenergiebedarfs. Die wichtigsten Reststoffe und Abfälle sind Schwach- und Waldrestholz (22 %), Überschussstroh (21 %), Gülle (14 %), Restmüll (Hausmüll; 13 %) sowie Industrie- und Altholz² (10 bzw. 9 %) (Abbildung 7; LEIBLE et al., 2003).

² Biomasse im Sinn der Biomasseverordnung sind Althölzer der Kategorien I (naturbelassen oder lediglich mechanisch bearbeitet), II (verleimt, gestrichen, beschichtet oder lackiert), III (mit halogenorganischen Verbindungen) und IV (mit Holzschutzmittel belastet). Für Althölzer der Kategorien III und IV müssen die Anlagen nach der 17. BImSchV zertifiziert sein und über entsprechende Schadstofffilter verfügen (FNR, 2007c: 41).

Abbildung 7. Biogene Reststoffe und Abfälle zur energetischen Nutzung (1999)



Pro Kopf und Jahr fallen ca. 0,9 Tonnen oTS biogene Rest- und Abfallstoffe, die einen Heizwert von etwa 420 bis 450 Litern Heizöl haben (LEIBLE und KÄLBER, 2006: 44). Berücksichtigt man weitere biogene Rest- und Abfallstoffe, die in Abbildung 7 nicht aufgeführt sind, z.B. Pflegegut von Landschaftspflegeflächen, Festmist aus der Landwirtschaft sowie biogene Rest- und Abfallstoffe aus dem produzierenden Gewerbe, fallen weitere ca. 5 bis 15 Mio. Tonnen oTS an. Das Gesamtaufkommen an biogenen Rest- und Abfallstoffen beträgt somit 80 bis 90 Mio. Tonnen oTS oder 11 % des deutschen Primärenergiebedarfs (LEIBLE et al., 2003). Da derzeit nur 2,3 % des deutschen Primärenergiebedarfs durch die energetische Nutzung von biogenen Reststoffen und Abfällen gedeckt werden (LEIBLE und KÄLBER, 2006: 44), werden erhebliche ungenutzte Potentiale erkennbar (KNAPPE et al., 2007: 27). Dies betrifft in erster Linie die Stromgewinnung aus organischen Abfällen, insbesondere die direkte Biomasseverbrennung (Stroh, Restholz) und die Verbrennung von gering belasteten Abfällen (z.B. Althölzern oder Altpapier). Nicht unerheblich sind auch weiterhin die Potentiale, die durch die Biogasgewinnung in Gülle-Biogasanlagen und Kofermentationsanlagen erschlossen werden könnten (KNAPPE et al., 2007: 27).

5. Bioenergieerzeugung

Darstellungen zur Energieerzeugung aus Biomasse können sich an unterschiedlichen Systematisierungskriterien orientieren, z.B. an den Energieformen, in die die in der Biomasse enthaltene chemische Energie transformiert werden soll (thermische, elektrische oder mechani-

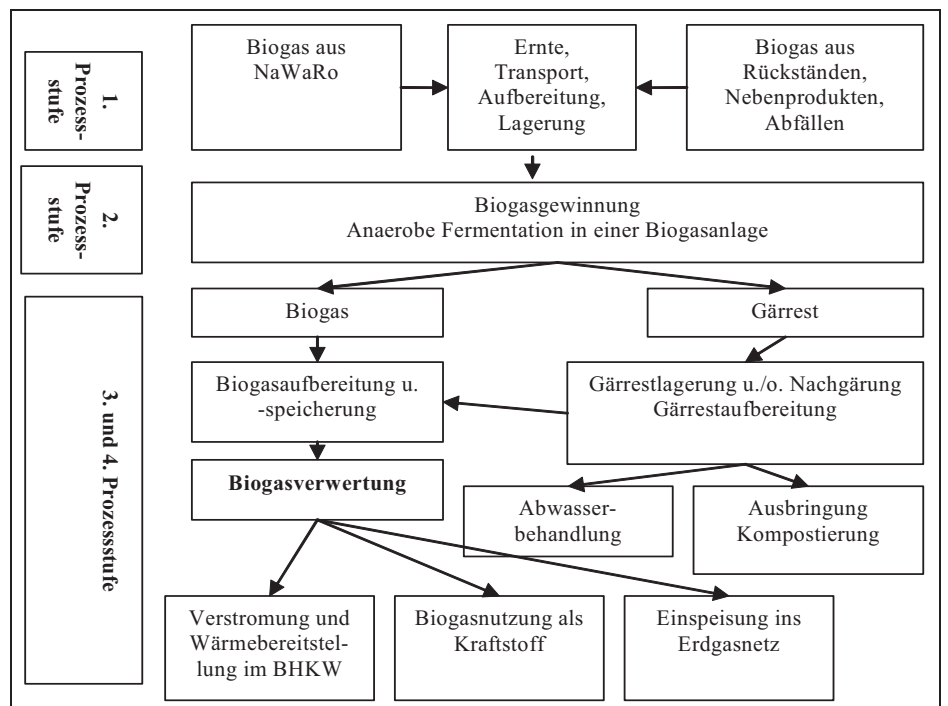
sche Energie), an den zur Biomassetransformation eingesetzten Verfahren (Pressung und Extraktion, anaerober Abbau, Alkoholgärung usw.), an dem zur Verarbeitung der Biomasse eingesetzten Anlagentyp (Biogasanlage, Pflanzenölpresse, Holzheizung), am Verarbeitungsprodukt (z.B. Pflanzenöl, Bioethanol, Holzpellets), an der Herkunft des Ausgangsmaterial (z.B. Industrieholz) oder am Verwendungszweck (Kraftstoff, Brennstoff) (z.B. FNR, 2007c; FNR, 2006; RAAB et al., 2005a). Die verschiedenen Systematisierungskriterien werden oftmals pragmatisch miteinander kombiniert, wobei einzelne Verfahren oder Produkte häufig bestimmten Energieformen, in die sie bevorzugt transformiert werden, oder Verwendungszwecken, denen sie vorrangig dienen, zugeordnet werden. Die Erzeugung von Biogas durch anaeroben Abbau von Biomasse bspw. wird aus diesem Grund häufig unter die Stromgewinnung aus Biomasse eingeordnet, obwohl Biogas auch für die Wärmeerzeugung genutzt wird und prinzipiell auch als Treibstoff eingesetzt werden könnte (HOFMANN und SCHOLWIN, 2006). Pflanzenöl wiederum wird typischerweise in seiner Funktion als Biokraftstoff beschrieben, obwohl es in kleinerem Umfang auch zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Dieser pragmatischen Vorgehensweise wird im Weiteren ebenfalls gefolgt. Daraus ergeben sich drei Darstellungsbereiche: Strom- und Wärmerzeugung aus Biogas, Biokraftstoffproduktion sowie Strom- und Wärmeerzeugung aus Festbrennstoffen.

5.1 Biogasproduktion

5.1.1 Die Wertschöpfungskette Biogas

Biogas wird in Art. 2 Abs. 2 c) der Biokraftstoffrichtlinie (EU-Richtlinie 2003/30/EG) als brennbares Gas definiert, „das aus Biomasse und/oder aus dem biologisch abbauba-

Abbildung 8. Die Biogaswertschöpfungskette



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an HOFMANN et al., 2005: 42

ren Teil von Abfällen hergestellt wird, durch Reinigung Erdgasqualität erreichen kann und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist“. Somit stellt Biogas ein brennbares Gasgemisch dar, welches durch den anaeroben Abbau organischen Materials entsteht. Eine Biogasanlage ist nach der Definition des Bundesverbandes der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften eine „Anlage zur Erzeugung, Lagerung und Verwertung von Biogas unter Einschluss aller dem Betrieb dienenden Einrichtungen und Bauten, bei der die Erzeugung über die Vergärung organischer Stoffe erfolgt“ (BLB, 2002: 5).

Die technische Umsetzung und Biogasgewinnung orientiert sich vorrangig an den biologischen Grundlagen des anaeroben Vergärungsprozesses. In Abhängigkeit der eingesetzten Substrate können dabei verschiedene Technologien eingesetzt werden. Der grundsätzliche Verfahrensablauf der Biogasherstellung bleibt jedoch stets derselbe, sodass sich alle Biogasanlagen hinsichtlich des systemtechnischen Aufbaus ähneln (BMU, 2007: 45). Der Entstehungsprozess von Biogas kann in vier Prozessstufen unterteilt werden (BMU, 2007; KARPENSTEIN-MACHAN, 2005; Abbildung 8):

- Bereitstellung, Lagerung und ggf. Aufbereitung des Substrats und Einbringung in die Biogasanlage;
- Anaerobe Vergärung im Fermenter der Biogasanlage;
- Gasaufbereitung und -nutzung;
- Lagerung, Verwertung oder Nutzung der Gärreste.

Für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen sowie die Substratbereitstellung für die Biogaserzeugung verfügen landwirtschaftliche Betriebe allgemein über gute produktionstechnische Voraussetzungen (SCHAPER und THEUVSEN, 2006). Die Substrate werden in pumpfähiger (z.B. Gülle) oder stapelbarer Konsistenz (Silage) durch die Landwirtschaft zur Verfügung gestellt. Je nach Lieferhäufigkeit und jahreszeitlichem Anfall der Substrate muss eine Lagerung (z.B. Silierung von Energiemais) vorgesehen werden. Bei den in Biogasanlagen eingesetzten Substraten handelt es sich vorrangig um Gülle und nachwachsende Rohstoffe; bei letzteren dominieren Mais, Getreide und Gras (BMU, 2007). Der Einsatz nicht-landwirtschaftlicher Co-Substrate (gebrauchtes Frittierfett, Speisereste u.ä.) hat seit der Novellierung des EEG zum 1. August 2004 relativ an Bedeutung verloren.

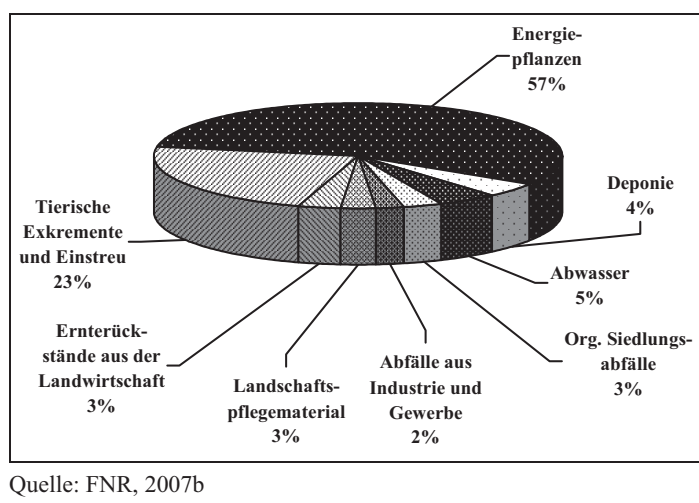
Die Biogasnutzung in Deutschland erfolgt aufgrund der im EEG festgeschriebenen Vergütungssätze für eingespeisten Strom in der Regel in einem Blockheizkraftwerk (BHKW), während bei allen neuen Technologien (Mikrogasturbine, Brennstoffzelle, Stirlingmotor) noch F&E-Bedarf besteht. Obwohl bei der Nutzung von Biogas in einem BHKW i.d.R. mehr Wärme als Strom anfällt, wird die Wärme aufgrund fehlender Nahwärmenetze bisher mit Ausnahme des prozessintern benötigten Anteils zur Beheizung des Biogasreaktors nur in Einzelfällen genutzt (DA COSTA GOMEZ, 2007; HOFMANN et al., 2006: 43). Bei der Biogasaufbereitung auf Erdgasqualität zwecks Einspeisung in das Erdgasnetz oder Nutzung als Treibstoff zeichnen sich Fortschritte ab (BMU, 2007: 50). Die Gärrestverwertung erfolgt in der Regel auf landwirtschaftlichen Flächen im Rahmen der Düngemittelsubstitution, verstärkt auch unter Nutzung des Verfahrens der Fest-Flüssig-Trennung aufgrund steigender

Transportentfernungen (KARPENSTEIN-MACHAN, 2005; BMU, 2007: 50).

5.1.2 Biogaserzeugung in Deutschland

Im Jahr 2007 lag die theoretisch verfügbare Gasmenge aus Bio-, Klär- und Deponiegas in Deutschland bei ca. 23 bis 24 Mrd. m³. Dies entspricht einem Energiepotenzial von etwa 417 PJ pro Jahr, das zu ca. 85 % (355 PJ) landwirtschaftlichen Ursprungs ist. Davon entfallen 236 PJ auf den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen auf 2 Mio. ha, 96,5 PJ auf tierische Exkremate und Einstreu, 13,7 PJ auf Ernterückstände und 9,3 PJ auf organische Abfälle aus Industrie und Gewerbe (FNR, 2007b; Abbildung 9).

Abbildung 9. Nutzbares Energiepotenzial für die Biogaserzeugung

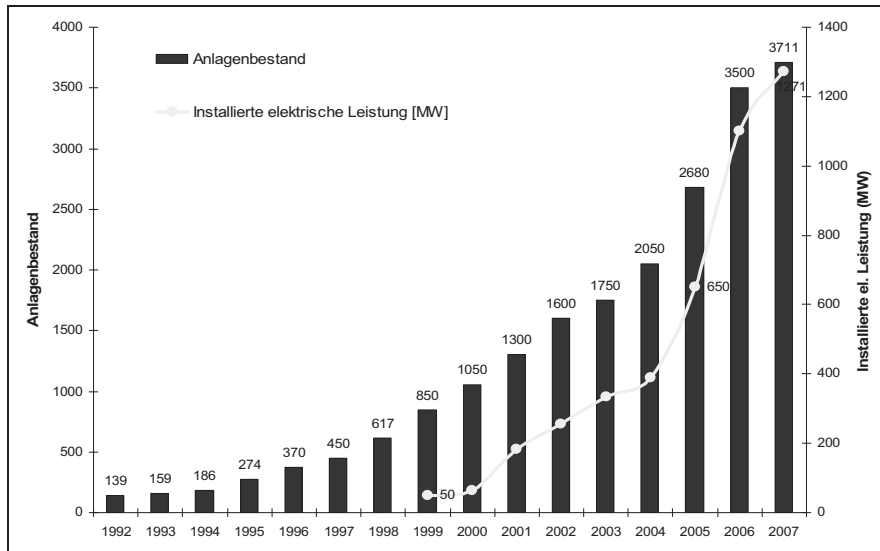


Im Jahr 2006 wurden rund 12 % (ca. 74 TWh) des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen. 7,3 % des Stroms aus erneuerbaren Energien bzw. 0,88 % des gesamten Stromverbrauchs stammten aus der Biogasproduktion (FNR, 2007b).

Die Zahl der Biogasanlagen und die installierte elektrische Leistung steigen seit 1992 kontinuierlich an. Nach dem Start des Marktanzreizprogramms (MAP) und dem Inkrafttreten des EEG im Sommer 2004 war ein sprunghafter Anstieg sowohl der Zahl der Anlagen als auch der installierten Leistung zu beobachten. So gingen im Jahr 2004 rund 300 neue Anlagen mit einer zusätzlichen elektrischen Leistung von ca. 57 MW ans Netz. 2005 folgten 630 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 260 MW; 2006 waren es weitere 820 Anlagen mit ca. 450 MW. 2007 ist die Wachstumskurve mit 211 neuen Anlagen mit ca. 171 kW elektrischer Leistung deutlich abgeflacht. Diese Entwicklung, die vor allem landwirtschaftliche Biogasanlagen und mittelständische Anlagenhersteller betrifft, ist in erster Linie auf die gestiegenen Kosten für nachwachsende Rohstoffe zurückzuführen (DA COSTA GOMEZ, 2007; Abbildung 10).

Ausgehend von etwa 850 in Betrieb befindlichen Biogasanlagen Ende 1999 mit einer installierten elektrischen Leistung von 50 MW_{el} hat sich die Anzahl der Anlagen bis Ende September 2007 auf 3 711 Biogasanlagen mehr als vervierfacht; die installierte Leistung ist um mehr als das 25fache auf 1 271 MW_{el} gestiegen. In diesen Anlagen werden etwa 6,4 Mio. MWh Strom produziert (O.V., 2007b). Da einige Bundesländer die Biogasanlagen noch nicht sys-

Abbildung 10. Anlagenbestand Biogasanlagen



Quelle: DA COSTA GOMEZ, 2007

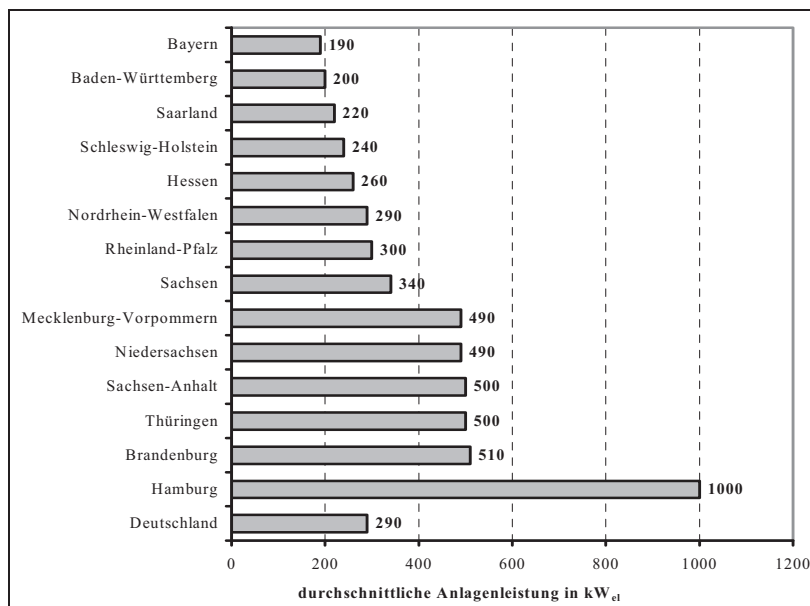
tematisch erfassen, liegen die tatsächliche Zahl der Biogasanlagen, die Anlagenleistung und die Stromproduktion vermutlich noch etwas höher, als von der Statistik ausgewiesen.

Vor allem seit 2005 werden – bedingt u.a. durch den Einstieg privater Investoren in die Biogasbranche – überwiegend Biogasanlagen in größeren Leistungsbereichen gebaut sowie bestehende Anlagen erweitert. So betrug im Jahr 2005 die durchschnittliche Größe der neu ans Netz gegangenen Anlagen 410 kW, in 2006 bereits 550 kW und in 2007 sogar 810 kW. Dadurch stieg die durchschnittliche Anlagenleistung 2005 auf 240 kW und 2006 auf 310 kW, nachdem sie noch 1999 lediglich 60 kW betragen hatte. Bei der Betrachtung der durchschnittlichen elektrischen Leistung je Anlage zeigen sich zwischen den Bundesländern deutliche Unterschiede, die in den stark abweichenden

(DA COSTA GOMEZ, 2007). In Niedersachsen ist auch ein überdurchschnittlicher Anlagenzuwachs zu beobachten (BMU, 2007: 57). 2006 vereinten die drei führenden Bundesländer Bayern, Niedersachsen und Baden-Württemberg 72 % aller Anlagen und 64,5 % der installierten elektrischen Leistung auf sich (Abbildung 12).

Die Leistungsgröße neu installierter Biogasanlagen wird in den nächsten Jahren weiter wachsen. Derzeit werden vereinzelt sog. Biogasanlagenparks realisiert. Sie umfassen eine Vielzahl mittelgroßer Biogasanlagen im Bereich bis 500kW_{el} und erreichen im Verbund eine installierte Anlagenleistung von mehreren MW_{el}. Zwei Parks mit Leistungen von 2,5 MW_{el} und 20 MW_{el} sind in Betrieb; weitere Projekte befinden sich in Vorbereitung. Abbildung 13 gibt einen Überblick über den Bestand und die Leistung der in Deutschland installierten Biogasanlagen (Stand 01/2007).

Abbildung 11. Durchschnittliche Anlagenleistung im Jahr 2006



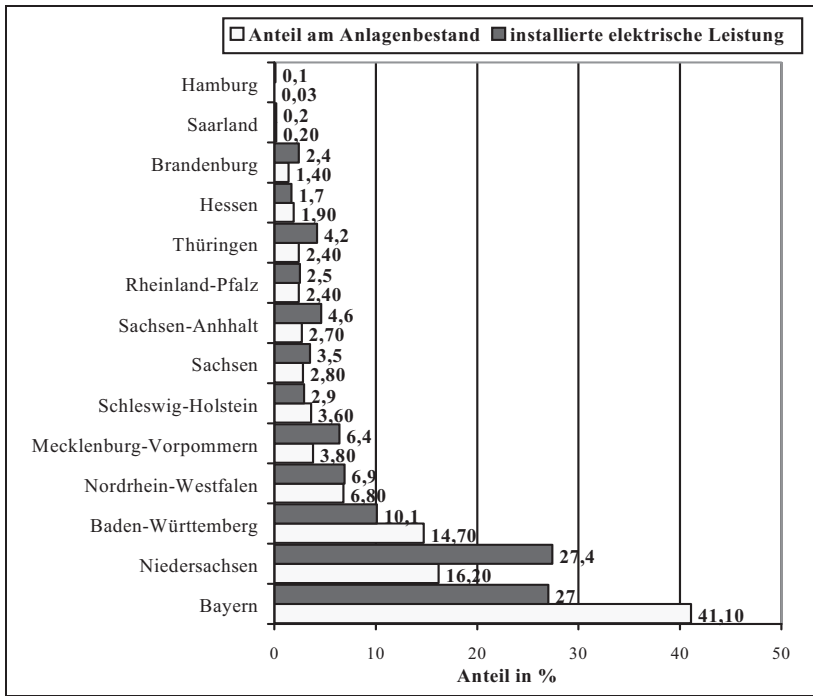
Quelle: BMU, 2007: 55

Agrarstrukturen begründet sind (Abbildung 11). Flächenstarke Betriebe, vor allem in den neuen Bundesländern, bauen in der Regel Biogasanlagen mit sehr hohen elektrischen Leistungen, während kleine Familienbetriebe in den südlichen Bundesländern überwiegend relativ kleine Biogasanlagen betreiben (BMU, 2007: 55).

Mit Abstand die meisten Biogasanlagen – ca. 1 400 Stück – wurden im Jahr 2006 in Bayern betrieben, wo die Erzeugung von Biogas die längste Historie hat. Auf den nächsten Plätzen folgen mit deutlichem Abstand Niedersachsen und Baden-Württemberg. Bei der installierten elektrischen Leistung hat Niedersachsen mit etwa 27,4 % knapp die Nase vorn; die durchschnittliche Anlagengröße beträgt hier 550 kW

Kennzeichnend für die weitere Entwicklung der Biogasproduktion ist ein deutlich gestiegenes Interesse von Branchen außerhalb der Land- und der Abfallwirtschaft an der Biogaserzeugung. In- und ausländische Investoren, namentlich Unternehmen der Energiewirtschaft, Kreditinstitute, Privatinvestoren und Fondsgesellschaften, werden verstärkt auf dem Biogasmarkt aktiv. Damit ist die Hoffnung verbunden, dass die Professionalität der Anlagenerrichtung und des Anlagenbetriebs weiter verbessert werden (BMU 2007: 57); zugleich wird der Landwirtschaft aber auch das „Ruder aus der Hand genommen“ und Landwirte drohen wieder zu reinen Rohstofflieferanten zu werden (DA COSTA GOMEZ, 2007). Darüber hinaus wird die Biogaserzeugung in Deutschland zukünftig dadurch bestimmt sein, dass neben die Verstromung weitere Nutzungsrichtungen treten werden. Die langfristige Marktentwicklung im Biogassektor wird wesentlich vom Investitionsklima in Deutschland, der Entwick-

Abbildung 12. Biogasanlagen nach Bundesländern (2006), in %



Quelle: BMU, 2007: 56

Kraftstoff sein wird (HOFMANN et al., 2006: 48).

5.1.3 Biogaserzeugung im Ausland

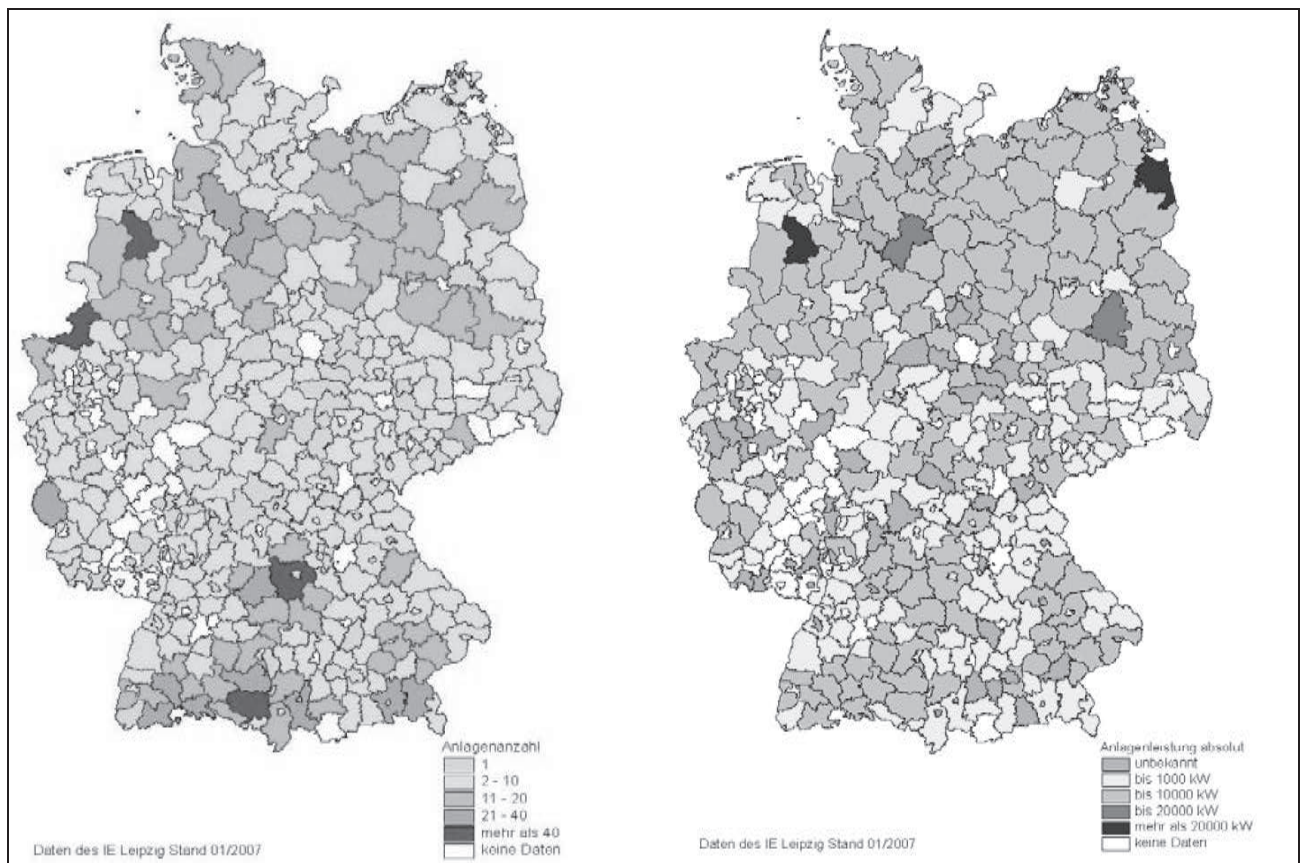
Die Energieproduktion aus Deponie-, Klär- und Biogas stieg in der EU im Jahr 2005 um 11 % auf 4,7 Mio. Tonnen Erdöläquivalent (ktoe) und im Jahr 2006 nochmals um 13,6 % auf 5,3 Mio. ktoe (EUROSERVER, 2007: 2; Tabelle 3). Mehr als 76 % der landwirtschaftlichen Biogaserzeugung in der EU entfallen auf Deutschland. Danach folgen mit großem Abstand Österreich, Dänemark und Italien. Die Biogasproduktion beruht in Italien bisher auf der Vergärung landwirtschaftlicher Verarbeitungsreststoffe, u.a. Weinpresskuchen und Oliventrester (Abbildung 14).

In Großbritannien, Italien, Spanien und Frankreich wird vorrangig Deponiegas genutzt. In Frankreich bspw. hat Biogas (4,0 ktoe) lediglich einen Anteil von 1,76 % an der gesamten Gasproduktion im Umfang von 227,0 ktoe. Das Jahr 2006 wird jedoch als Wendepunkt in der Entwicklung des französischen Biogassektors eingehen.

lung der Preise für nachwachsende Rohstoffe, den Rohölpreisen sowie den gesetzlichen Rahmenbedingungen (Novellierung des EEG) abhängen. Es wird erwartet, dass die Verstromung von Biogas auch weiterhin lukrativer als die Einspeisung in das Erdgasnetz oder der Einsatz als

Ausgelöst durch die Einführung garantierter Festpreise und möglicher Boni durch die französische Regierung soll eine landwirtschaftliche Biogasbranche bestehend aus ca. 1 000 dezentralen Hofanlagen und zentralen Kofermentationsanlagen aufgebaut werden (EUROSERVER, 2007: 8).

Abbildung 13. Biogas: Anlagenbestand und gesamte elektrische Anlagenleistung (2007)



Quelle: BMU, 2007: 60

Tabelle 3. Primärenergieproduktion aus Deponie-, Klär- und Biogas in ausgewählten EU-Ländern (in ktöe)

| Land | 2005 | | | | 2006 | | | |
|-------------------------|----------------|--------------|---------------------|----------------|----------------|--------------|---------------------|----------------|
| | Deponiegas | Klärgas | Biogas ¹ | Gesamt | Deponiegas | Klärgas | Biogas ¹ | Gesamt |
| Deutschland | 573,2 | 369,8 | 651,4 | 1 594,4 | 573,2 | 369,8 | 980,2 | 1923,2 |
| UK | 1 421,0 | 179,0 | - | 1 600,0 | 1 515,0 | 181,0 | - | 1 696,0 |
| Italien | 301,7 | 0,9 | 40,9 | 343,5 | 310,8 | 0,9 | 42,1 | 353,8 |
| Spanien | 236,5 | 56,8 | 23,6 | 316,9 | 251,6 | 56,8 | 25,8 | 334,2 |
| Frankreich | 141,0 | 75,0 | 4,0 | 220,0 | 148,0 | 75,0 | 4,0 | 227,0 |
| Niederlande | 38,8 | 50,8 | 29,4 | 119,0 | 38,8 | 50,8 | 29,4 | 119,0 |
| Österreich | 8,3 | 2,7 | 19,8 | 30,8 | 11,2 | 3,5 | 103,4 | 118,1 |
| Dänemark | 14,2 | 23,3 | 54,0 | 91,5 | 14,2 | 23,5 | 56,5 | 94,2 |
| Finnland | 50,9 | 12,7 | - | 63,6 | 50,9 | 12,7 | - | 63,6 |
| Schweden | 10,1 | 18,7 | 0,9 | 29,8 | 11,3 | 21,0 | 1,0 | 33,3 |
| Σ EU² | 2 946,2 | 901,6 | 859,8 | 4 707,6 | 3 116,2 | 949,5 | 1281,1 | 5 346,8 |

¹: Biogas aus dezentralen landwirtschaftlichen Anlagen, zentralen Kofermentationsanlagen und kommunalen Reststoffanlagen

²: ohne Zypern, Bulgarien, Rumänien, Litauen, Lettland

Quelle: EUROSERVER, 2007: 2

In Ländern außerhalb der EU wird die Biogastechnologie vorwiegend verwendet, um Holz als Brennstoff zu substituieren und das anfallende Biogas zum Kochen zu verwenden. Dabei handelt es sich meist um kleine bis kleinste Biogasanlagen (Fermentervolumen zwischen 1 und 4 m³). Seit Anfang der 1990er Jahre ist vor allem in Regionen mit sehr intensiver Tierhaltung in Asien, Afrika und Lateinamerika ein Trend zu größeren Anlagen zu beobachten. In China gab es in 2006 rund 5 Mio. Biogasanlagen, die aber lediglich 2,5 % des verfügbaren Potentials nutzten. Auch in Ländern wie Australien, Neuseeland, Japan und den USA steigt das Interesse an der Biogastechnologie (FNR, 2007c: 54; EDER und SCHULZ, 2006).

5.2 Biokraftstoffproduktion

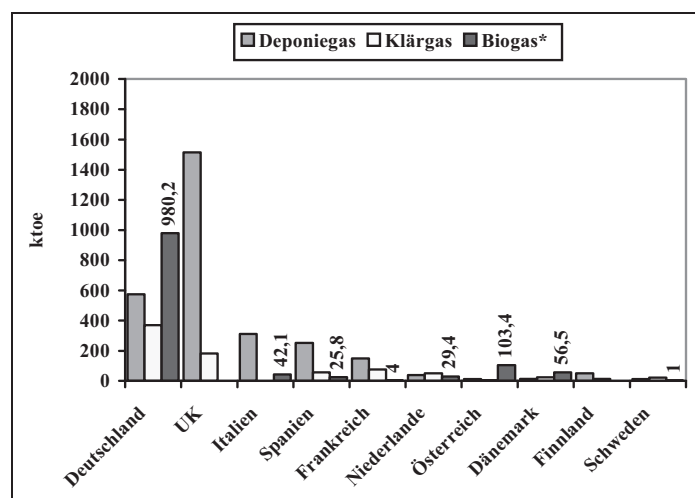
5.2.1 Biokraftstoffe

Als Kraft- oder Treibstoffe werden chemische Stoffe bezeichnet, die zur Krafterzeugung in Verkehrsmitteln nutz-

bar gemacht werden. Biokraftstoffe sind aus Biomasse hergestellte Kraftstoffe (HENNIGES, 2007: 12). Aufgrund der im europäischen (PRÖFROCK, 2007) wie nationalen Rahmen beschlossenen Förderung von Biokraftstoffen sah sich der Gesetzgeber gezwungen zu definieren, was im Einzelnen unter Biokraftstoffen zu verstehen sei. Nach Art. 2 (1) a) der Richtlinie 2003/30/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur „Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor“ bezeichnet „Biokraftstoffe“ flüssige oder gasförmige Verkehrskraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden“. Art. 2 (2) der EU-Richtlinie 2003/30/EG bestimmt – sofern für die Verwendung als Kraftstoff bestimmt – zumindest die folgenden Erzeugnisse als Biokraftstoffe gelten: Bioethanol, Biodiesel, Biogas, Biomethanol, Biodimethylester, Bio-Ethyl-Tertiär-Butylether (Bio-ETBE), Bio-Methyl-Tertiär-Butylether (Bio-MTBE), synthetische Biokraftstoffe, Biowasserstoff sowie reines Pflanzenöl. Der nationale Gesetzgeber definiert Biokraftstoffe als Energieerzeugnisse ausschließlich aus Biomasse im Sinne der BiomasseV. Soweit Energieerzeugnisse anteilig aus Biomasse hergestellt wurden, gelten sie auch anteilig als Biokraftstoffe. Fettsäuremethylester, die durch Veresterung pflanzlicher oder tierischer Öle gewonnen werden, werden in vollem Umfang den Biokraftstoffen zugerechnet (§ 50 Abs. 3 Energiesteuergesetz).

Biokraftstoffe werden vor allem unter dem Gesichtspunkt ihrer Verwendbarkeit im Straßenverkehr betrachtet (WAGNER und IGELSPACHER, 2003). Die größte praktische Bedeutung kommt dabei gegenwärtig flüssigen Biokraftstoffen zu, so dass die Diskussion in aller Regel auf die „flüssige Biomasse“ (FISCHER, 2003) eingegrenzt wird. Flüssige Biokraftstoffe entstehen durch thermochemische, physikalisch-chemische oder biochemische Umwandlung von Biomasse (SPECHT et al., 2001). Am stärksten durchgesetzt haben sich bislang die Gewinnung von Pflanzenöl und Pflanzenölmethylestern aus Ölsaaten sowie die Erzeugung von Bioethanol aus zucker- und stärkehaltigen Pflanzen (FISCHER, 2003; HENKE, 2005). Die Gewinnung von Bioethanol aus lignozellulären

Abbildung 14. Primärenergieproduktion aus Biogas in ausgewählten Ländern der Europäischen Union (in ktöe; 2006)

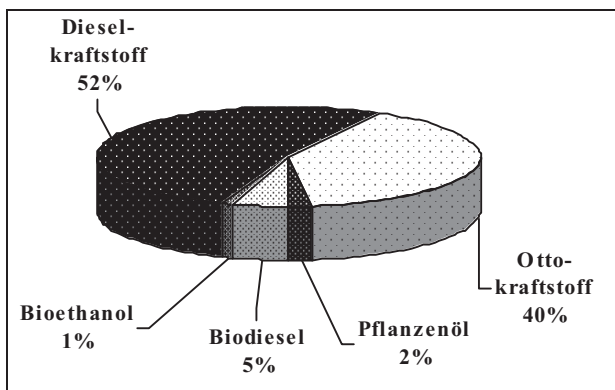


*: Biogas aus dezentralen landwirtschaftlichen Anlagen, zentralen Kofermentationsanlagen und kommunalen Reststoffanlagen

Quelle: EUROSERVER, 2007: 2

Rohstoffen, z.B. Stroh und Holz, ist möglich, jedoch aufwändiger und befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Gegenwärtig wird nicht damit gerechnet, dass dieses Produktionsverfahren vor dem Jahre 2012 wettbewerbsfähig sein wird (USDA, 2007). Daneben gewinnen auch aus Biomasse hergestellte synthetische Kraftstoffe, sog. Biokraftstoffe der 2. Generation, allmählich an Bedeutung. Trotz erster spektakulärer Pilotprojekte (O.V., 2007a) wird jedoch nicht damit gerechnet, dass bspw. BtL („Biomass to Liquid“) in den nächsten zehn Jahren einen nennenswerten Anteil am Kraftstoffverbrauch ausmachen wird (CLASHAUSEN, 2006; THRÄN, 2007: 101). Auch das Interesse an Butanol (ABE-Verfahren) erwacht erst ganz allmählich (VORLOP et al., 2007: 179). Aus diesem Grund beschränken sich die folgenden Ausführungen auf die aktuell bedeutsamen Verwendungen von reinem Pflanzenöl, Biodiesel und Bioethanol, die in Deutschland im Jahr 2006 zusammen rund 8 % des Kraftstoffverbrauchs ausmachten (Abbildung 15). In Deutschland entfielen im Jahr 2005 10 % der Biotreibstoffe auf Pflanzenöl, 12 % auf Bioethanol, der Rest auf Biodiesel. Weltweit deckten im Jahr 2005 Biokraftstoffe 1 % des Treibstoffbedarfs; zu 85 % handelte es sich um Ethanol und zu knapp 15 % um Biodiesel (SCHMITZ, 2007).

Abbildung 15. Primärkraftstoffverbrauch in Deutschland (2006)



Quelle: FNR, 2007c: 37

5.2.2 Pflanzenöl- und Biodieselproduktion

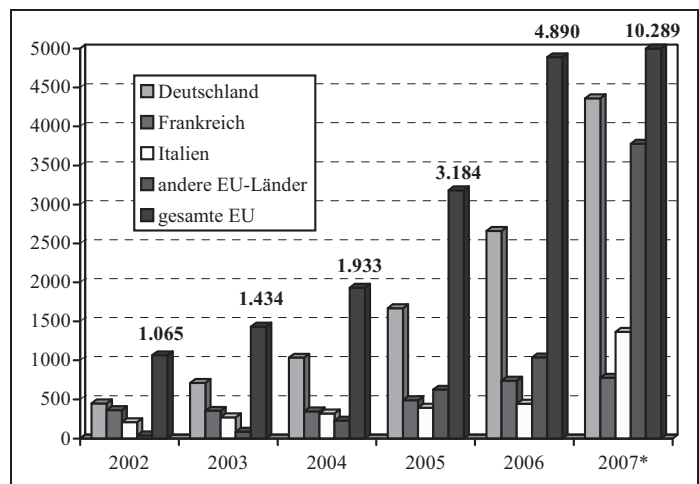
Pflanzenöle werden durch das Pressen ölhaltiger Pflanzen bzw. Samen gewonnen. Als Rohstoff kommen alle Ölpflanzen in Betracht; praktische Bedeutung für die Biokraftstoffgewinnung besitzen jedoch im Wesentlichen nur Raps-, Sonnenblumen-, Soja- und Palmöl. Das Pressrohöl wird in verschiedenen Schritten – Entschleimung, Entsäuerung, Entfärbung und Desodorierung – zu vollraffiniertem Pflanzenöl weiterverarbeitet, das unmittelbar in modifizierten Dieselmotoren eingesetzt, Dieselmotorkraftstoff beigemischt oder zu Pflanzenölmethylester (PME), z.B. Rapsölmethylester (RME), weiterverarbeitet werden kann. PME bzw. RME werden umgangssprachlich als Biodiesel bezeichnet und entstehen durch Umesterung des Pflanzenöls; die entstehende niedermolekulare Verbindung ist hinsichtlich Viskosität, Dichte und Zündwilligkeit fossilem Diesel wesentlich ähnlicher als das vollraffinierte Pflanzenöl. Neben Pflanzenöl kommen als Ausgangsstoffe für die Biodieselherstellung auch Altspeiseöle und tierische Fette in Betracht

(HENNIGES, 2007: 27ff.; LINDER, 2007). In diesem Sinne definiert Art. 2 Abs. 2 b) der EU-Richtlinie 2003/30/EG Biodiesel als „Methylester eines pflanzlichen oder tierischen Öls mit Dieselmotorkraftstoffqualität, der für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist“.

Der Einsatz von reinen Pflanzenölen als Alternative zu Dieselmotorkraftstoff besitzt in Deutschland vor allem im gewerblichen Schwerlastverkehr sowie in der Land- und Forstwirtschaft Bedeutung. 2006 wurden etwa 1,1 Mio. Tonnen Pflanzenöle als Biokraftstoff genutzt; weitere 450 000 Tonnen wurden überwiegend in andere EU-Länder ausgeführt (<http://www.bmelv.de>). Reines Pflanzenöl kann in Deutschland zu Kosten erzeugt werden, die rund ein Viertel unter denen von Biodiesel und etwa ein Drittel unter denen von Bioethanol liegen, weist allerdings im Hinblick auf die Verwendbarkeit in Dieselmotoren einige schwerwiegende Nachteile auf (SCHMITZ, 2007: 158f.).

Die weltweite Biodieselproduktion ist – anders als die Bioethanolproduktion – erst vergleichsweise spät in großem Maßstab begonnen worden. Anfangs waren es im Wesentlichen nur Frankreich und Deutschland, die in der Produktion von Raps auf Stilllegungsflächen zum Zwecke der Biodieselerzeugung eine wichtige Absatzalternative für die europäische Landwirtschaft sahen und diese Verwertung daher forcierten. Daher verfügte Frankreich bereits im Jahr 1995 über eine Produktionskapazität von 250 000 Tonnen pro Jahr; in Deutschland ging im September 1995 die erste industrielle Biodieselanlage in Leer in Betrieb. Trotzdem beliefen sich die Erzeugungskapazitäten in Deutschland noch 1998 auf lediglich 50 000 Tonnen pro Jahr (BOCKEY, 2006). Ende der 1990er Jahre war die Produktion in der EU auf gerade einmal rund 500 000 Jahrestonnen angestiegen, die sich vorrangig auf Frankreich, Deutschland und – mit zu den beiden führenden Ländern allerdings deutlichem Abstand – Italien verteilten (Abbildung 16). Seitdem ist die Erzeugung in der EU stark auf fast 4,9 Mio. Tonnen im Jahr 2006 ausgebaut worden (2005: 3,2 Mio. Tonnen; 2004: 1,9 Mio. Tonnen; 2003: 1,4 Mio. Tonnen; 2002: 1,1 Mio. Tonnen; <http://www.ebb-eu.org>). 2002 hat Deutschland Frankreich als führenden Produzenten abgelöst und vereinte im Jahr 2006 mit einer Gesamtproduktion von 2,7 Mio. Ton-

Abbildung 16. Biodieselproduktion in der EU (in Tausend Tonnen)



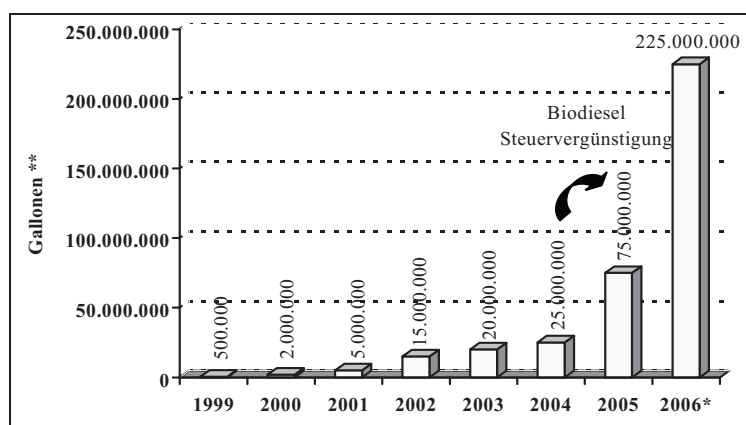
*2007: Produktionskapazitäten

Quelle: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>

nen rund 54 % der EU-Produktion auf sich. Deutschland, Frankreich (743 000 Tonnen) und Italien (447 000 Tonnen) standen im Jahr 2006 zusammen für fast 80 % der Biodieselproduktion in der EU. Bis zum Ende des Jahres 2007 wurde in Deutschland ein Ausbau der Kapazitäten auf rund 5 Mio. Jahrestonnen bzw. reichlich 5,5 Mrd. Liter erwartet (<http://www.bmelv.de>).

Außerhalb der EU spielte die Produktion von Biodiesel lange Zeit fast keine Rolle, u.a. weil wichtige Verwender von Kraftstoffen wie die USA kaum Dieselmotoren in Personenkraftwagen einsetzen (WEHLAND, 2006: 26). So verbrauchten die USA noch 2004 lediglich 83 000 Tonnen Biodiesel, haben diesen Wert aber aufgrund der wesentlich verbesserten Förderbedingungen im Zuge der Umsetzung des Renewable Fuel Program bis 2006 bereits auf 750 000 Tonnen gesteigert (Abbildung 17). Die USA haben sich damit – wie auch bei vielen anderen erneuerbaren Energien (HENNICKE und FISCHEDICK, 2007: 72f.) – zum weltweit dynamischsten Einzelmarkt entwickelt. So befanden sich im September 2007 in den USA 80 Biodieselanlagen im Bau; vier Anlagen wurden erweitert. Schwerpunkte der Investitionstätigkeiten bilden die Bundesstaaten östlich des Mississippi (<http://www.biodiesel.org>).

Abbildung 17. Biodieselnachfrage in den USA



*: geschätzt, **: Gallonen: 1gallon = 3,8 Liter

Quelle: National Biodiesel Board; <http://www.biodiesel.org>

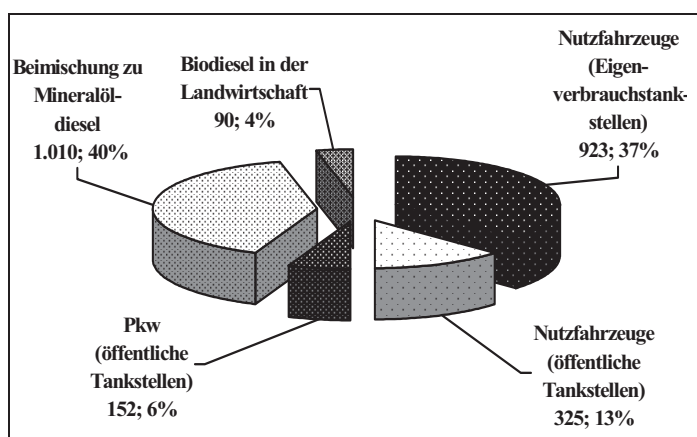
Aufgrund des weiterhin starken Ausbaus der Produktionskapazitäten namentlich in der EU und den USA, aber auch in Brasilien und einigen asiatischen Ländern, ist die weltweite Erzeugung von Biodiesel von 3 Mio. Tonnen (bzw. nach anderen Angaben 3,8 Mio. Tonnen; SCHMITZ, 2007: 153) im Jahr 2005 auf 5,4 Mio. Tonnen im Jahr 2006 und 7,9 Mio. Tonnen im Jahr 2007 hochgeschwungen (o.V., 2007c). Außerhalb der EU werden vorwiegend Sojaöle (so z.B. in den USA; USDA, 2007) und Palmöle zu Biodiesel verarbeitet. Trotz des starken Wachstums der Biodieselproduktion im außereuropäischen Raum entfielen im Jahr 2005 noch 85 % der weltweiten Erzeugung auf die EU und hier wiederum vor allem auf Deutschland (SCHMITZ, 2007: 153f.). Bis 2009 wird eine weltweite Produktion von 17 Mio. Tonnen erwartet mit Schwerpunkten in der EU-27 (10,4 Mio. Tonnen), den USA (2 Mio. Tonnen), Argentinien (1,5 Mio. Tonnen), Brasilien (1,1 Mio. Tonnen) sowie Asien (2 Mio. Tonnen). Die weltweite Produktion von Ölsaaten vermag damit kaum noch Schritt zu halten; zugleich kommt es zu einem Überangebot an Nebenprodukten, z.B. Sojaschrot (o.V., 2007f; o.V., 2007e).

In Deutschland sind gegenwärtig rund 40 Biodieselanlagen in Betrieb, deren Jahreskapazitäten von 2 000 bis 500 000 Tonnen reichen. Schwerpunkte der Erzeugung bilden gegenwärtig – mit allerdings wichtigen Ausnahmen bspw. in Mainz und Ochsenfurt (Bayern) – die östlichen, westlichen und nördlichen Bundesländer. Mehr als die Hälfte der Anlagen wurde in den neuen Bundesländern errichtet, so dass im Jahr 2007 Brandenburg vor Sachsen-Anhalt, Nordrhein-Westfalen und Hamburg der bedeutendste Produktionsstandort war (<http://www.agqm-biodiesel.de>). Allerdings befinden sich unter den in den östlichen Bundesländern errichteten Produktionsstätten viele dezentrale, oftmals kooperativ betriebene Biodieselanlagen zur Verarbeitung in der Region erzeugten Rapses mit Jahreskapazitäten unter 50 000, teilweise sogar unter 10 000 Tonnen Biodiesel. Die größten Einzelanlagen sind dagegen an den Standorten Hamburg (500 000 Tonnen Jahreskapazität), Mainz (275 000 Tonnen) und Marl (245 000 Tonnen) errichtet worden. Erst auf dem vierten Platz folgt mit der 200 000 Tonnen-Biodieselanlage am Standort Lutherstadt Wittenberg eine Produktionsstätte in den neuen Bundesländern (<http://www.bio-kraftstoffe.info>).

Gemäß DIN EN 590 ist eine Beimischung von bis zu 5 Volumenprozent Biodiesel zu Diesel erlaubt; werden mehr als 5 % beigemischt, muss der Mischkraftstoff an der Zapfsäule deutlich sichtbar mit „Enthält mehr als 5 Volumenprozent Biodiesel“ gekennzeichnet werden (§ 7 Nr. 9 der 10. BImSchV). Im Jahr 2005 wurden in Deutschland über die Beimischung zu Diesel 600 000 Tonnen Biodiesel abgesetzt. 1,2 Mio. Tonnen wurden als Reinkraftstoff an öffentlichen und Eigenverbrauchstankstellen abgegeben; davon wurden knapp 1 Mio. Tonnen im Speditionsgewerbe, dem öffentlichen Personennahverkehr sowie der Land- und Forstwirtschaft verbraucht (BOCKEY, 2006). Im Jahr 2006 war die dem Diesel beigemischte Menge bereits auf 1 Mio. Tonnen angestiegen, in der Land- und Forstwirtschaft wurden 90 000 Tonnen verbraucht, und über öffentliche und Eigenverbrauchstankstellen wurden rund 1,4 Mio. Tonnen wiederum über-

wiegend für die Verwendung in Nutzfahrzeugen abgesetzt (Abbildung 18; <http://www.agqm-biodiesel.de>). Für das Jahr 2007 geht das BMELV davon aus, dass etwa 1,5 Mio. Tonnen Biodiesel als Beimischung zu Diesel Verwendung finden können (<http://www.bmelv.de>). Eine wesentliche Ursache für die steigenden Beimischungsmengen sind die durch § 37a BImSchG eingeführten Quotenpflichten für Biokraftstoffe, die für 2010 um 1 % über der EU-Vorgabe liegen (HEIM, 2007; SCHMITZ, 2007a). Trotzdem konnten nach der durch das Energiesteuergesetz vom 15. Juli 2006 eingeführten Teilbesteuerung von Biodiesel, der außerhalb der Land- und Forstwirtschaft verwendet wird (§ 57 EnergieStG), in Deutschland Absatzprobleme beobachtet werden (<http://www.ufop.de>; <http://www.iwr.de>; o.V., 2007d); so ist der Verbrauch in privaten Personenkraftwagen im Jahr 2006 auf 152 000 Tonnen (nach 244 000 Tonnen im Jahr zuvor) zurückgegangen (<http://www.agqm-biodiesel.de>; BOCKEY, 2006). Auch überstiegen im Jahr 2006 die in Deutschland installierten Produktionskapazitäten erstmals erheblich den inländischen Verbrauch (FNR, 2007c: 38).

Abbildung 18. Absatz von Biodiesel in Deutschland (2006; in Tausend Tonnen)



Quelle: BOCKEY, 2006

In Art. 2 Abs. 1 b)ii) der Richtlinie 2003/30/EG hat sich die EU das Ziel gesetzt, dass bis Ende 2010 – gemessen am Energiegehalt – 5,75 % aller Kraftstoffe für den Verkehrssektor biogenen Ursprungs sein sollen. Das Zwischenziel für das Jahr 2005, im Verkehrsbereich 2 % Biokraftstoffe einzusetzen, ist sowohl im Dieselmärkte (1,6 % Biodiesel) als auch im Markt für Ottokraftstoffe (0,4 % Bioethanol) verfehlt worden. Lediglich Deutschland (3,8 %), das sich selbst ohnehin noch ehrgeizigere Biokraftstoffquoten verordnet hat (§ 37a BImSchG; HEIM, 2007), und Schweden (2,2 %) hatten bei Biodiesel das Zwischenziel erreicht. Würde – obwohl dies im Moment für wenig wahrscheinlich gehalten wird (KOMMISSION, 2007a) – das Ziel von 5,75 % im Jahr 2010 erreicht, bedeutete dies für Deutschland bei einem Dieserverbrauch von 30,8 Mio. Tonnen und einem um gut 16 % höheren Heizwert von Diesel einen Bedarf an Biodiesel in Höhe von 2,06 Mio. Tonnen und eine Rapsanbaufläche von etwa 1,25 bis 1,43 Mio. ha. In der EU-25 beliefen sich der Biodieselbedarf dann auf 11 Mio. Tonnen und der Flächenbedarf für den Anbau von Ölfrüchten auf 7,88 Mio. ha (BOCKEY, 2006). Aktuell erwartet wird für das Jahr 2010 dagegen eine EU-weite Rapsanbaufläche von 6,5 Mio. ha (FRAUEN, 2007: 58f.).

In den USA würde der erwartete Ausbau der Jahresproduktion auf 2,65 Mrd. Liter (ca. 2,36 Mio. Tonnen) bis zum Jahr 2016 bedeuten, dass etwa 22 % der Sojabohnenernte für die Biodieselproduktion eingesetzt werden müssten. Auf diese Weise könnten 2 % des in den USA verbrauchten Dieselmotorkraftstoffs ersetzt werden. Insgesamt hat allerdings die sehr viel stärkere Erweiterung der Bioethanolkapazitäten (vgl. Abschnitt 5.2.3) für die US-Landwirtschaft wesentlich weitreichendere Konsequenzen. So geht das US-Landwirtschaftsministerium davon aus, dass in den USA in den nächsten Jahren zwar die Anbaufläche von Mais, nicht jedoch die von Sojabohnen ausgedehnt werden wird (USDA, 2007).

Wichtig für die Wettbewerbsfähigkeit des Biodiesels sind seine Produktionskosten. HENNIGES (2007: 121ff.) gibt die Nettoproduktionskosten nach Abzug der Erlöse für Nebenprodukte, namentlich Rapsschrot und Glycerin, für eine Anlage mit einer Jahreskapazität von 100 000 Tonnen mit 603 € pro Tonne bzw.

53,65 Euro-Cent je Liter an. Für eine 178 000 Tonnen-Anlage belaufen sich nach seinen Berechnungen die Nettoproduktionskosten auf 587 € je Tonne bzw. 52,19 Euro-Cent je Liter. Die Nettoproduktionskosten je Liter liegen damit bei Biodiesel höher als bei Bioethanol aus heimischer Produktion; je Energieeinheit ist Biodiesel aus einer 178 000 Tonnen-Anlage mit 159,90 €/Megajoule jedoch etwa 25 % kostengünstiger als Bioethanol aus einer Anlage vergleichbarer Größe. Biodiesel aus Sojaöl kann je Tonne zu knapp 100 €, Biodiesel auf Palmölbasis sogar zu rund 200 € niedrigeren Kosten produziert werden (SCHMITZ, 2007: 162f.).

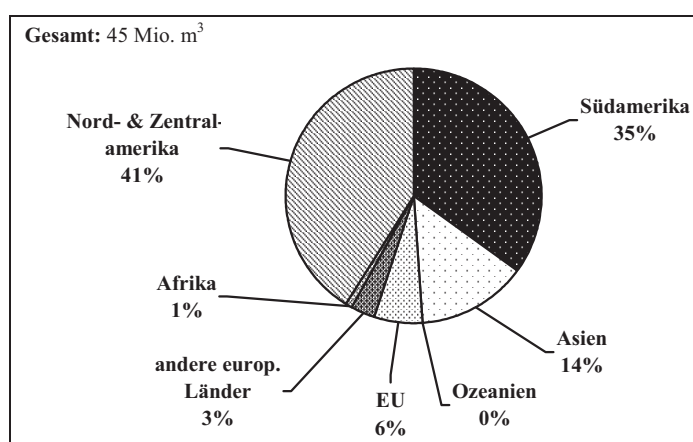
5.2.3 Bioethanolproduktion

Bioethanol wird durch biochemische Umwandlung (Alkoholgärung) aus stärke- und zuckerhaltigen Pflanzen gewonnen. Als stärkehaltige Rohstoffe können neben Getreide u.a. auch Kartoffeln und – so u.a. in Thailand – Cassava Verwendung finden; als zucker-

haltige Pflanzen werden vornehmlich Zuckerrohr und Zuckerrüben sowie Melasse als Nebenprodukt der Zuckerproduktion verwendet. Sofern Ethanol aus Zellulose gewonnen wird, sind vorbereitende Verfahrensschritte zur Aufbereitung und Spaltung der Zellulose notwendig. Bioethanol kann als Reinkraftstoff oder als Beimischung zu Ottokraftstoff verwendet werden. Gemäß DIN EN 228 ist zzt. eine Beimischung von bis zu 5 % Ethanol zu Ottokraftstoff möglich. Speziell in Brasilien und den USA sind auch reine Ethanolfahrzeuge sowie sog. Flexible Fuel Vehicles (FFV), die mit beliebigen Mischungsverhältnissen von Ethanol und Ottokraftstoff betrieben werden können, im Einsatz (HENNIGES, 2007: 15f. und 22ff.; SCHMITZ, 2006). Neben Bioethanol findet vor allem auch Bio-Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (Bio-ETBE) Verwendung, das aus der Reaktion von Bioethanol und Isobutylen gewonnen und Ottokraftstoff zur Verbesserung der Klopfestigkeit zugesetzt wird (SENN, 2001: 632).

Die Bioethanolproduktion belief sich im Jahr 2006 weltweit auf knapp 50 Mrd. Liter, eine Steigerung um rund 10 % gegenüber 2005. Für das Jahr 2007 wurden rund 60 Mrd. Liter erwartet (DE HAEN, 2007). Die mit weitem Abstand führenden Produzenten waren im Jahr 2006 die USA (ca. 19 Mrd. Liter) und Brasilien (knapp 17 Mrd. Liter) (Abbildung 19; GATTERMAYER, 2006). Beide Länder haben bereits in den 1970er Jahren mit Ethanolprogrammen auf die

Abbildung 19. Weltweite Bioethanolproduktion (2005)



Quelle: SCHMITZ, 2007: 153

damalige Ölkrise reagiert (VON URFF, 2007). Namentlich aufgrund von Großprojekten in China ist die Produktionsmenge in Asien 2006 auf rund 7 Mrd. Liter angestiegen. In der EU ist ebenfalls ein stetiges Wachstum zu beobachten; die Erzeugungsmenge wuchs von 2,5 Mrd. Liter (2004) über 2,7 Mrd. Liter (2005) auf etwa 3,2 Mrd. Liter im Jahr 2006. Wollte die EU ihr Ziel erreichen, bis Ende 2010 gemessen am Energiegehalt 5,75 % der Otto- und Dieselmotoren zu ersetzen (Art. 3 Abs. 1 a) ii) der EU-Richtlinie 2003/30/EG), wäre eine Menge von etwa 11 bis 12 Mrd. Litern Bioethanol pro Jahr erforderlich. Bis 2020 würde der EU-Bioethanolbedarf auf etwa 14,4 Mrd. Liter ansteigen (GATTERMAYER, 2006; SCHMITZ, 2007a).

In der EU wurde der Grundstein für die Produktion von Bioethanol im Jahr 1992 gelegt. Seinerzeit wurde Landwirten durch Verordnung (EWG) Nr. 1765/92 die Möglichkeit eingeräumt, stillgelegte Flächen für die Erzeugung von Rohstoffen zu nutzen, die in der EU nicht primär zu Erzeugnissen verarbeitet werden, die für Lebensmittel- oder Futtermittelzwecke genutzt werden (Art. 7 Abs. 4). Während in Deutschland auf dieser Grundlage die Biodieselproduktion aus Raps forciert wurde, begann in Frankreich die Erzeugung von Bioethanol auf Zuckerrüben- und Weizenbasis (HENNIGES, 2007: 44). Während Frankreich und auch Spanien daher bereits vergleichsweise früh größere Produktionskapazitäten für Bioethanol aufgebaut hatten, entstand der deutsche Markt für Bioethanol erst im Jahr 2004 (MÜLLER-LANGER et al., 2006: 163). Da 2005 und 2006 die Kapazitäten erheblich ausgebaut wurden, ist Deutschland mit einer Bioethanolproduktion von über 430 Mio. Litern 2006 zum größten Produzenten innerhalb der EU aufgestiegen (Tabelle 4). Wegen der zuletzt allerdings schwierigen Marktbedingungen u.a. in den USA (WEHLING, 2007) und Deutschland (VERBIO, 2007) unterliegen die Produktionsmengen aktuell großen Schwankungen bzw. hinken den in früheren Jahren abgegebenen Prognosen teilweise deutlich hinterher. Abzulesen ist dies auch an der Preisentwicklung. So hat sich der Preis für Industrieethanol am Chicago Board of Trade (CBOT) gegen Ende des Jahres 2007 zwischen 400 und 500 \$ je m³ eingependelt, nachdem Mitte 2006 kurzzeitig Höchstwerte um 1 000 \$ je m³ erreicht wurden (<http://www.lab-biokraftstoffe.de>).

In Deutschland stammt das Bioethanol gegenwärtig überwiegend aus drei Großanlagen in Schwedt (Produktionskapazität 225 000 m³ pro Jahr), Zörbig (100 000 m³ pro Jahr) und Zeitz (260 000 m³ pro Jahr). Daneben sind kleinere Anlagen in Hannover und Seyda in Betrieb. Mehrere mittelgroße und große Anlagen befinden sich in Planung; als Produktionsschwerpunkte kristallisieren sich dabei zunehmend Mecklenburg-Vorpommern und vor allem Sachsen-Anhalt heraus, während in Süd- und Westdeutschland Bioethanolanlagen bislang weder betrieben noch geplant werden (<http://www.fnr.de>; <http://www.ebio.org>). Als Rohstoffe werden in Deutschland je nach regionaler Verfügbarkeit Getreide oder Zuckerrüben verwendet. So verarbeiten die Anlagen in Schwedt und Zörbig zzt. nur Getreide, hauptsächlich Roggen, Weizen und Triticale, während in Zeitz vornehmlich Weizen verwendet wird, in Zukunft jedoch auch Zuckerrüben eingesetzt werden sollen. Der Rohstoffbedarf der Anlagen ist erheblich; so benötigt die Anlage in Zeitz jährlich rund 700 000 Tonnen Weizen (<http://www.verbio.de>; <http://www.cropenergies.com>; <http://www.ebio.org>). Allein die drei genannten Großanlagen dürften damit aktuell über 1,5 Mio. Tonnen Getreide pro Jahr verarbeiten. Der Gesamtflächenbedarf in Deutschland für die Bereitstellung von Rohstoffen für die Bioethanolproduktion wird auf 295 000 ha im Jahr 2006 und 250 000 ha im Jahr 2007 geschätzt (<http://www.energiepflanzen.info>).

In den USA, dem seit 2006 größten Erzeugerland für Bioethanol, findet die Produktion vornehmlich auf der Basis von Mais statt. Grundlage des starken Marktwachstums in den USA war das 2005 verabschiedete Renewable Fuel Program, das die Anreize zur Verwendung von Biokraftstoffen erheblich verstärkt hat. Im Jahr 2006 wurden in den USA etwa 18,2 Mrd. Liter Bioethanol aus über 54 Mio. Tonnen – nach anderen Angaben 48 Mio. Tonnen (WEHLAND, 2006) – Mais erzeugt. Damit wurden bereits etwa 20 % der gesamten US-Maisproduktion – rund 275 Mio. Tonnen (O.V., 2006) – für die Erzeugung von Bioethanol eingesetzt (USDA, 2007: i). Für 2007 wurde ein Anstieg der Ethanol-erzeugung auf über 25 Mrd. Liter prognostiziert; nahezu im selben Umfang sind weitere Kapazitäten im Aufbau (<http://www.agmrc.org/agmrc/commodity/energy/ethanol>). Der Schwerpunkt der Erzeugung befindet sich im sog. Corn Belt, hier vor allem in Iowa und Illinois, sowie den angrenzenden Northern Plains (South Dakota, Nebraska, Kansas) und Lake States (Wisconsin, Minnesota; BAKER und ZAHNISER, 2007).

In einer Studie des US-Landwirtschaftsministeriums wurden die Auswirkungen des weiteren Ausbaus der Bioethanolproduktion auf die amerikanische Landwirtschaft analysiert (USDA, 2007). Untersucht wurden für den Zeitraum von 2007 bis 2016 zwei Szenarien. Im ersten Szenario wird bis zum Jahr 2016 ein Anstieg der US-Bioethanolproduktion auf 56,8, im zweiten Fall auf 75,7 Mrd. Liter pro Jahr angenommen. Unter der Annahme, dass Bioethanol weiterhin nur aus Mais erzeugt wird, würde dies einen Verbrauch von etwa 137 Mio. Tonnen Mais im ersten bzw. 183 Mio. Tonnen im zweiten Szenario bedeuten. Da gleichzeitig mit einem Anstieg der Anbaufläche auf 37,3 bzw. 39,9 Mio. ha gerechnet wird, würden unter den in der Studie getroffenen Annahmen 37 bzw. 47 % der US-amerikanischen Maisernte in die Produktion von Bioethanol fließen. Die beiden Szenarien wurden einem Baseline- bzw. Vergleichs-Szenario

Tabelle 4. Bioethanolproduktion als Kraftstoff in der EU (Mio. Liter)

| Land | 2004 | 2005 | 2006* |
|-------------|------|------|-------|
| Deutschland | 25 | 165 | 431 |
| Spanien | 254 | 303 | 396 |
| Frankreich | 101 | 144 | 293 |
| Polen | 48 | 64 | 161 |
| Schweden | 71 | 153 | 140 |
| Italien | 0 | 8 | 78 |
| Ungarn | 0 | 35 | 34 |
| Litauen | 0 | 8 | 18 |
| Niederlande | 14 | 8 | 15 |
| Tschechien | 0 | 0 | 15 |
| Lettland | 12 | 12 | 12 |
| Finnland | 3 | 13 | 0 |
| Gesamt | 528 | 913 | 1 592 |

Quelle: http://www.ebio.org/production_data_pd.php

gegenübergestellt, das auf der Grundlage vorliegender Informationen wahrscheinlich erscheint und einen Anstieg der Bioethanolproduktion bis zum Jahr 2016 auf 45,4 Mrd. Liter beinhaltet. Die entspräche unter den weiteren getroffenen Annahmen einem Verbrauch von 109 Mio. Tonnen Mais oder 31 % der dann auf 36,5 Mio. ha erzeugten Maisernte. Die Produktionsmenge entspräche 8 % des US-amerikanischen Verbrauchs an Ottokraftstoffen. Ausgehend von den verschiedenen Szenarien und unter ergänzender Berücksichtigung der mutmaßlichen Entwicklung auf dem Biodieselmärkte werden u.a. die folgenden Effekte erwartet (USDA, 2007):

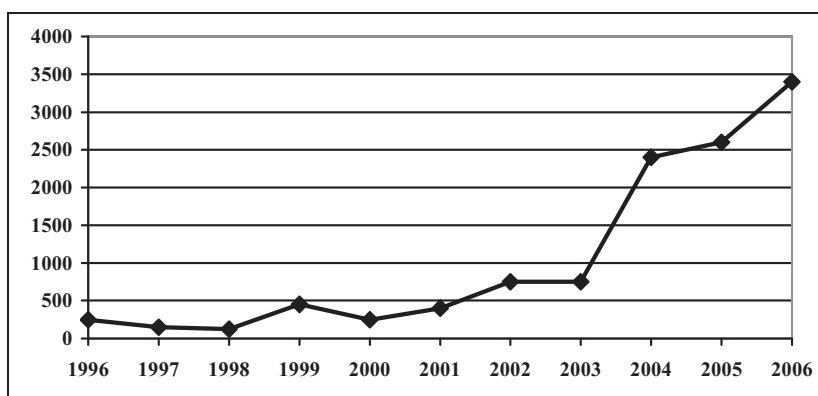
- Ein Preisanstieg für Mais auf ca. 148 \$ je Tonne bis 2009 bzw. 130 \$ je Tonne im Jahr 2016 im Baseline-Szenario sowie – jeweils im Jahr 2016 – auf 142 \$ je Tonne im Szenario 1 sowie 155 \$ je Tonne im Szenario 2. Diese Werte liegen oberhalb des lange gültigen Preisbandes von 100 bis 120 \$ je Tonne Mais, aber unterhalb der meisten der im Jahr 2007 gezahlten Preise. Zugleich erwartet das Ministerium, dass die Preise aufgrund reduzierter Lagerbestände zukünftig sehr stark auf kleine Ernten in einzelnen Jahren reagieren werden.
- Ein mengenmäßiger Rückgang der US-Maisexporte je nach Szenario um 2,8 %, 4,8 % oder 12 % bei gleichzeitig ansteigenden Exportwerten aufgrund des zu erwartenden Preisanstiegs.
- Eine weitgehend unveränderte Erzeugung von Geflügel-, Schweine- und Rindfleisch sowie Milch im Baseline-Szenario bzw. eine Stagnation oder ein leichter Rückgang der Produktion tierischer Nahrungsmittel in den Szenarien 1 und 2. In keinem Fall beträgt der Rückgang der Erzeugung jedoch mehr als 0,9 % (Schweinefleisch im Szenario 2).
- Ein Anstieg der Verbraucherpreise für Lebensmittel sowie steigende landwirtschaftliche Einkommen. Im Szenario 2 bspw. würden die Preise für Schweine- und Geflügel-fleisch im Durchschnitt der Jahre 2007 bis 2016 um 4,3 bzw. 4,1 %, die Preise für alle Nahrungsmittel um etwa 2 % höher als im Baseline-Szenario liegen. Aufgrund der Ausweitung des Angebots halten sich die Preis- und Einkommenseffekte damit insgesamt nach den Prognosen des US-Landwirtschaftsministeriums in engeren Grenzen als dies die rasante Ausweitung der Bioethanolproduktion und der starke Anstieg der Lebensmittelpreise im Jahr 2007 zunächst befürchten lassen.
- Eine steigende Bedeutung von Mais in den Fruchtfolgen, auch in Form der „continuous corn rotations“ (USDA, 2007: 10). Eine Intensivierung der Bodenbearbeitung sowie des Dünger- und Pflanzenschutzmitteleinsatzes führen zu mehr Bodenerosion und stärkeren Grundwasserbelastungen.

In Brasilien als zweitem großen Erzeugerland reicht die Tradition der Bioethanolproduktion für die Verwendung als Kraftstoff bis in die 1920er Jahre zurück. Wesentlich ausgebaut wurde die Produktion dann ab 1975 im Rahmen des Proálcool-Programms. In Brasilien wird Bioethanol unter Verwendung von Zuckerrohr erzeugt, wobei aus 1 Tonne

Zuckerrohr etwa 850 Liter Bioethanol entstehen. Im Jahr 2005 wurden rund 52 % des gesamten Zuckerrohrs (ca. 407 Mio. Tonnen) für die Produktion von 16,7 Mrd. Liter Bioethanol verwendet. Bis 2013/14 wird für Brasilien eine Ausweitung der Zuckerrohranbaufläche von 5,4 auf 7 Mio. ha prognostiziert; die Zuckerrohrproduktion ließe sich dadurch auf etwa 557 Mio. Tonnen pro Jahr ausdehnen. Andere Quellen erwarten sogar einen Anstieg des Zuckerrohrbedarfs in Brasilien bis zum Jahr 2013 auf 672 Mio. Tonnen. Die Ausdehnung der Produktion erfolgt in Brasilien bislang im Wesentlichen durch Umwandlung von Weideland (HENNIGES, 2007: 38, 58ff. und 206ff.).

Im- und Exporte spielten bei Bioethanol lange Zeit keine wesentliche Rolle. Obwohl Brasilien immer noch rund 85 % seiner Bioethanolproduktion im Inland verwendet und damit rund 40 % seines Kraftstoffbedarfs deckt, sind die Exporte seit 2001 um mehr als das Neunfache auf über 3 Mrd. Liter im Jahr 2006 angestiegen (HERMANNNS, 2007; Abbildung 20).

Abbildung 20. Brasilianischer Bioethanolexport (1996-2006)



Quelle: HERMANNNS, 2007: 44

Für die Bioethanolproduktion sind Regionen prädestiniert, die bei der Erzeugung zucker- oder stärkehaltiger Pflanzen Wettbewerbsvorteile besitzen. In Tabelle 5 sind basierend auf den Berechnungen von HENNIGES (2007: 43ff.) die Nettoproduktionskosten für Bioethanol in verschiedenen Ländern und für verschiedene Anlagengrößen zusammengestellt. Es ist angesichts der sehr großen Bedeutung der Rohstoffkosten für die gesamten Produktionskosten von

Tabelle 5. Nettoproduktionskosten Bioethanol

| | |
|---|------------|
| Deutschland, 50 000 hl/Jahr, Weizen-Zuckerrüben-Anlage | 51,43 €/hl |
| Deutschland, 200 000 hl/Jahr, Weizen-Zuckerrüben-Anlage | 44,79 €/hl |
| Deutschland, 400 000 hl/Jahr, Weizen-Zuckerrüben-Anlage | 42,47 €/hl |
| Brasilien, 850 000 hl/Jahr, Zuckerrohr-Basis | 19,06 €/hl |
| Brasilien, 2 000 000 hl/Jahr, Zuckerrohr-Basis | 17,61 €/hl |
| USA, 530 000 hl/Jahr, Mais-Basis (Annahme: 1,20 \$/€) | 29,28 €/hl |
| USA, 2 000 000 hl/Jahr, Mais-Basis (Annahme: 1,20 \$/€) | 25,43 €/hl |

Quelle: HENNIGES, 2007: 43ff.

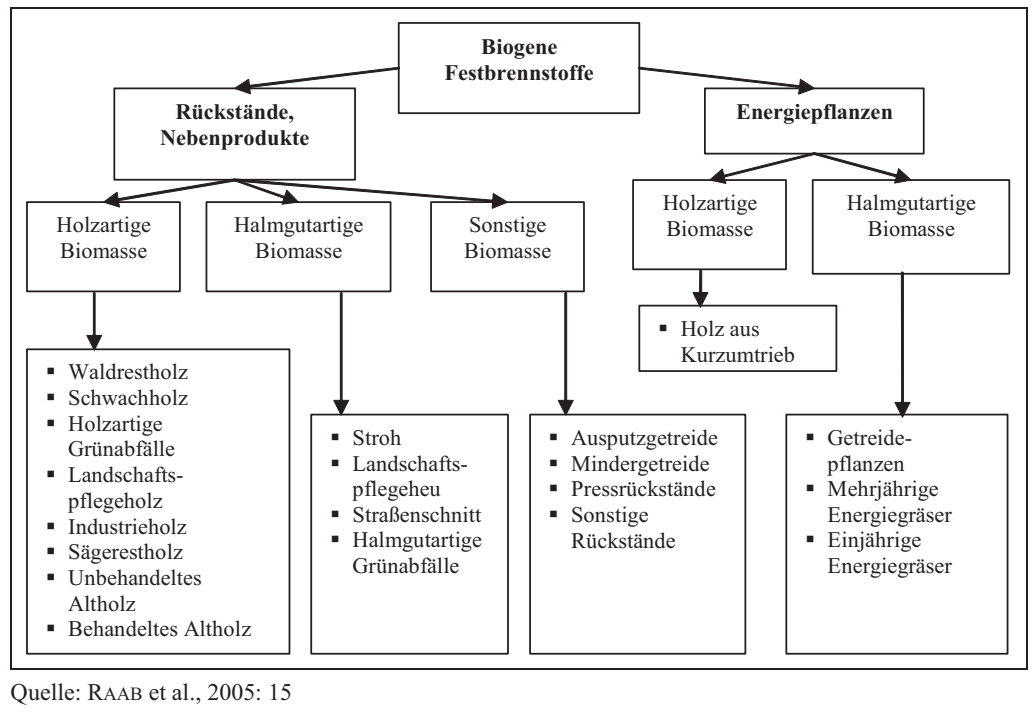
Bioethanol sowie der sehr effizienten Verarbeitung in Brasilien nicht überraschend, dass deutsches Bioethanol auf den Weltmärkten nicht wettbewerbsfähig ist. Etwa 30 bis 40 % günstiger als auf Weizen- oder Zuckerrübenbasis kann Bioethanol in Europa auf Maisbasis erzeugt werden; entsprechend geringer ist auch sein Wettbewerbsnachteil gegenüber brasilianischem Bioethanol (WESSELINK, 2006). Inwieweit die heimische Bioethanolproduktion durch Importe vor allem aus Brasilien bedroht ist, hängt wesentlich davon ab, wie stark der Bedarf in anderen Regionen wächst, welches Preisniveau sich auf dem brasilianischen Binnenmarkt einstellt und inwieweit der europäische Binnenmarkt durch Importzölle geschützt wird (HENNIGES, 2007a: 169ff.).

5.3 Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen

Der Einsatz von Biomasse als Festbrennstoff zur Erzeugung von Wärme und ggf. Strom stellt eine weitere Möglichkeit zur Nutzung nachwachsender Energieträger dar. Unter europäischen Bedingungen werden der Verbrennung von Biomasse zur Wärmeerzeugung Wirtschaftlichkeitsvorteile gegenüber anderen Formen der Biomassenutzung, etwa der Erzeugung von Biokraftstoffen der 1. Generation (Biodiesel, Bioethanol), attestiert (HEIBENHUBER, 2007). Darüber hinaus ist der Anbau von Energiepflanzen zur Nutzung als Festbrennstoff unter dem Gesichtspunkt der Minderung von Treibhausgasemissionen günstiger zu beurteilen als bspw. die Erzeugung von Biogas (WEGENER, 2006).

Biogene Festbrennstoffe sind rezente Brennstoffe organischer Herkunft, die zum Zeitpunkt ihrer energetischen Nutzung in fester Form vorliegen (RAAB et al., 2005: 15). Sie umfassen Rückstände und Nebenprodukte sowie speziell angebaute Energiepflanzen, die – ggf. nach entsprechender Aufbereitung (Trocknung, Zerkleinerung, Verdichtung, Sortierung usw.) – energetisch genutzt werden können (HARTMANN, 2005). Rückstände und Nebenprodukte umfassen holzartige Biomasse (u.a. Wald- und Industrierestholz, Altholz, Landschaftspflegeholz), halmgutartige Biomasse (Stroh, Straßengrasschnitt u.ä.) sowie sonstige Biomasse, bspw. Ausputz- und Mindergetreide sowie Pressrückstände (RAAB et al., 2005). Bei den Energiepflanzen können ebenfalls halmgutartige Brennstoffe wie Energiegetreide und Energiegräser sowie holzartige Brennstoffe, wie sie vor allem in Kurzumtriebsplantagen erzeugt werden, unterschieden werden (Abbildung 21).

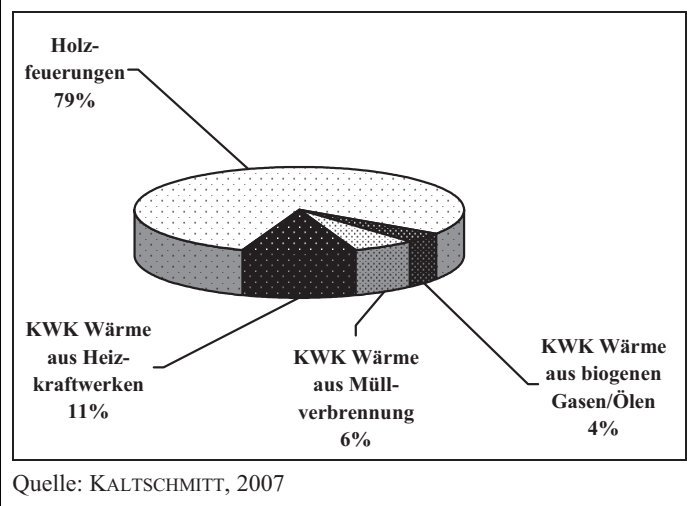
Abbildung 21. Biogene Festbrennstoffe



Die biogenen Festbrennstoffe können in Hausheizungen oder auch größer dimensionierten Anlagen, bspw. Heizwerken, Heizkraftwerken oder Stromerzeugungsanlagen, als alleiniger Brennstoff oder – vor allem in den größeren Anlagen – zur Mitverbrennung zur Wärme- oder Stromerzeugung eingesetzt werden (SCHRÖDER et al., 2005; Abbildung 22). Andere Formen der Nutzung biogener Festbrennstoffe, speziell die Verwendung zur Kraftstoffherstellung (BtL), spielen bislang keine Rolle (THRÄN, 2007: 101).

Ungeachtet der breiten Aufmerksamkeit, die Biogas, Biodiesel und Bioethanol gegenwärtig genießen, tragen biogene Festbrennstoffe weiterhin den weitaus größten Anteil zur Energiegewinnung aus Biomasse bei. Der Einsatz von Holz zur Energiegewinnung hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Im Jahr 2005 wurden fast 40 Mio. Festmeter Wald-, Industrie- und Altholz energetisch genutzt, und zwar zu mehr als 50 % (20,7 Mio. Festmeter) in den in privaten

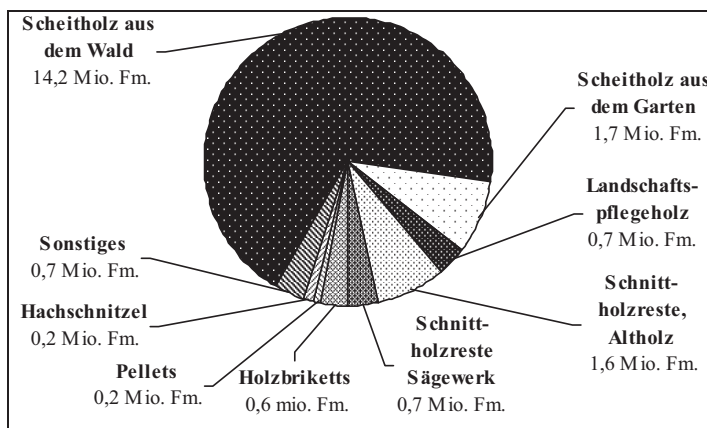
Abbildung 22. Biogene Wärmeerzeugung (2006)



Haushalten installierten Holzheizungen. Weitere 19,1 Mio. Festmeter wurden in Biomasseheizwerken mit mehr als 1 MW Leistung und 3,6 Mio. Festmeter in Anlagen unter 1 MW Leistung energetisch verwertet (FNR, 2007c: 21). Biogenen Festbrennstoffen wird nach gegenwärtigen Schätzungen zugetraut, etwa 5 bis 7 % des deutschen Primärenergiebedarfs zu decken. Dieses Potential wird trotz der jüngsten Steigerungen des Einsatzumfangs gegenwärtig noch nicht einmal zur Hälfte genutzt (THRÄN, 2007: 99f.).

Auf die Wärmeerzeugung aus Biomasse entfielen im Jahr 2005 rund 46 % der Erzeugung erneuerbarer Energien (HENKE, 2007). Da sie eine sehr lange Tradition hat und immer schon bedeutsam war, sind die Steigerungsraten geringer als bei anderen Formen der Bioenergieproduktion. Der Anstieg von 2000 (54,3 TWh) bis 2005 (76 TWh) betrug daher „nur“ knapp 40 %; gedeckt wurden fast 5 % der deutschen Wärmenachfrage. Im Jahr 2006 waren ca. 9 Mio. Kleinf Feuerungsanlagen in deutschen Haushalten installiert, die zu 99 % für die Verwendung von Stückholz (Holzpellets: 0,8 %; Hackgut: 0,2 %) ausgelegt waren. Dementsprechend dominiert Scheitholz die Holz nachfrage der Privathaushalte (Abbildung 23). Neben den klassischen Kaminen und Öfen (82 %) gewinnen in den Privathaushalten inzwischen auch Holzzentralheizungen (14 %) sowie Kombinationen von Holzzentralheizungen mit Kaminen bzw. Öfen (4 %) an Bedeutung. Ende der 1990er Jahre noch nahezu unbekannt, waren im Jahr 2006 bereits über 70 000 Holzpelletanlagen in Betrieb; für 2007 wurde der Betrieb von 90 000 Pelletkesseln prognostiziert (KALTSCHMITT, 2007; FNR, 2007c: 22ff.).

Abbildung 23. Energieholzverbrauch in Privathaushalten (2005)



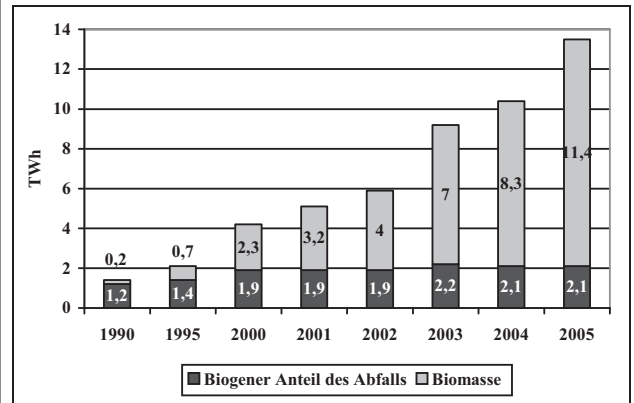
Quelle: FNR, 2007c: 23

Die häufig unter ethischen Gesichtspunkten besonders kritisch diskutierten Getreideheizungen (EVANGELISCHE KIRCHE VON WESTFALEN, 2005) haben dagegen aus rechtlichen und technischen Gründen in Deutschland noch kaum Marktbedeutung erlangt (WORTMANN, 2007). Für das Jahr 2005 wurde der Bestand auf etwa 1 000 auf landwirtschaftlichen Betrieben installierten Anlagen geschätzt; allerdings wird vermutet, dass in Deutschland auch eine größere Zahl nicht genehmigter Getreideheizungen betrieben wird. In Dänemark, wo Stroh- und Getreideheizungen eine längere Tradition haben, sind inzwischen rund 20 000 Anlagen in Betrieb (SCHALLENBERG, 2005; FROMME, 2006; WETTER, 2006).

Bis Ende der 1990er Jahre wurde kaum Strom aus Biomasse erzeugt (1990: 0,2 TWh; 1995: 0,7 TWh). Ein kräftiger

Ausbau der Stromerzeugung aus Biomasse setzte ab dem Jahr 2000 (2,3 TWh) ein. Bis zum Jahr 2005 war dieser Wert insbesondere dank der Förderung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz bereits auf 11,4 TWh gestiegen. Hinzu kommt eine in den letzten Jahren weitgehend konstante Erzeugung von Strom aus dem biogenen Anteil des Hausmülls im Umfang von etwa 2,1 TWh (Abbildung 24). Im Jahre 2006 wuchs die Stromerzeugung aus Bioenergie auf 19,7 TWh. Davon stammten 36,5 % (rund 7,3 TWh)

Abbildung 24. Stromerzeugung aus Bioenergie



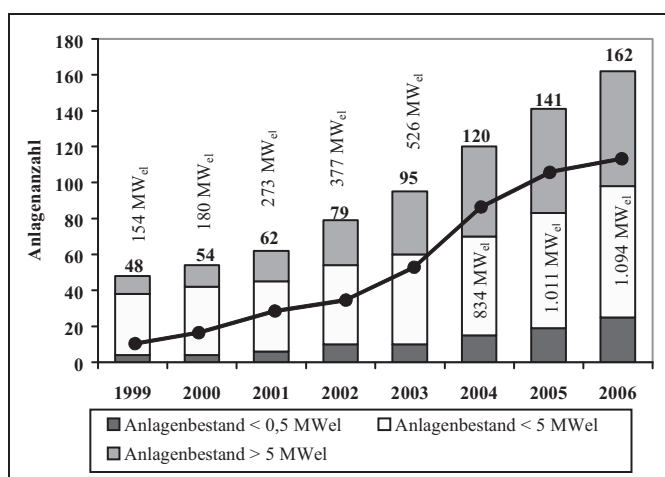
Quelle: KALTSCHMITT, 2007

aus der Verwendung biogener Festbrennstoffe, während Biogas (vgl. Abschnitt 5.1) auf einen Anteil von 55,4 % kam. 2006 stammten daher bereits 26,7 % des aus regenerativen Quellen erzeugten Stroms aus Biomasse (FNR, 2007c: 27).

Die Zahl der (Heiz-)Kraftwerke im Leistungsbereich bis 20 MW_{el}, die ausschließlich biogene Festbrennstoffe im Sinne der BiomasseV einsetzen, war bis zum Jahr 2006 auf 162 (1999: 48) mit einer installierten Leistung von 1 094 MW_{el} (1999: 154 MW_{el}) angestiegen (Abbildung 25). Bis Ende 2007 sollten weitere 20 bis 25 kleinere Anlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 55 bis 65 MW_{el} in Betrieb gehen. Ende 2007 waren demnach insgesamt etwa 185 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von rund 1.150 MW_{el} zu erwarten (BMU, 2007: 15ff.).

Die im Jahr 2006 bereits vorhandenen Anlagen benötigten rund 8,2 Mio. Tonnen Brennstoff; zu 51 % handelte es sich um Altholz, zu 40 % um Gemischtholz. Wald(rest)holz und Landschaftspflegeholz werden in geringerem Umfang (9 %) eingesetzt, haben jedoch in den letzten Jahren aufgrund des dezentralen Holzaufkommens vor allem in kleineren Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an Bedeutung gewonnen. Energiepflanzen (wie z.B. Kurzumtriebsholz) oder Ernterückstände, bspw. Stroh, spielen bisher noch keine Rolle (BMU, 2007: 3). Die Zubaudynamik bei den Kapazitäten hat zuletzt deutlich abgenommen (KALTSCHMITT, 2007), u.a., weil das Brennstoffpotenzial im Altholzbereich bereits weitgehend ausgeschöpft ist (THRÄN, 2007: 100). Aufgrund des dezentralen Holzanfalls sind die Anlagen relativ gleichmäßig über die Bundesrepublik Deutschland verteilt; lediglich in den nördlichen Bundesländern sind – entsprechend dem geringeren Holzaufkommen – nur vergleichsweise wenige Anlagen in Betrieb (KALTSCHMITT, 2007).

Abbildung 25. Biomasseheizkraftwerke: Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung (MW_{el})



Quelle: FNR, 2007c: 32f.

Unter den Holzbrennstoffen stellen Hölzer aus der Landschaftspflege sowie Althölzer die günstigsten Einsatzstoffe für Biomassekraftwerke dar. Steigende Anlagenzahlen und der daraus resultierende Bedarf an den begrenzt verfügbaren Althölzern haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass die Preise für Altholz gestiegen sind (FNR, 2007c: 41). Tabelle 6 zeigt die durchschnittlichen Preise biogener Brennstoffe in Form aufbereiteter Hackschnitzel frei Biomasseanlage (BMU, 2007: 40)

Tabelle 6. Durchschnittliche Preise von Holzbrennstoffen (2006)

| Brennstoffart | Preise frei Biomasseanlage für aufbereitete Hackschnitzel |
|--|---|
| Waldrestholz | 30 bis 60 €/t |
| Industrierestholz | je nach Qualität |
| Sägenebenprodukte | 20 bis 40 €/t |
| Althölzer der Altholzategorie A I | 25 bis 35 €/t |
| Althölzer der Altholzategorien A II, A III | 10 bis 20 €/t |
| Althölzer der Altholzategorie A IV | -10 bis 15 €/t |
| Hölzer aus der Landschaftspflege | 15 bis 25 €/t |

Quelle: BMU, 2007: 40

Der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass im Jahr 2006 immerhin 8 % der biogenen Strom- und Wärmeerzeugung aus Pflanzenöl stammten; zu 90 % bildete dabei – vor allem in größeren Anlagen – importiertes Palmöl den Brennstoff (Flächenbedarf: etwa 106 000 ha Palmölplantagen). Daneben wird in Deutschland vor allem in kleineren Anlagen auch Rapsöl eingesetzt (Flächenbedarf: 48 000 ha; SCHOLWIN et al., 2007). Noch bis zum Jahre 2003 fristete diese Form der Energieerzeugung ein Nischendasein. Von 2003 bis 2006 hat sich die Zahl der entsprechenden Anlagen dann aber aufgrund der deutlich verbesserten Fördermöglichkeiten von 160 auf 1 801 erhöht (KALTSCHMITT, 2007; FNR, 2007c: 34). Nachdem entsprechende Anlagen zunächst überwiegend in Süddeutschland errichtet wurden, sind sie inzwischen flächendeckend in Deutschland zu finden (SCHOLWIN et al., 2007: 75).

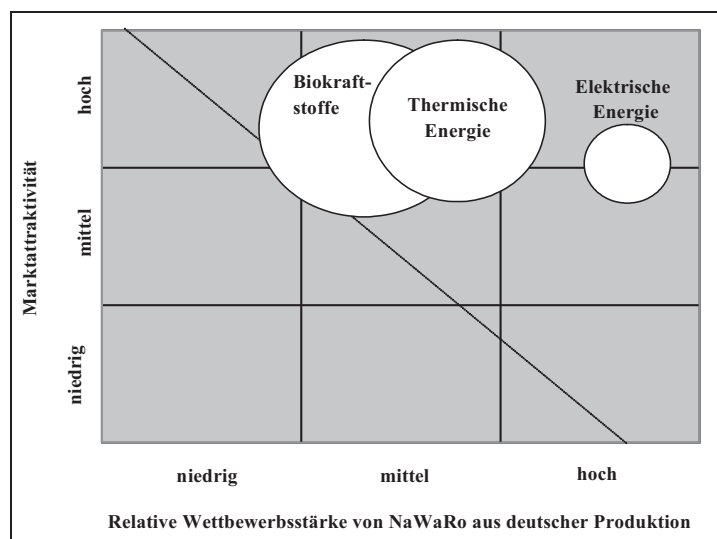
6. Schlussbemerkungen

Die wirtschaftliche Bedeutung erneuerbarer Energien wächst weltweit aus verschiedenen Gründen, u.a. aus Sorge um das Klima und die Sicherheit der zukünftigen Energieversorgung. Soweit nicht der Absatz durch gesetzliche Beimischungsquoten gesichert ist, hängt die Wettbewerbsfähigkeit von Bioenergie vor allem von den Preisen fossiler Energieträger, namentlich Öl und Gas, ab. Da die Bioenergien zzt. nur in (kleineren) Teilen wettbewerbsfähig sind, beruht das Wachstum des Bioenergiesektors nach wie vor in erster Linie auf seiner starken politischen Förderung. Verschiedene Änderungen des EEG zugunsten erneuerbarer Energien, aber auch die Einführung der Teilbesteuerung von Biodiesel haben nachdrücklich vor Augen geführt, wie stark das Wohl und Wehe der Produzenten von Bioenergie von politischen Weichenstellungen abhängt.

Mit steigenden Preisen fossiler Energieträger kann zukünftig mit einer zunehmenden Rohstoffnachfrage zur Produktion von Bioenergie gerechnet werden. Bei einer gleichzeitig steigenden Nachfrage nach Nahrungsmitteln kann dies zu teilweise erheblichen Preissteigerungen auf den Weltagrarmärkten führen, speziell, wenn kleine Ernten in wichtigen Erzeugerländern das Angebot kurzfristig weiter verknappen. Dies bedeutet, dass bspw. unter dem Gesichtspunkt der Ernährungssicherung zunehmend mehr Handlungsdrucks auf die Politik ausgeübt werden wird. Unter diesen Bedingungen zukünftige politische Entscheidungen prognostizieren zu wollen, ist fast unmöglich. Auch, wenn es vielleicht nicht mehr um das Ob, sondern nur noch um das Wie der Erzeugung von Bioenergie gehen mag (BENDER, 2007), können politische Weichenstellungen doch im Einzelfall weitreichende Auswirkungen auf die Erzeuger von Bioenergie haben.

Ungeachtet der politischen Risiken, die den Bioenergiebereich kennzeichnen, hat sich die Bioenergieproduktion in vielen landwirtschaftlichen Betrieben als neuer Betriebszweig etabliert. In der Literatur zum strategischen Management ist es üblich, Betriebszweige bzw. strategische Geschäftsfelder unter dem Gesichtspunkt der Marktattraktivität und der relativen Wettbewerbsstärke zu bewerten (HUNGENBERG, 2000: 334ff.). Legt man diesen Maßstab an den neuen Betriebszweig ‚Bioenergie‘ der deutschen Landwirtschaft an, so ergibt sich ein etwas widersprüchliches Bild. Operationalisiert man die Marktattraktivität anhand der Marktgröße, des Marktwachstums sowie der Absatz- und Einkommenspotenziale für die Land- und Forstwirtschaft, so sind alle Segmente des Markts für Bioenergie als sehr attraktiv zu kennzeichnen. Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Land- und Forstwirtschaft wird dagegen in wichtigen Teilmärkten als (bestenfalls) mittelmäßig eingeschätzt (SCHMITZ, 2007a; Abbildung 26). Ob daher die Zukunft der deutschen Landwirtschaft tatsächlich im (Massen-)Markt für Bioenergie liegt oder doch eher in der Erzeugung hochwertiger Nahrungsmittel, wird – ungeachtet des zzt. erheblichen Rückenwinds für die Bioenergieproduktion – die weitere Entwicklung zeigen müssen.

Vor dem geschilderten Hintergrund sind für Deutschland Konzepte attraktiv, bislang ohnehin schon anfallende, jedoch unzureichend genutzte Biomassepotenziale für die Bioenergieproduktion zu erschließen. So erscheint es auf

Abbildung 26. Bioenergie: Marktattraktivitäts- und Wettbewerbsfähigkeitsmatrix

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an SCHMITZ, 2007a: 17

den ersten Blick bspw. sinnvoller, die großen Strohpotenziale besser zu nutzen, als in einen (Subventions-)Wettlauf mit Brasilien und den USA bei der Bioethanolproduktion einzusteigen. Daneben ist ohne Zweifel auch die intensivere Nutzung landwirtschaftlicher und außerlandwirtschaftlicher biogener Reststoffe und Abfälle vernünftig.

Die Land- und die Forstwirtschaft stellen die entscheidenden Rohstofflieferanten für die Erzeugung von Bioenergie dar. Derzeit wird durch die Landwirtschaft auf rund 2 Mio. ha Biomasse für die energetische oder stoffliche Nutzung bereitgestellt. Mit dem zunehmenden Einstieg außerlandwirtschaftlicher Investoren in die Bioenergieproduktion wird es für die Landwirtschaft zunehmend wichtiger, den eigenen Anteil an der Wertschöpfung zu sichern und sich möglichst nicht in die klassische Rolle des bloßen Rohstofflieferanten zurückdrängen zu lassen. Große Biodieselanlagen an verkehrsgünstig gelegenen Standort wie Hamburg zeigen, wie schnell ansonsten der Wettbewerbsdruck durch preisgünstigere ausländische Anbieter bspw. von Palmöl ansteigen kann.

Literatur

- ANSOFF, H.I. (1965): Corporate Strategy: An Analytical Approach to Business Policy for Growth and Expansion. McGraw-Hill, New York.
- BAKER, A. und S. ZAHNISER (2007): Ethanol Reshapes the Corn Market. In: Amber Waves 4 (2), aktualisiert Mai 2007. In: <http://www.ers.usda.gov/AmberWaves/May07SpecialIssue/features/Ethanol.htm>.
- BENDER, S. (2007): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Ziele, Erfolge, Herausforderungen. Vortrag im Rahmen der Göttinger Fachtagung für Milch- und Veredlungswirtschaft. Göttingen, 06.12.2007.
- BLB (Bundesverband der landw. Berufsgenossenschaften) (2002): Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen. 2. Auflage, Kassel.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2007): Nachwachsende Rohstoffe. In: http://www.bmelv.de/ cln_045/nm_749972/DE/081NachwachsendeRohstoffe/_NachwachsendeRohstoffe_node.html_nnn=true.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (o. J.): Die wichtigsten Merkmale des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare Energien Gesetz) vom 21. Juli 2004. In: http://www.bmu.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/eeg_gesetz_merkmale.pdf.
- (2005): Nationales Klimaschutzprogramm 2005. Sechster Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe ‚CO₂-Reduktion‘. Berlin.
- (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Berlin.
- (2007a): Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklungen. Berlin.
- (2007b): Sigmar Gabriel: Klimaschutz nutzt auch Verbrauchern und Wirtschaft. Kabinett beschließt Klima- und Energiepaket. Pressemitteilung des BMU. Berlin, 24.08.2007.
- BOCKEY, D. (2006): Biodiesel und pflanzliche Öle als Kraftstoffe – aus der Nische in den Kraftstoffmarkt. In: Technikfolgenabschätzung 15 (1): 10-15.
- BREUER, T. und K. HOLM-Müller (2007): Abschätzung der Wertschöpfungspotenziale im ländlichen Raum durch Biotkraftstoffe am Beispiel Nordrhein-Westfalens. In: Agrarwirtschaft 56 (5/6): 272-279.
- CLASHAUSEN, C. (2006): Biotkraftstoffe – Was ist technisch möglich? In: Entwicklung & Ländlicher Raum 6/2006: 7-9.
- DA COSTA GOMEZ, C. (2007): Biogasnutzung: Freud der Energie- oder der Landwirtschaft? Vortrag im Rahmen der Göttinger Fachtagung für Milch- und Veredlungswirtschaft. Göttingen, 06.12.2007.
- DBV (Deutscher Bauernverband) (2007): Beschluss zur Aussetzung der Flächenstilllegung 2008. Pressemitteilung. In: <http://www.bauernverband.de/index.php?redid=188229>.
- DE HAEN, H. (2007): Agrarprodukte – Nahrung für die Hungernen oder Treibstoff für die Autos? Vortrag an der Universität Göttingen, 10.12.2007.
- DLG (Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft) (2006): Betriebszweigabrechnung für Biogasanlagen. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- DOLUSCHITZ, R. und R. SCHWENNIGER (2003): Exotische Betriebszweige. In: Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 35/2003: 41.
- EDER, B. und H. SCHULZ (2006): Biogas-Praxis. Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. 3. Auflage. Ökobuch Verlag, Freiburg.
- EUROSERVER (2007): Biogas Barometer. In: Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables 179/2007.
- EVANGELISCHE KIRCHE VON WESTFALEN (Hrsg.) (2005): Chancen und Risiken der energetischen Nutzung von Biomasse aus kirchlicher Sicht. Ein Positionspapier der Kirchenleitung der EKvW. Bielefeld.
- FISCHER, J. (2003): Flüssige Biomasse. Vortrag im Rahmen der Tagung „Chancen und Perspektiven flüssiger Bioenergeträger in Deutschland“ am 14.02.2003.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.) (2006): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Gülzow.
- (2006a): Bioenergie. Pflanzen, Rohstoffe, Produkte. Gülzow.
- (2007a): Bioenergie Basisdaten Deutschland. 4. Auflage. Gülzow.
- (2007b): Biogas Basisdaten Deutschland. 3. Auflage. Gülzow.
- (2007c): Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen. 1. Auflage. Gülzow.
- FRAUEN, M. (2007): Perspektiven der Energiepflanzenproduktion aus Sicht der Pflanzenzüchtung – Beispiel Raps. In: Dachverband Agrarforschung (Hrsg.): Energie aus Biomasse –

- weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 57-61.
- FROMME, C. (2006): Heizen mit Weizen. In: <http://www.sueddeutsche.de/panorama/artikel/103/77026/print.html>.
- GATTERMAYER, F. (2006): Ethanol – Ein weltweiter Überblick. In: Darnhofer, I., C. Walla und H.K. Wytrzens (Hrsg.): *Alternative Strategien für die Landwirtschaft*. Facultas, Wien: 145-164.
- GÖMANN, H., M. KREINS und T. BREUER (2007): Deutschland – Energie-Corn-Belt Europas? In: *Agrarwirtschaft* 56 (5/6): 263-271.
- GÖRISCH, U. und M. HELM (2007): Biogasanlagen: Planung, Errichtung und Betrieb von landwirtschaftlichen und industriellen Biogasanlagen. 2. Auflage. Ulmer, Stuttgart.
- HARTMANN, H. (2005): Produktion, Bereitstellung und Eigenschaften biogener Festbrennstoffe. In: *Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe* (Hrsg.): *Leitfaden Bioenergie*. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: 52-90.
- HEIM, N. (2007): Biokraftstoffquoten ab 2007 – wesentlicher Inhalt und Auswirkungen der aktuellen gesetzlichen Neuregelung. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 47-50.
- HEINZ, A. (2007): Energy policy objectives of the EU – focus on bioenergy. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 13-22.
- HEIßENHUBER, A. (2007): Bioenergie als Wertschöpfungschance für die Landwirtschaft und die Entwicklung ländlicher Räume. In: *Ländlicher Raum* 58 (5/6): 130-134.
- HENKE, J.M. (2005): Biokraftstoffe – Eine weltwirtschaftliche Perspektive. Arbeitsbericht des Instituts für Weltwirtschaft, Kiel.
- (2007): Volkswirtschaftliche Einordnung der Energieerzeugung aus Biomasse. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 23-32.
- HENNICKE, P. und M. FISCHEDICK (2007): Erneuerbare Energien. Mit Energieeffizienz zur Energiewende. Beck, München.
- HENNIGES, O. (2007): Die Bioethanolproduktion. Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland unter Berücksichtigung der internationalen Konkurrenz. 2. Auflage. Eul, Lohmar und Köln.
- (2007a): Internationale Wettbewerbsfähigkeit der Erzeugung von Bioethanol. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 165-173.
- HENZE, A. und J. ZEDDIES (2007): Flächenpotenziale für die Erzeugung von Energiepflanzen der Landwirtschaft der Europäischen Union. In: *Agrarwirtschaft* 56 (5/6): 255-263.
- HERMANN, K. (2007): Brasilien auf der Gewinnerseite des Klimawandels? In: *Focus Brasilien* 6/2007. In: http://www.kas.de/db_files/dokumente/laenderberichte/7_dokument_dok_pdf_12279_1.pdf.
- HÖVELMANN, L. (2005): Unternehmer Landwirte als Energieproduzenten. In: *Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft* (Hrsg.): *Mehr Markt für Landwirte, Konsequenzen und Strategien*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 173-178.
- HOFFMANN, D. (2007): Regionale Wertschöpfung durch optimierte Nutzung endogener Bioenergiepotenziale als strategischer Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung. Dissertation. Universität des Saarlandes, Saarbrücken.
- HOFMANN, F. und F. SCHOLWIN (2006): Biogas. In: *Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe* (Hrsg.): *Marktanalyse Nachhaltige Rohstoffe*. Gülzow: 181-193.
- HOFMANN, F., M. KALIES, S. SCHNEIDER, F. SCHOLWIN und M. WEBER (2006): Elektrische Energie. In: *Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe* (Hrsg.): *Marktanalyse Nachhaltige Rohstoffe*. Gülzow: 7-67.
- HUNGENBERG, H. (2000): *Strategisches Management in Unternehmen. Ziele – Prozesse – Verfahren*. Gabler, Wiesbaden.
- INDERHEES, P.G. (2007): *Strategische Unternehmensführung landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe. Eine Untersuchung am Beispiel Nordrhein-Westfalens*. Dissertation. Universität Göttingen.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the International Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, New York.
- ISERMAYER, F. (2007): Biogaserzeugung in Deutschland: Vortrag im Rahmen der Göttinger Fachtagung für Milch- und Veredlungswirtschaft. Göttingen, 06.12.2007.
- KALTSCHMITT, M. (2007): Ergebnisse der Marktanalyse zur Bioenergie. Teilmärkte: Elektrische und thermische Energie. Vortrag im Rahmen der Tagung „Perspektiven bei nachwachsenden Rohstoffen – Welche Märkte haben Zukunft?“. Berlin, 24.05.2007.
- (2001): Einleitung und Zielsetzung. In: *Kaltschmitt, M. und H. Hartmann* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen Techniken und Verfahren*. Springer, Berlin: 1-33.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. (2005): *Energiepflanzenanbau für Biogasanlagenbetriebe*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main.
- KNAPPE, F., A. BÖB, H. FEHRENBACH, J. GIEGRICH, R. VOGT, G. DEHOUST, D. SCHÜLER, K. WIEGMANN und U. FRITSCH (2007): *Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle*. UBA-Texte 04/07. Umweltbundesamt, Berlin.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN UNION (2007): *Fahrplan für erneuerbare Energien. Erneuerbare Energien im 21. Jahrhundert: Größere Nachhaltigkeit in der Zukunft*. KOM(2006) 848 endgültig. Brüssel, 10.01.2007.
- (2007a): *Fortschrittsbericht Biokraftstoffe. Bericht über die Fortschritte bei der Verwendung von Biokraftstoffen und anderen erneuerbaren Kraftstoffen in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union*. KOM/2006/0845 endg. In http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=de&type_doc=COMfinal&an_doc=2006&nu_doc=845.
- LEIBLE, L., A. ARLT, S. KÄLBER, E. NIEKE, D. WINTZNER und B. FÜRNISS (2003): *Energie aus biogenen Reststoffen und Abfällen – Stand und Perspektiven in Deutschland*. In: *Wiemer, K. und M. Kern* (Hrsg.): *Bio- und Restabfallbehandlung IX. Biologisch – mechanisch – thermisch*. Witzenhausen-Institut, Witzenhausen: 390-413.
- LEIBLE, L. und F. KÄLBER (2006): *Energetische Nutzung fester biogener Reststoffe*. In: *Informationen zur Raumentwicklung* 1/2006: 43-54.
- LINDER, H. (2007): *Erzeugung und Einsatz von Biodiesel aus tierischen Fetten (FME) – unter besonderer Berücksichtigung der ökologischen Wirkungen*. Kovac, Hamburg.
- MERKEL, A. (2005): *Regierungserklärung vom Mittwoch, 30. November 2005. Plenarprotokoll – Vorab-Veröffentlichung*. In: <http://www.bundestag.de/bic/plenarprotokolle/plenarprotokolle/16004.html>.
- MÜLLER-LANGER, F., A. VOGEL, M. KALTSCHMITT, F. HOFMANN, F. SCHOLWIN, J. HENKE und N. SCHMITZ (2006): *Treibstoffe*. In: *Fachagentur Nachhaltige Rohstoffe* (Hrsg.): *Marktanalyse Nachhaltige Rohstoffe*. Gülzow: 157-238.

- NUSSER, M., P. SHERIDAN, R. WALZ, S. WYDRA und P. SEIDEL (2007): Makroökonomische Effekte von nachwachsenden Rohstoffen. In: *Agrarwirtschaft* 56 (5/6): 238-248.
- O.V. (2006): IGC senkt Prognose für weltweite Weizenerte 2006/07 auf 596 Mio t. In: Dow Jones Getreide, Futtermittel & Öle vom 27.07.2006. In: http://www.djnewsletters.de/news/article_detail.php5?bnllid=634266&productId=13&sid=f8d20c80a841452.
- (2007): IPCC verabschiedet Bericht zu den wissenschaftlichen Grundlagen der Klimaänderung. In: *Umwelt* 3/2007: 142-144.
- (2007a): Mit BTL in die Zukunft. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* Nr. 282 v. 4. Dezember 2007: T4.
- (2007b): Biogas in Deutschland. In: *Ernährungsdienst* 86/2007.
- (2007c): World Biodiesel Output Growth May Slow – Licht. In: <http://www.planetark.com/dailynewsstory.cfm/newsid/41147/story.htm>.
- (2007d): Biodieselbranche flieht ins Ausland. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* Nr. 253 v. Mi., 31.10.2007: 22.
- (2007e): Weltweite Biodieselproduktion 2009 bei 16 Mio t gesehen. In: http://www.djnewsletters.de/news/article_detail.php5?bnllid=699455&productId=13&sid=fb155cf985ff47.
- (2007f): Biodiesel steuert Rapsmarkt. In: *Ernährungsdienst* Nr. 94 v. Mi., 12.12.2007: 1.
- PRÖFROCK, M.C. (2007): Energieversorgungssicherheit im Recht der europäischen Union/ Europäischen Gemeinschaften. Dissertation. Universität Tübingen.
- RAAB, K., L. ELTROP, S. DEIMLING und M. KALTSCHMITT (2005): Biogene Festbrennstoffe. In: *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe* (Hrsg.): *Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen*. Gülzow: 14-17.
- (2005a): Möglichkeiten der energetischen Umwandlung. In: *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe* (Hrsg.): *Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen*. Gülzow: 17-23.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2007): Schlussfolgerungen des Vorsitzes des Europäischen Rates (Tagung vom 8./9. März 2007 in Brüssel). Übermittlungsvermerk vom 9. März 2007. In: <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2007/03/Anlagen/2007-03-12-schlussfolgerungen-des-rates.property=publicationFile.pdf>.
- RAUSSEN, T. und M. KERN (2006): Stand und Verfahren der Bioenergieerzeugung in Deutschland – Chancen für die Abfallwirtschaft. In: *Wiemer, K. und M. Kern* (Hrsg.): *Bio- und Sekundärrohstoffverwertung. Stofflich – energetisch*. Witzenhäuser-Institut, Witzenhäuser: 383-406.
- SCHALLENBERG, C. (2005): Statt schönem Öl Weizen verheizen. In: <http://www.stern.de/wissenschaft/natur/Energietr%E4ger-Statt-%D6I-Weizen/548521.html>.
- SCHAPER, C. und L. THEUVSEN (2006): Die Zukunft erneuerbarer Energien: Eine SWOT-Analyse. In: *Ländliche Betriebe und Agrarökonomie auf neuen Pfaden*. Tagungsband der 16. ÖGA-Jahrestagung, Wien: 15-16.
- SCHAPER, C., C. WOCKEN, K. ABELN, B. LASSEN, S. SCHIERENBECK, A. SPILLER und L. THEUVSEN (2008): Risikomanagement in Milchviehbetrieben: Eine empirische Analyse vor dem Hintergrund der sich ändernden EU-Milchmarktpolitik. *Schriftenreihe der Landwirtschaftlichen Rentenbank* 23, Frankfurt a. Main (im Druck).
- SCHMITZ, N. (2006): Bioethanol als Kraftstoff – Stand und Perspektiven. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 15 (1): 16-26.
- (2007): Biodiesel, Pflanzenöl, Ethanol – Bestandsaufnahme und ökonomische Perspektiven in Deutschland. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 151-164.
- (2007a): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Teilmarkt Biokraftstoffe. Vortrag im Rahmen der Tagung „Perspektiven bei nachwachsenden Rohstoffen – Welche Märkte haben Zukunft?“. Berlin, 24.05.2007.
- SCHOLWIN, F. et al. (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Bericht im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Leipzig.
- SCHRÖDER, G., B. JAHRAUS und P. HEINRICH (2005): Randbedingungen, geeignete Anwendungsbereiche und Anlagenkonzepte. In: *Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe* (Hrsg.): *Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen*. Gülzow: 91-97.
- SENN, T. (2001): Ethanolherzeugung und Nutzung. In: *Kaltschmitt, M. und H. Hartmann* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren*. Springer, Berlin u.a.: 591-640.
- SPECHT, M., A. BANDI und M. PEHNT (2001): Regenerative Kraftstoffe – Bereitstellung und Perspektiven. *FVS-Themen 2001: Integration erneuerbarer Energien in Versorgungsstrukturen*. Forschungsverbund Sonnenenergie, Berlin.
- THRÄN, D. (2007): Biogene Festbrennstoffe – Stand und Perspektiven der Erzeugung und Nutzung in Deutschland. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 93-104.
- USDA (U.S. Department of Agriculture) (2007): An Analysis of the Effects of an Expansion of Biofuel Demand on U.S. Agriculture. Bericht des U.S. Department of Agriculture, The Economic Research Service und The Office of the Chief Economist, Mai 2007.
- VERBIO (2007): Ad hoc-Mitteilung der Verbio Vereinigte Bio-Energie AG vom 15.05.2007. In: http://www.verbio.de/desktopdefault.aspx/tabid-101/87_read-127/.
- V. BITTER, G. und L. THEUVSEN (2004): Strom aus Windkraft: Wie sicher sind die Investitionen? In: *Neue Landwirtschaft* 15 (1): 76-78.
- VON LAMPE, M. (2007): Economics and agricultural market impacts of growing biofuel production. In: *Agrarwirtschaft* 56 (5/6): 232-237.
- VON URFF, W. (2007): Biofuels – A New Chance for Agriculture or a Threat to Food Security. In: *International Journal of Agriculture* 46 (2): 99-104.
- VORLOP, K., U. PRÜBE und T. WILLKE (2007): Biokraftstoff – technologische Perspektiven. In: *Dachverband Agrarforschung* (Hrsg.): *Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven*. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 175-187.
- WAGNER, U. und R. IGELSPACHER. (2003): Ganzheitliche Systemanalyse zur Erzeugung und Anwendung von Bioethanol im Verkehrssektor. Arbeitsbericht TU München, Lehrstuhl Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, München.
- WEGENER, J.-K. (2006): Treibhausgas-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft – Herkunft und technische Minderungspotenziale unter besonderer Berücksichtigung von Biogas. Dissertation. Universität Göttingen.
- WEGENER, J.-K., W. LÜCKE und J. HEINZEMANN (2006): Potentieller Beitrag der Landwirtschaft zur Verminderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland. In: *Agrarwirtschaft* 55 (4): 196-203.
- WEHLAND, W. (2006): Wie der Ethanol-Boom die US-Landwirtschaft verändert. In: *Top agrar* 9/2006: 24-26.
- WEHLING, W. (2007): Nach dem Rausch folgt nun der Kater. In: *Top agrar* 11/2007: 154-155.
- WESSELINK, W. (2006): Brasilien: Mit der Machete auf den Zucker-Weltmarkt. In: *Top agrar* 3/2006: 16-20.
- WETTER, C. (2006): Stroh als Energieträger – wertvoller Rohstoff statt unerwünschter Abfall. In: *FHocus* 1/2006: 34-35.

- WORTMANN, H. (2007): Thermische Verwertung von Getreide. In: Dachverband Agrarforschung (Hrsg.): Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und productionstechnische Perspektiven. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 63-68.
- ZEDDIES, J. (2006): Biokraftstoffquoten – gibt es überhaupt genug Rohstoffe? In: Agrarwirtschaft 55 (4): 341-343.

Kontaktautor:
Prof. Dr. Ludwig Theuvsen
Georg-August-Universität Göttingen
Department für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen
Tel.: 05 51-39 48 51, Fax: 05 51-39 46 21
E-Mail: Theuvsen@uni-goettingen.de

Buchbesprechungen

DABBERT, S. und J. BRAUN (2006):

Landwirtschaftliche Betriebslehre. Grundwissen Bachelor.

Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart; 288 S.; ISBN-13: 978-3-8252-2792-0, ISBN-10: 3-8252-2792-8; € 24,90

Der Buchtitel benennt zutreffend als Zielgruppe dieses Lehrbuches die Bachelor-Studierenden der Agrarwissenschaften. Zudem spiegelt er das disziplinäre Selbstverständnis der Autoren wider. Dabbert und Braun verstehen die landwirtschaftliche Betriebslehre als Teilgebiet der interdisziplinär ausgerichteten Agrarwissenschaften. Dies bringen sie implizit bereits im Titel des Einführungskapitels »Warum landwirtschaftliche Betriebslehre studieren?« zum Ausdruck. Die in diesem Kapitel dargelegten Argumente lassen sich durchaus als hochschulpolitisches Plädoyer für die Aufrechterhaltung problemorientierter agrarwissenschaftlicher Fakultäten im Sinne eigenständiger universitärer Forschungs- und Lehrinrichtungen lesen. Innerhalb agrarwissenschaftlicher Studiengänge – so das Plädoyer – sollen Fachleute und Wissenschaftler ausgebildet werden, die einerseits die Grundlagen betriebswirtschaftlich-entscheidungsorientierten Denkens kennen und sich andererseits interdisziplinär bzw. im Verbund der naturwissenschaftlich-technischen und der agrarökonomischen Fachwissenschaften mit den aktuellen Problemen der Praxis auseinandersetzen können. Dies deckt sich mit der Sicht der Agrarforschung als problemorientierte Systemforschung, wie sie in der Denkschrift der Deutschen Forschungsgemeinschaft »Perspektiven agrarwissenschaftlicher Forschung« aus dem Jahr 2005 zum Ausdruck gebracht wird.

Das Ziel der Autoren Dabbert und Braun ist es, die *Grundlagen* der landwirtschaftlichen Betriebslehre für *alle* Bachelor-Studierenden, unabhängig von einer etwaigen späteren Spezialisierung auf eine Naturwissenschaft (z.B. Pflanzen- oder Tierzüchtung), didaktisch aufzubereiten. Angesichts der Komplexität und des Umfangs der Materie sowie der Zielgruppe ist weder die Auswahl des »Allerwichtigsten« noch die didaktische Aufbereitung eine triviale Aufgabe. Den Autoren gelingt es jedoch, dieses Ziel durch didaktische Verkürzung und den Verzicht auf methodische Details zu erreichen.

Die Herangehensweise lässt sich im Vergleich zu den bekannten (und inzwischen bereits recht in die Tage gekommenen) Standardwerken als eindeutig innovativ bezeichnen. Im Vergleich zu den »Einführungsklassikern« wie Brandes/Woermann, Leiber oder Steinhauser/Langbehn/Peters sind insbesondere folgende Unterschiede zu nennen:

- Im Gegensatz zu den fließtextorientierten älteren Lehrbüchern ist die gelungene visuelle Gestaltung hervorzuheben. Auf dem breiten Rand gedruckte, farblich hervorgehobene Hauptstichworte heben die wichtigsten Inhalte heraus und ermöglichen einen schnellen Zugriff.
- Ebenfalls dezidiert am didaktischen Ziel und der Zielgruppe ausgerichtet sind die Wiederholungsfragen am Ende der einzelnen Kapitel. Dadurch können die Studierenden für sich selbst und untereinander überprüfen, ob sie die wichtigsten Theorien, Konzepte und Methoden verstanden haben.
- Darüber hinaus ermöglichen die unter <http://www.uni-hohenheim.de/i410a/grundwissen> abrufbaren Übungsaufgaben eine Wissensvertiefung sowie den Aufbau aktiver Problemlösungsfähigkeiten. Diese sind nicht direkt auf das Buch zugeschnitten und gehen teilweise über die dort angesprochenen Methoden hinaus.
- Die »etwas andere« Struktur der inhaltlichen Kapitel hebt sich bereits durch ihre Benennung von Standardgliederungen ab. Statt einer Gliederung nach der grundsätzlichen Logik »Produktionstheorie und -faktoren / betriebliche Informations- und Rechnungssysteme / betriebliche Planungsanlässe und -verfahren« findet man die folgenden Überschriften: Kapitel 2 »Entscheiden und Planen: Prinzipien«, Kapitel 3 »Voraussetzungen: Ressourcen, Institutionen und Informationen«, Kapitel 4 »Werkzeuge« sowie Kapitel 5 »Betriebliche Planung und strategische Entscheidungen«.