

# Der Markt für Bioenergie

Christian Schaper und Ludwig Theuvsen  
Georg-August-Universität Göttingen

## 1. Bioenergie zwischen weiterem Ausbau und kritischer Neubewertung

Das vergangene Jahr verlief aus Sicht der Märkte für Bioenergie widersprüchlich. Auf der einen Seite setzte sich der Ausbau der Bioenergieerzeugung weiter fort, auf der anderen Seite wurde sie in ungewohnt heftiger Form kritisch diskutiert, weil erstmals die Folgen des stark beschleunigten Ausbaus der Bioenergien sowie die Schwachpunkte des in Deutschland eingeschlagenen Weges sichtbar wurden.

Die Landwirtschaft wird im Zusammenhang mit dem Klimawandel zunehmend in ihrer Verursacherrolle gesehen. Der IPCC (2007) beziffert den Anteil der Landwirtschaft an den globalen Emissionen klimarelevanter Gase im Jahr 2004 auf immerhin 13,5 %; andere Studien veranschlagen ihn sogar noch höher (BELLARBY et al., 2008). Nicht alle in diesem Zusammenhang diskutierten Aspekte sind aus Sicht der Bioenergieerzeugung von Bedeutung, etwa die Methanemissionen aus der Tierhaltung und dem Reisanbau. Andere Emissionen, z.B. die Lachgasemissionen infolge der mikrobiellen Umsetzung von Stickstoffverbindungen im Boden, Emissionen bei der Herstellung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln sowie der Treibstoffbedarf für Transporte und landwirtschaftliche Fahrzeuge verschlechtern dagegen auch die Klimabilanz der Bioenergien (HIRSCHFELD et al., 2008; VON WITZKE, 2008).

Diese Aspekte sind in hohem Maße relevant für die Abschätzung des Beitrags von Bioenergien zum Klimaschutz. Den in Deutschland dominierenden Bioenergielinien Biogas auf Maisbasis und Biokraftstoffe wird unter diesem Gesichtspunkt kein gutes Zeugnis ausgestellt. Ursächlich für dieses Urteil sind insbesondere die geringe Flächenproduktivität, die zusammen mit den Lachgasemissionen des Energiepflanzenanbaus sowie dem großen Energiebedarf der Biokraftstoffproduktion zu einem Vermeidungspotential von allenfalls 3 t CO<sub>2aq</sub>/ha führt. Im Verein mit den hohen Kosten der Biokraftstoffproduktion aus heimischen Rohstoffen führt dies zu sehr hohen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von 150 bis über 300 €/t CO<sub>2aq</sub>, so dass die Effektivität und Effizienz des deutschen Bioenergieweges in Frage gestellt werden (WBA, 2007, 2008).

Daneben werden auch ethische Fragen aufgeworfen, die an der Konkurrenz zwischen Bioenergie- und Nahrungsmittelproduktion und den sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Lebensmittelpreise anknüpfen. Zwar wird immer wieder auf den weltweit geringen Anteil der Flächen und Agrarprodukte, die für die Bioenergieproduktion genutzt werden, verwiesen (o.V., 2008a), bei genauerer Betrachtung wird allerdings deutlich, dass von dem für die Preisentwicklung besonders bedeutsamen Verbrauchszuwachs erheblich größere Anteile auf die gestiegene Nachfrage nach erneuerbaren Ressourcen entfallen. Von 2006/07 auf 2007/08 bspw. stieg der weltweite Getreidebedarf um 57 Mio. Tonnen; davon entfielen immerhin 23 Mio. Tonnen auf die Ethanolproduktion. Die für die zwischenzeitliche

Preishausse auf dem Getreidemarkt verantwortlich gemachte Verknappung der weltweiten Getreidevorräte wiederum wäre ohne den hohen Bedarf der US-amerikanischen Bioethanolproduktion, in die inzwischen etwa 25 bis 30 % der US-Getreideproduktion fließen, deutlich moderater ausgefallen. Auch in Relation zu den US-amerikanischen Maisexporten, die 2008/09 voraussichtlich etwa 50 Mio. Tonnen betragen werden, ist der Maisbedarf für die US-Ethanolproduktion im Umfang von etwa 102 Mio. Tonnen sehr beachtlich (CHILLA, 2008). Es wird daher allgemein angenommen, dass die Bioenergieproduktion nicht ohne Folgen für die Preise für Agrarprodukte bleiben kann (WBA, 2008); die Weltbank meint sogar, dass 70 bis 75 % des zwischen 2002 und 2008 zu beobachtenden Anstiegs der Nahrungsmittelpreise der Bioenergieproduktion anzulasten seien (MITCHELL, 2008). In der Folge werden kurzfristig erhebliche negative Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit gesehen (FAO, 2008). Aus diesem Grund, aber auch aufgrund der mangelnden Effektivität und Effizienz der Bioenergiepolitik sowie den z.T. problematischen Umweltwirkungen (EEA, 2006) wird daher verstärkt für eine kritische Überprüfung der Subventionierung der Bioenergieerzeugung plädiert (SIEBERT, 2008). Weitere diskussionswürdige Aspekte der Bioenergieproduktion wie ihre Auswirkungen auf Fruchtfolgen (USDA, 2007) und die Wettbewerbsfähigkeit speziell der Tierproduktion (BRAUN und LORLEBERG, 2007; WBA, 2008) sind in der Öffentlichkeit demgegenüber nur wenig wahrgenommen worden.

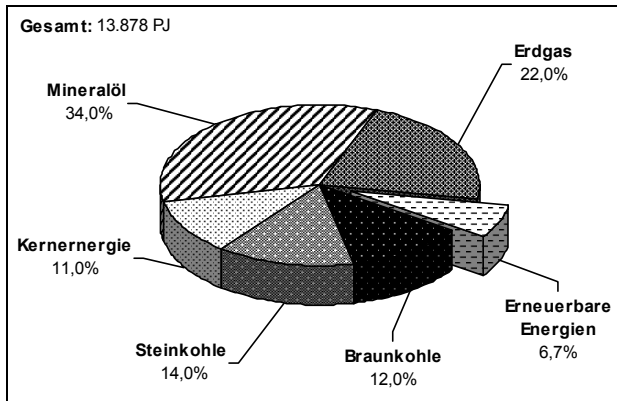
Die breite öffentliche Diskussion über die Chancen und Risiken der Bioenergieproduktion ist von der Politik zum Anlass für einige Neujustierungen genommen worden. Auf nationaler Ebene lassen sich u.a. die Einführung eines Güllebonus und die weitere Erhöhung des Landschaftspflegebonus im novellierten EEG (Erneuerbare-Energien-Gesetz) sowie das Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen, das das Bundeskabinett am 22.10.2008 beschlossen hat, als entsprechende Reaktionen deuten. Die EU wiederum hält zwar grundsätzlich an ihren Zielen im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien fest, versucht aber u.a. mit Hilfe der Festlegung von Nachhaltigkeitskriterien sowie der Aufnahme einer allgemeinen Revisionsklausel für das Jahr 2014 der Kritik an ihrem Kurs zu begegnen (o.V., 2008b; BMU, 2008).

## 2. Erneuerbare Energien: nationale und internationale Entwicklungen

Die Erzeugung erneuerbarer Energien hat sich in den letzten Jahren dank intensiver Förderung und steigender Energiepreise zu einer Stütze der Energiebereitstellung entwickelt, und der Sektor zählt zu den Wachstumsbranchen in Deutschland (SCHAPER, BEITZEN-HEINEKE und THEUVSEN, 2008). Dies wird durch den Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch, der sich von 3,1 % in 1998 auf 8,6 % in 2007 knapp verdreifacht hat, verdeut-

licht. Der Anteil am Primärenergieverbrauch stieg um mehr als das Dreifache von 2,1 % (1998) auf 6,7 % (2007). Der weitaus größte Teil des Primärenergieverbrauchs wird aber weiterhin durch die Nutzung konventioneller Energien, d.h. fossil-biogener (Kohle, Öl, Gas) sowie fossil-mineralischer (Uran) Brennstoffe, gedeckt (Abbildung 1; BMU 2008a).

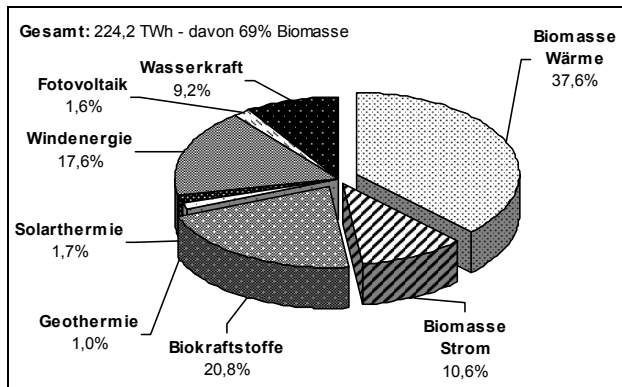
**Abbildung 1. Primärenergieverbrauch in Deutschland 2007\***



\*Angaben Stand 06/2008; Angaben gerundet  
Quelle: BMU (2008a): 11

Im Jahr 2007 wurden aus erneuerbaren Quellen insgesamt 224,2 TWh (2006: 203 TWh) Energie bereitgestellt. Energie aus Biomasse trug dazu 69 % (154,7 TWh) bei (BMU, 2008a; Abbildung 2); davon entfielen 37,6 % auf Biomassewärme, 10,6 % auf Biomassestrom und 20,8 % auf Biokraftstoffe. Insgesamt deckte die *Wärmebereitstellung* aus erneuerbaren Energien 2007 mit 90,2 TWh 6,6 % des gesamten Wärmeverbrauchs in Deutschland (2006: 5,8 %) ab; 93 % der bereitgestellten Wärme entfallen auf Biomasse (vorwiegend Holz), 4,1 % auf die Solarthermie und 2,6 % auf geothermische Quellen. Im Rahmen der *Stromerzeugung* stammen mittlerweile 87,5 TWh (2006: 74 TWh) bzw. 14,2 % des gesamten Bruttostromverbrauchs in Deutschland aus erneuerbaren Quellen; dabei dominieren Wind- (45,2 %) und Wasserkraft (23,7 %). Photovoltaik nimmt einen Anteil von 4 % ein. Biostrom wird aus biogenen flüssigen und festen Brennstoffen (11,5 % des Stroms aus erneuerbaren Quellen), Biogas (8,5 %) sowie Deponie- und Klärgas (2,4 %) gewonnen. Der Anteil biogenen Ab-

**Abbildung 2. Erneuerbare Energien in Deutschland 2007\***



\*Angaben Stand 06/2008; Angaben gerundet  
Quelle: BMU (2008a): 13

falls an der Stromerzeugung beläuft sich auf 4,9 %. Als *Biokraftstoffe* finden in Deutschland Biodiesel (73,9 %), Pflanzenöl (18,8 %) und Bioethanol (7,3 %) Verwendung; im Jahr 2007 machten sie rund 45,6 TWh bzw. 7,6 % (2006: 6,6 %) des gesamten Kraftstoffverbrauchs aus (BMU, 2008b).

Der Gesamtumsatz mit erneuerbaren Energien stieg von 2003 bis 2007 von 10 auf rund 25 Mrd. € an. Davon entfielen 10,23 Mrd. € auf Bioenergien, 7,27 Mrd. € auf Solarenergie, 5,7 Mrd. € auf Windkraft, 1,23 Mrd. € auf Wasserkraft und 600 Mio. € auf Geothermie (FNR, 2008a). Parallel zum Umsatz wuchs auch die Beschäftigung. Im Jahr 2007 konnten dem Sektor etwa 249 300 (2006: 235 600; 2004: 160 500) inländische Arbeitsplätze zugerechnet werden, von denen auf den Biomassebereich 96 000 Arbeitsplätze entfielen. Aufgrund der steigenden Exportanteile deutscher Unternehmen auf einem stark wachsenden Weltmarkt wird ein weiterer Beschäftigungsaufbau erwartet (BMU, 2008a).

Wichtige Wachstumsmärkte für erneuerbare Energien sind neben der EU China, Indien und die USA (BMW, 2008). Das Volumen des Weltmarkts hat sich in den letzten sieben Jahren von 30 auf jetzt 60 Mrd. € verdoppelt; für 2020 wird ein Volumen von mehr als 400 Mrd. € erwartet. Deutschland gehört in diesem Bereich zu den führenden Exportnationen; das Exportvolumen der Gesamtbranche belief sich 2007 auf rund 9 Mrd. €. Die größte Bedeutung hat zurzeit das Auslandsgeschäft für die Wasserkraft- und Windindustrie mit Exportquoten von 85 %, doch hat auch der Export von Solartechnik stark an Bedeutung gewonnen (Exportanteil 2007: 38 %; Exporterlös: 2 Mrd. €). Bis zum Jahr 2020 strebt die deutsche Erneuerbare-Energien-Branche eine durchschnittliche Exportquote von 80 % und ein Exportvolumen von 80 Mrd. € an ([www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)).

Trotz des Wachstums des Weltmarkts für erneuerbare Energien wird auch international der weitaus größte Teil des Energieverbrauchs nach wie vor über fossile Energieträger gedeckt. In der EU-25 entfielen 2005 etwa 6,5 % des Energieverbrauchs auf erneuerbare Energien. Dabei dominiert die Biomasse mit einem Anteil von 67,8 %; danach folgen Wasserkraft (21,4 %), Windenergie (5,4 %), Geothermie (4,7 %) und Solarenergie (0,7 %) (BMU, 2008b). Weltweit wurden im Jahr 2005 14 % des Primärenergieverbrauchs aus erneuerbaren Energien bereitgestellt (WBA, 2007). Davon entfallen allein 9,6 % auf die Nutzung fester Biomasse aufgrund der großen Bedeutung der nichtkommerziellen Brennstoffnutzung in Entwicklungsländern. Auf den nächsten Plätzen folgen Wasserkraft (2,2 %) und Geothermie (0,4 %) (BMU, 2008b).

Im Folgenden werden unter Orientierung an der Struktur der Wertschöpfungskette für Bioenergie (SCHAPER und THEUVSEN, 2008) die Bereitstellung von Biomasse (Abschnitt 3) und die Bioenergieproduktion (Abschnitt 4) näher beleuchtet.

### 3. Entwicklung der Biomasseerzeugung

Unter dem Begriff „nachwachsende Rohstoffe“ werden land- und forstwirtschaftlich erzeugte Produkte verstanden, die in der ersten Stufe der Wertschöpfungskette Bioenergie, der Biomasseproduktion, bereitgestellt und weder als Nahrungs- noch als Futtermittel genutzt werden (SCHAPER und

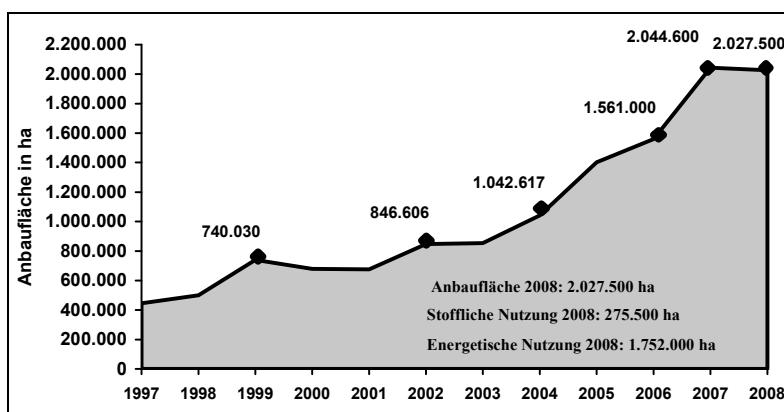
THEUVSEN, 2008). Verwendungszwecke nachwachsender Rohstoffe sind die industrielle Weiterverarbeitung (stoffliche Nutzung) sowie die Erzeugung von Wärme, Strom oder Treibstoffen (energetische Nutzung; BMELV, 2007). Mit einem steigenden Bedarf an Energie wird die Nutzung der (landwirtschaftlichen) Energiepflanzenpotenziale, aber auch der forstwirtschaftlichen Waldholzpotenziale weiter zunehmen (KALTSCHMITT, 2006). Darüber hinaus haben sich globale Biomassemärkte etabliert, die zukünftig in Abhängigkeit von der Entwicklung konkurrierender Märkte, namentlich des Nahrungs- und des Futtermittelsektors, weiter wachsen werden (KALTSCHMITT und LENZ, 2007).

### 3.1 Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion

Die Produktion nachwachsender Rohstoffe auf landwirtschaftlich genutzten Flächen hat sich in der deutschen Landwirtschaft auf hohem Niveau stabilisiert. Seit 1993 ist die Anbaufläche von ca. 291 000 ha auf über 2 Mio. ha in den Jahren 2007 und 2008 angestiegen (Abbildung 3). Damit werden inzwischen 17 % der gesamten Ackerfläche (11,8 Mio. ha) für den Anbau nachwachsender Rohstoffe genutzt. Während 1993 etwa 84 % der angebauten nachwachsenden Rohstoffe stofflich und 16 % energetisch genutzt wurden, entfielen im Jahr 2007 nur noch rund 13 % auf die stoffliche Nutzung (FNR, 2007). Die Biomasseproduktion zur Energiebereitstellung hat sich dementsprechend zu einem wichtigen wirtschaftlichen Standbein für die deutsche Landwirtschaft entwickelt (BAHRS, HELD und THIERING, 2007).

Von 2007 auf 2008 ist es zu einer Verringerung der Anbaufläche für nachwachsende Rohstoffe um 17 100 ha gekommen. Zurückzuführen ist dies auf die sprunghaft gestiegenen Preise von Agrarrohstoffen für den Nahrungsmittelsektor im Jahr 2007 sowie den Rückgang der inländischen Produktion von Biokraftstoffen (FNR, 2008b). Im Vergleich zum Vorjahr nahm vor diesem Hintergrund die Anbaufläche des Biodiesel-Rohstoffes Raps um 120 000 ha ab, während der Anbau von Energiepflanzen für die Biogasproduktion (vorwiegend Mais) 2008 nochmals um rund 100 000 ha ausgeweitet wurde (Tabelle 1). Der Flächenrückgang bei den Winterrapsanbauflächen zur Ernte 2008 war von vielen Marktbeobachtern noch wesentlich höher erwartet worden (UFOP, 2007). Mittelfristig gehen Experten aber von einer weiteren Ausdehnung des NaWaRo-Anbaus im Rahmen einer energetischen, aber auch einer stofflichen Verwertung aus (FNR, 2008b; BBE, 2008).

**Abbildung 3. Anbau nachwachsender Rohstoffe (1997 bis 2008)**



Quelle: FNR (2008b)

**Tabelle 1. Anbau von Energiepflanzen in Deutschland**

Energiepflanzen	Rohstoff	2006 (ha)	2007 (ha)	2008 (ha)*
	Raps für Biodiesel/Pflanzenöl		1.000.000	1.120.000
Zucker und Stärke für Bioethanol		295.000	250.000	250.000
Pflanzen für Biogas		-	400.000	500.000
Sonstiges		-	1.000	2.000
<b>Energiepflanzen insgesamt</b>		<b>1.295.000</b>	<b>1.771.000</b>	<b>1.752.000</b>
<b>Industriepflanzen insgesamt</b>		<b>270.000</b>	<b>273.600</b>	<b>275.500</b>
<b>NaWaRo insgesamt</b>		<b>1.565.000</b>	<b>2.044.600</b>	<b>2.027.500</b>

\*vorläufige Schätzung

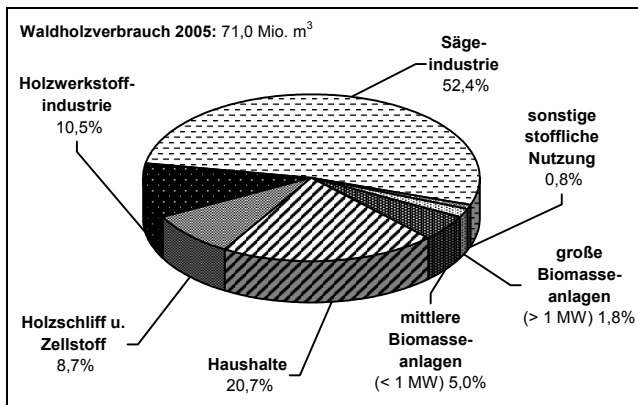
Quelle: FNR (2008a)

### 3.2 Biomasse aus forstwirtschaftlicher Produktion

Der deutsche Wald umfasst eine Fläche von 11 Mio. ha; seine Holzvorräte wurden 2003 im Rahmen der Bundeswaldinventur auf insgesamt 3,5 Mrd. m<sup>3</sup> (320 m<sup>3</sup>/ha) bei einem jährlichen Zuwachs von etwa 10 m<sup>3</sup>/ha geschätzt. Die walddreichsten Bundesländer sind Bayern, Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz (FNR, 2007). Nach Modellrechnungen der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft können – einschließlich Reisig und Astholz – dem deutschen Wald jährlich ohne Gefährdung der Nachhaltigkeit zwischen 120 und 150 Mio. Festmeter Biomasse entnommen werden. Das technische Rohholzpotenzial für die Strom-, Wärme- und Kraftstoffgewinnung auf Holzbasis beträgt knapp 25 Mio. Tonnen Trockenmasse pro Jahr, von denen 7,5 Mio. Tonnen aus Einschlag (genutztes Brennholz, Waldrestholz, Nichtderbholz) und 17,4 Mio. Tonnen aus dem bisher ungenutzten Zuwachs stammen (HOFMANN et al., 2006). Zur Produktion von Waldhackschnitzeln für die Stromerzeugung werden derzeit nur rund 0,2 % des gesamten Holzeinschlages in Deutschland verwendet.

Im Jahr 2005 lag die Inlandsverfügbarkeit von Waldrohholz bei etwa 70,5 Mio. Festmeter (Abbildung 4). Sie ergeben sich aus 74 Mio. Festmeter einheimischem Aufkommen, 2,8 Mio. Festmeter Importen und 6,1 Mio. Festmeter Exporten. Von der verfügbaren Menge wurden 23 % (16,4 Mio. Festmeter) energetisch, der Rest stofflich genutzt (MANTAU, 2006). Werden auch die Alt- und Industrielöcher berücksichtigt, so lag die Verfügbarkeit 2004 bei 91,5 und 2005 bei 105,8 Mio. Festmeter, die zu 30 % (2004) bzw. 38 % (2005) energetisch genutzt wurden (FNR, 2007; BRINGEZU et al., 2008).

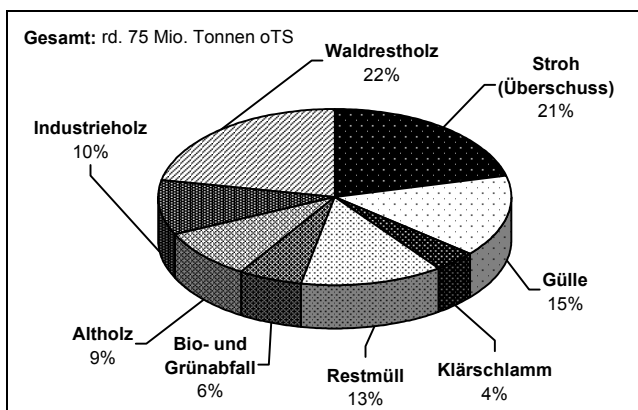
Aktuell entwickelt sich der Rohholzbedarf sehr dynamisch. Dies ist in erster Linie auf neue Investitionen in der Holzwirtschaft sowie die steigende Nachfrage nach Energieholz aufgrund des Anstiegs der Preise für fossile Brennstoffe zurückzuführen (OCHS, DUSCHL und SEINTSCH, 2007). Experten rechnen zukünftig mit einer Ausweitung der Nutzung holzartiger Biomasse (KALTSCHMITT, 2006).

**Abbildung 4. Waldholzverbrauch in Deutschland 2005**

Quelle: MANTAU (2007): 4

### 3.3 Biomasse aus biogenen Reststoffen und Abfällen

Biogene Reststoffe und Abfälle, wie z.B. Gülle, Getreidestroh, Wald- und Industrierestholz, Altholz, Küchenabfälle, Bioabfall aus der Biotonne, Klärschlamm und Restmüll (Hausmüll), machen einen erheblichen Teil des gesamten deutschen Abfallaufkommens aus (Abbildung 5). Etwa 70 bis 75 Mio. Tonnen organische Trockensubstanz (oTS) aus biogenen Reststoffen und Abfällen stehen jährlich in Deutschland zur energetischen Nutzung zur Verfügung. Diese Menge entspricht rund 9 % des deutschen Primärenergiebedarfs (RAUSSEN und KERN, 2006; LEIBLE et al., 2007).

**Abbildung 5. Biogene Reststoffe und Abfälle zur energetischen Nutzung (2002)**

Quelle: LEIBLE et al. (2007): 17

Unter Berücksichtigung weiterer biogener Rest- und Abfallstoffe, z.B. Pflegegut von Landschaftspflegeflächen, Festmist aus der Landwirtschaft sowie biogenen Rest- und Abfallstoffen aus dem produzierenden Gewerbe, fallen nochmals etwa 5 bis 15 Mio. Tonnen oTS an, so dass das Gesamtaufkommen 80 bis 90 Mio. Tonnen oTS oder 11 % des deutschen Primärenergiebedarfs beträgt (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), werden erhebliche ungenutzte Potenziale speziell in den Bereichen der Verbrennung von Biomasse (Stroh, Restholz) und gering belasteten Abfällen (z.B. Althölzer, Alt-

papier) sowie der Biogasgewinnung in Gülle-Biogasanlagen und Kofermentationsanlagen gesehen (KNAPPE et al., 2007).

## 4. Bioenergieerzeugung

### 4.1 Entwicklung der Biogasproduktion

Die Energiebereitstellung über die Vergärung von Biomasse zu Biogas und dessen Verbrennung zur Stromerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung wurde in Deutschland in den vergangenen Jahren stark ausgebaut und hat sich zu einer eigenständigen Teilbranche innerhalb des Bioenergiesektors entwickelt (DA COSTA GOMEZ, 2007). Dabei haben sich in Deutschland das EEG und die damit geschaffenen Rahmenbedingungen als wirksamer Wachstumsmotor erwiesen (SCHAPER und THEUVSEN, 2008). Deutschland hat damit im internationalen Vergleich einen Sonderweg beschritten und ist daher weltweit führend in der Biogaserzeugung. Vor dem Hintergrund der in der Vergangenheit stark gestiegenen und auch weiter steigenden Anlagenzahl – bis zum Jahr 2020 werden nach Schätzungen in Deutschland mehr als 3 000 MW Leistung installiert sein – hat auch das Interesse von Energieversorgern und Energiedienstleistern an Biogasprojekten zugenommen (SCHAPER, BEITZEN-HEINEKE und THEUVSEN, 2008). Dabei spielt die Möglichkeit der Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität eine wichtige Rolle. Sie erlaubt die Einspeisung des Biogases in das Erdgasnetz und damit den Einsatz in großen Kraftwerken oder im Verkehrssektor (KLINSKI, 2006). Verstärkt wird daher die Frage gestellt, inwieweit Biogas zukünftig in industriellem Maßstab produziert wird (MÖBIUS, 2008) und große Energiekonzerne die Landwirte aus der Biogasproduktion verdrängen (NEUMANN und ROLINK, 2008), obwohl durch die jüngste Novellierung des EEG auch kleine Anlagen wirtschaftlich wieder interessanter geworden sind (EHRMANN, 2008).

#### 4.1.1 Biogaserzeugung in Deutschland

Die Erzeugung von Biogas aus Biomasse ist einer der am schnellsten wachsenden Märkte im Bereich der erneuerbaren Energien. Im Jahr 2007 betrug die Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien insgesamt 87,5 TWh und machte 14,2 % des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland aus. Rund 7,5 TWh (8,5 %; 2006: 7,5 %) stammten dabei aus der Biogasproduktion (BMU, 2008c).

Die theoretisch verfügbare Gasmenge aus Bio-, Klär- und Deponiegas lag im Jahr 2007 in Deutschland bei ca. 23 bis 24 Mrd. m<sup>3</sup>; dies entspricht einem Energiepotenzial von etwa 417 PJ/a. Davon entfallen 236 PJ/a auf den Anbau von Energiepflanzen, 96,5 PJ/a auf tierische Exkremente und Einstreu, 13,7 PJ/a auf Ernterückstände und 9,3 PJ/a auf organische Abfälle aus Industrie und Gewerbe (FNR, 2008a). Trotz der rasanten Entwicklung der Biogaserzeugung werden zzt. erst 5 % des Substratpotentials in Deutschland genutzt (WEILAND, 2007).

Mit dem Inkrafttreten des novellierten EEG im August 2004 kam es aufgrund des NaWaRo-Bonus zu einer Verschiebung des Substrateinsatzes in den Biogasanlagen. Zuvor dominierten betriebseigene Reststoffe und Abfälle aus der Lebensmittelindustrie die Substratzusammensetzung, während seit 2004 nachwachsende Rohstoffe und Gülle überwiegen. Augenblicklich setzen rund 90 % der Anlagen



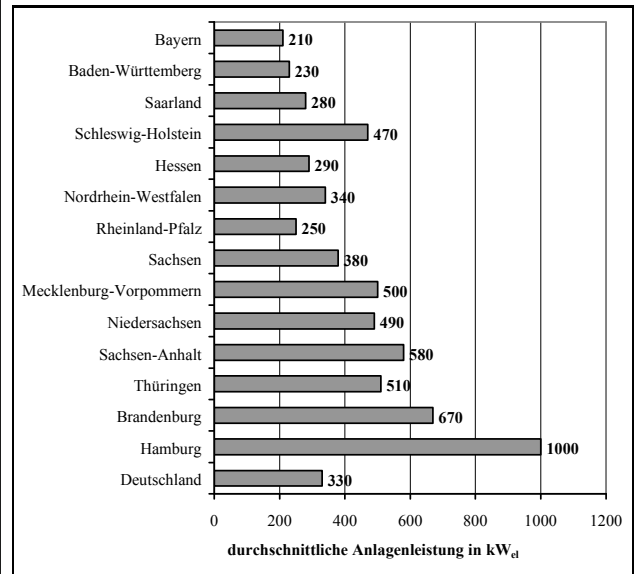
Silomais ein (WEILAND, 2007). Im Jahr 2008 wurden Biogasanlagen im Durchschnitt mit 47 % nachwachsenden Rohstoffen, 41 % Exkrementen, 10 % Bioabfällen und 2 % industriellen und landwirtschaftlichen Reststoffen betrieben (DANIEL und VOGT, 2008). Mit der jüngsten Novellierung des EEG, der Gasnetzzugangsverordnung und der Einführung des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) hat die Bundesregierung auf die veränderte Situation reagiert und z.B. die Verwertung von Reststoffen wieder stärker in den Mittelpunkt gerückt (<http://www.eeg-aktuell.de>).

Die Zahl der Biogasanlagen und die installierte elektrische Leistung sind seit 1992 kontinuierlich angestiegen; vor allem von 2004 bis 2007 verlief die Entwicklung sprunghaft. 2008 ist die Wachstumskurve mit 289 neuen Anlagen und einer zusätzlich installierten elektrischen Leistung von 130 MW<sub>el</sub> merklich abgeflacht (Abbildung 6). Diese Entwicklung ist in erster Linie auf die gestiegenen Kosten für nachwachsende Rohstoffe im Jahr 2007 zurückzuführen, die die Rentabilität bestehender Anlagen in Frage stellten und zur Zurückstellung vieler Projekte für neue Biogasanlagen führten (DA COSTA GOMEZ, 2007; ECOPROG, 2008).

Von 1999 bis 2008 hat sich die Zahl der Biogasanlagen von 850 auf 4 000 mehr als vervierfacht; im selben Zeitraum stieg die installierte elektrische Leistung sogar um mehr als das 28fache von 50 auf 1 400 MW<sub>el</sub>. Vor allem seit 2005 sind überwiegend größere Biogasanlagen gebaut und Erweiterungen bestehender Anlagen vorgenommen worden (SCHAPER, BEITZEN-HEINEKE und THEUVSEN, 2008). So zeigt z.B. die Energiewirtschaft großes Interesse an Anlagen in Leistungsbereichen zwischen 1 und 4 MW<sub>el</sub> zur Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz (BMU, 2008c). Im Zuge dieser Entwicklung ist die durchschnittliche Anlagenleistung von 240 kW (2005) auf 330 kW (2008) angestiegen. Bei der Betrachtung der durchschnittlichen elektrischen Leistung je Anlage zeigen sich zwischen den Bundesländern erhebliche Unterschiede, die Ausdruck der sehr verschiedenartigen Agrarstrukturen sind (Abbildung 7).

Wie schon in der Vergangenheit wurden auch im Jahr 2008 die meisten – ca. 1 450 Stück – Biogasanlagen in Bayern betrieben. Obwohl weiterhin ähnlich wie in Baden-Württemberg eher kleinere Anlagen betrieben werden, hat sich innerhalb der letzten Jahre durch Anlagenerweiterung und Zubau größerer Anlagen die durchschnittlich installierte Anlagenleistung deutlich erhöht. Sie liegt mittlerweile in

Abbildung 7. Durchschnittliche Anlagenleistung im Jahr 2008



Quelle: BMU (2008c): 36

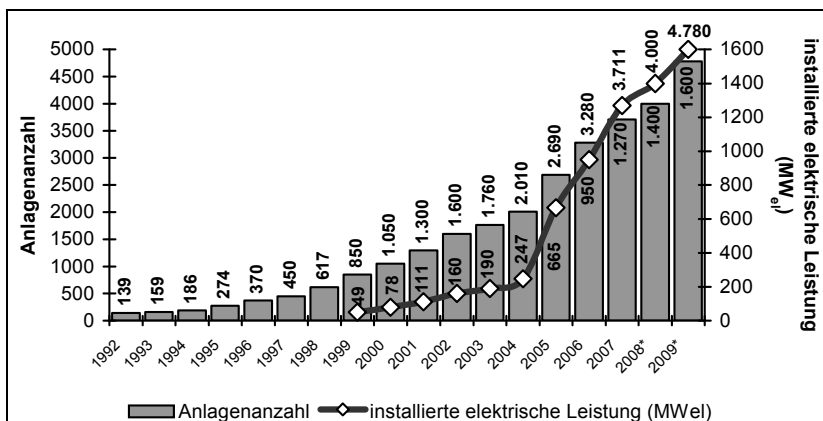
Bayern bei 210 und in Baden-Württemberg bei 230 kW<sub>el</sub> (Abbildung 7). Größere Anlagen mit durchschnittlich installierten Leistungen zwischen 500 und 670 kW<sub>el</sub> befinden sich vor allem in den neuen Bundesländern, doch auch Niedersachsen (490 kW<sub>el</sub>) und Schleswig-Holstein (470 kW<sub>el</sub>) weisen hohe Durchschnittsleistungen auf. An der gesamten in Deutschland installierten elektrischen Leistung besitzen Bayern und Niedersachsen mit je 25 % die größten Anteile (DANIEL und VOIGT, 2008). Im Vergleich zum Vorjahr hat vor allem in Schleswig-Holstein und Sachsen-Anhalt ein überdurchschnittlich starker Ausbau der Biogaserzeugung stattgefunden.

Die weitere Entwicklung wird vermutlich dahin gehen, dass einerseits weiterhin große Anlagen realisiert werden, teils durch flächenstarke landwirtschaftliche Betriebe, teils durch Energieversorger und andere außerlandwirtschaftliche Investoren. Auch Biogasanlagenparks, die eine Vielzahl mittelgroßer Biogasanlagen im Bereich bis 500 kW<sub>el</sub> umfassen, werden in Einzelfällen realisiert werden. Andererseits werden mit dem Inkrafttreten des novellierten EEG im Januar 2009 auch kleinere, auf Gülle basierte Anlagen (bis 200 kW<sub>el</sub>) auf landwirtschaftlichen Betrieben wieder zunehmend an Bedeutung gewinnen (STORM, 2008). Darüber hinaus könnte die Biogaserzeugung in Deutschland zukünftig dadurch bestimmt sein, dass weitere Nutzungsrichtungen in Konkurrenz zur Verstromung treten (HOFMANN et al., 2006).

#### 4.1.2 Biogaserzeugung in der EU

Die Primärenergieproduktion aus Deponie-, Klär- und Biogas spielt in einer Reihe europäischer Länder eine bedeutsame Rolle. Sie stieg von 4,9 Mio. Tonnen Erdöläquivalent (ktoe) in 2006 auf rund 5,9 Mio. t koe in 2007 (EUROBSERVER, 2007a; 2008; Tabelle 2). Der starke Fokus auf Biogas ist nur für Deutschland kenn-

Abbildung 6. Entwicklung des Biogasanlagenbestandes in Deutschland



Quelle: FNR (2008c): 3

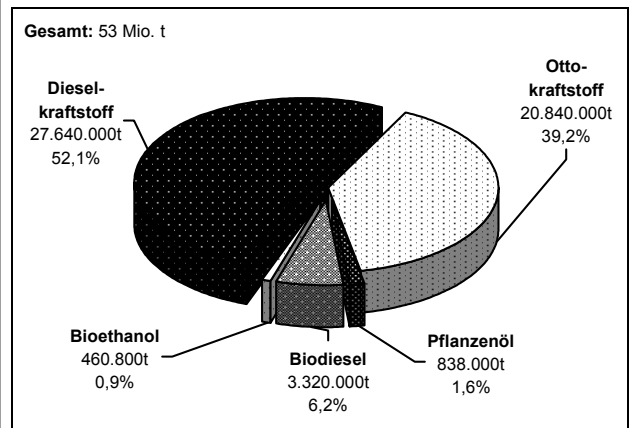
zeichnend, auch wenn etwa Frankreich und die Niederlande der Biogasproduktion allmählich einen höheren Stellenwert beimessen (BROCKMANN-KÖNEMANN, 2008; O.V., 2008c).

Insgesamt weist die Biogasproduktion und Nutzung in der EU – getrieben allerdings noch im Wesentlichen durch den Ausbau in Deutschland – eine deutlich steigende Tendenz auf. Im Vergleich zum Vorjahr wuchs die Biogasproduktion um fast 800 000 ktoe, die Produktion von Deponie-, Klär- und Biogas insgesamt sogar um fast 1 Mio. ktoe. Deponiegas liegt dank geringer Produktionskosten trotz hoher Wachstumsraten des landwirtschaftlich erzeugten Biogases mit einem Anteil von 49,2 % weiterhin deutlich vor Biogas mit 35,7 % und Klärgas mit 15,0 % (Tabelle 2; EUROSERVER, 2008).

Dem Biogassektor werden zukünftig aber die größten Wachstumspotenziale innerhalb der EU zugestanden, da seine Produktion im Gegensatz zu Deponie- und Klärgas nicht durch die Verfügbarkeit von Abfällen begrenzt wird. Hinzu kommt, dass in einigen EU-Mitgliedsstaaten die Erzeugung von „grünem Strom“ aus Biogas durch gesetzlich geregelte Einspeisevergütungen unterstützt wird bzw. Biogaspläne verabschiedet wurden (WITT und KALTSCHMITT, 2007; O.V., 2008c). Der begrenzende Faktor der Weiterentwicklung des Biogassektors werden aber neben der Flächenverfügbarkeit vor allem die Preise für nachwachsende Rohstoffe sein (EUROSERVER, 2008).

in 2007. Unter den Biokraftstoffen hat sich in Deutschland in erster Linie Biodiesel etabliert, der einerseits als Reinkraftstoff und andererseits als Beimischung zu normalem Diesel genutzt wird (Abbildung 9). Pflanzenöl findet als Reinkraftstoff und Bioethanol in Form von EtBE über die Beimischung zum Ottokraftstoff Verwendung (FNR, 2008d). Zurückzuführen ist das Marktwachstum auf die Inbetrieb-

**Abbildung 8. Primärkraftstoffverbrauch in Deutschland (2007)**



Quelle: FNR (2008d): 2; Angaben gerundet

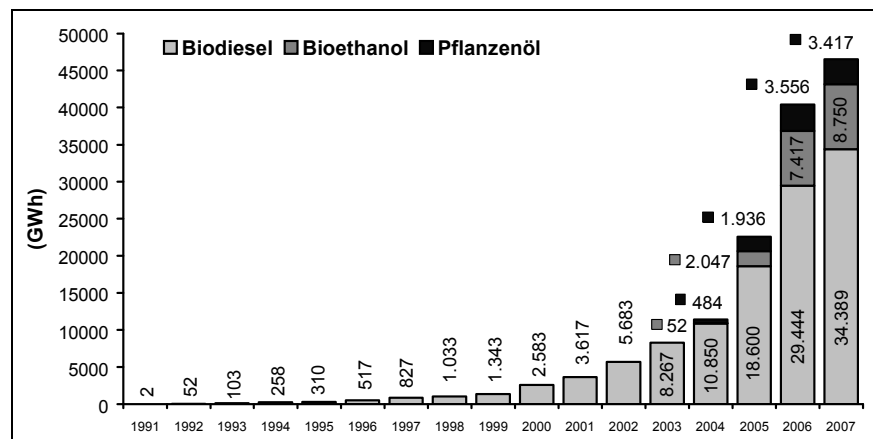
## 4.2 Entwicklung der Biokraftstoffproduktion

### 4.2.1 Der Einsatz von Biokraftstoffen

Im Jahr 2007 wurden in Deutschland etwa 53,1 Mio. Tonnen Kraftstoffe verbraucht; dies waren zu 52,1 % Diesel- und zu 39,2 % Ottokraftstoffe. Der Anteil biogener Kraftstoffe stieg auf 8,7 % bzw. 4,61 Mio. Tonnen (2006: 6,3 %) an (Abbildung 8; BMU, 2008a).

Der Biokraftstoffsektor zeigte in Deutschland in den letzten Jahren eine sehr dynamische Entwicklung; der Absatz stieg von 1,1 Mio. Tonnen im Jahr 2004 auf rund 4,6 Mio. Tonnen

**Abbildung 9. Entwicklung biogener Kraftstoffe in Deutschland (1991 bis 2007)**



Quelle: BMU (2008a): 25

**Tabelle 2. Primärenergieproduktion aus Deponie-, Klär- und Biogas in ausgewählten EU-Ländern (in ktoe) 2007\***

Land	2006				2007*			
	Deponiegas	Klärgas	Biogas <sup>1</sup>	Gesamt	Deponiegas	Klärgas	Biogas <sup>1</sup>	Gesamt
Deutschland	383,2	270,2	1 011,7	1 665,3	416,4	270,2	1 696,5	2 383,1
UK	1 318,5	180,0	-	1 498,5	1 433,1	191,1	-	1 624,2
Italien	337,4	1,0	44,8	383,2	357,7	1,0	47,5	406,2
Spanien	251,3	48,6	19,8	319,7	259,6	49,1	21,3	329,9
Frankreich	150,5	144,0	3,6	309,2	161,3	144,2	3,7	309,2
Niederlande	46,0	48,0	47,1	289,1	43,2	48,0	82,2	174,0
Österreich	11,2	3,5	103,4	118,1	10,7	2,0	126,4	139,1
Dänemark	14,3	21,0	57,6	92,9	14,3	21,0	62,6	97,9
Belgien	51,0	17,6	9,1	77,6	58,1	18,0	12,5	78,6
Tschechien	24,5	31,1	7,8	63,4	29,4	32,1	17,0	78,5
<b>Σ EU-25</b>	<b>2 007,3</b>	<b>867,8</b>	<b>1 330,8</b>	<b>4 898,9</b>	<b>2 905,2</b>	<b>887,2</b>	<b>2 108,0</b>	<b>5 901,2</b>

<sup>1</sup>Biogas aus dezentralen landwirtschaftlichen Anlagen, zentralen Kofermentationsanlagen und kommunalen Reststoffanlagen; \*vorläufige Schätzung

Quelle: EUROSERVER (2008): 2

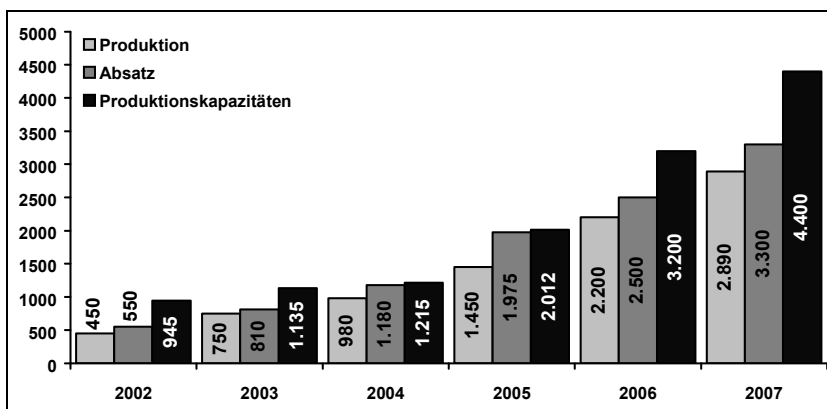
nahme neuer Kapazitäten und das in 2007 gestiegene Preisniveau für Diesel- und Ottokraftstoffe, während das zwischenzeitlich stark gestiegene Agrarpreisniveau limitierend wirkte (BMU, 2008b).

Auch in der EU hat sich die Produktion von Biokraftstoffen deutlich erhöht. Sie stieg von 2,4 Mio. Tonnen im Jahr 2004 (1,9 Mio. Tonnen Biodiesel, 0,5 Mio. Tonnen Bioethanol) auf 6,2 Mio. Tonnen im Jahr 2006 (4,9 Mio. Tonnen Biodiesel, 1,3 Mio. Tonnen Bioethanol) an (MÜLLER-LANGER, SCHREIBER und MAJER, 2008). Die führenden Bioethanolhersteller in der EU sind Frankreich, Deutschland, Spanien, Polen und Italien. In der Produktion und im Verbrauch von Biodiesel ist die EU weltweit führend. Hier ist Deutschland der Hauptproduzent, gefolgt von Frankreich, Italien, Österreich, Portugal und Spanien (EUROSERVER, 2007b; www.biofuels-platform.ch). Weltweit deckten im Jahr 2006 Biokraftstoffe 1,6 % des Treibstoffbedarfs; zu 89 % handelte es sich um Ethanol und zu knapp 11 % um Biodiesel (MÜLLER-LANGER, SCHREIBER und MAJER, 2008).

#### 4.2.2 Pflanzenöl- und Biodieselproduktion

Deutschland nimmt eine weltweit führende Position in der Biodieselproduktion ein. Unter Berücksichtigung der im Bau befindlichen Biodieselanlagen wurde im Jahr 2007 eine Gesamtproduktionskapazität von 4,4 Mio. Tonnen erreicht (FNR, 2008d; Abbildung 10).

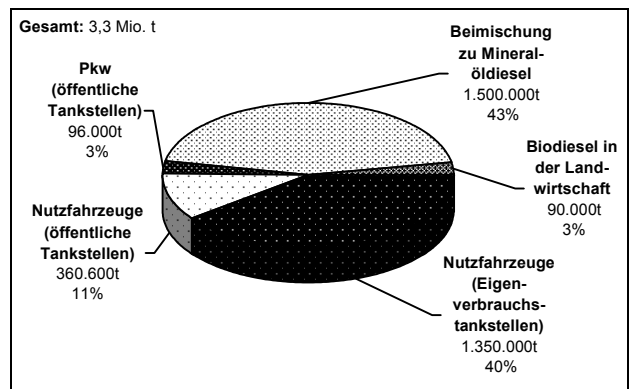
**Abbildung 10. Biodieselproduktion und -absatz in Deutschland (in 1 000 t)**



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

Der Gesamtabsatz von Biodiesel lag 2007 bei rund 3,3, im Vorjahr bei 2,5 Mio. Tonnen. Rund 90 000 Tonnen wurden in der Land- und Forstwirtschaft verbraucht, über öffentliche und Eigenverbrauchstankstellen wurden rund 1,8 Mio. Tonnen überwiegend für die Verwendung in Nutzfahrzeugen abgesetzt. Über die Zumischung können Mineraldiesel aktuell fünf Volumenprozent (1,5 Millionen Tonnen) Biodiesel beigemischt werden (Abbildung 11). Diese Grenze wurde bereits erreicht; eine Erhöhung der Zumischung auf sieben Volumenprozent ist in Aussicht gestellt (UFOP, 2008). Damit wären ca. zwei Mio. Tonnen Biodiesel im Zumischungsmarkt absetzbar. Weiterhin wird in 2010 die Beimischung von Pflanzenölen (3 %) während der Diesel-

**Abbildung 11. Biodieselabsatz in Deutschland (2007)**



Quelle: <http://www.agqm-biodiesel.de>; Angaben gerundet

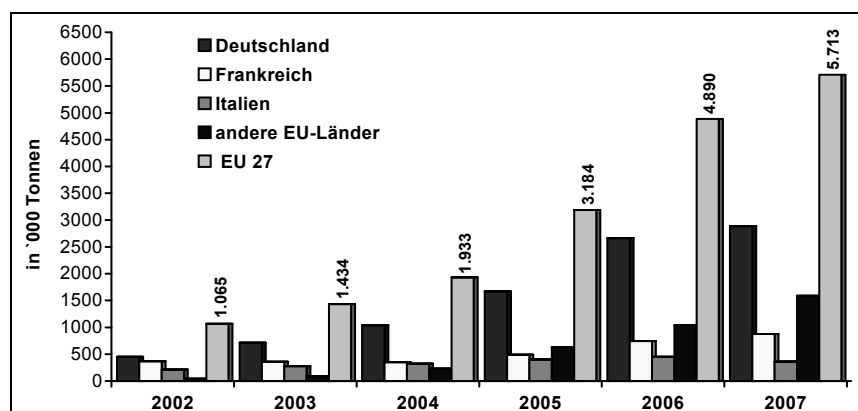
herstellung in der Raffinerie erlaubt. Durch die Festlegung eines in der EU verbindlich vorgegebenen Mindestanteils von 10 % an Biokraftstoffen im Kraftstoffmarkt bis zum Jahr 2020 kommt ihnen in Europa auf längere Sicht eine hohe Bedeutung zu (BMU, 2007a)

In der EU waren und sind es im Wesentlichen Frankreich und Deutschland sowie – mit einigem Abstand – Italien, die die Biodieselerzeugung als Absatzalternative für die europäische Landwirtschaft förderten (Abbildung 12). Betrug die Biodieselproduktion in der EU Ende der 1990er Jahre

gerade einmal rd. 500 000 Jahrestonnen, so ist sie bis 2007 auf 5,7 Mio. Tonnen pro Jahr ausgebaut worden. Deutschland vereinte in diesem Jahr mit einer Gesamtproduktion von etwa 2,9 Mio. Tonnen rund 51 % der EU-Produktion auf sich. Deutschland, Frankreich (872 000 Tonnen) und Italien (363 000 Tonnen) standen im Jahr 2007 zusammen für fast 72 % der Biodieselproduktion in der EU (EUROSERVER, 2007b).

Außerhalb der EU spielte die Produktion von Biodiesel aus verschiedenen Gründen lange Zeit fast keine Rolle (WEHLAND, 2006). Zuletzt haben aber vor allem die USA, Brasilien und Argentinien ihre Erzeugung zügig ausgebaut und zu einem Anstieg der weltweiten Erzeugung von 4 Mio. Tonnen im Jahr 2005 auf 11,3 Mio. Tonnen im Jahr

**Abbildung 12. Biodieselproduktion in der EU (2002 bis 2007)**



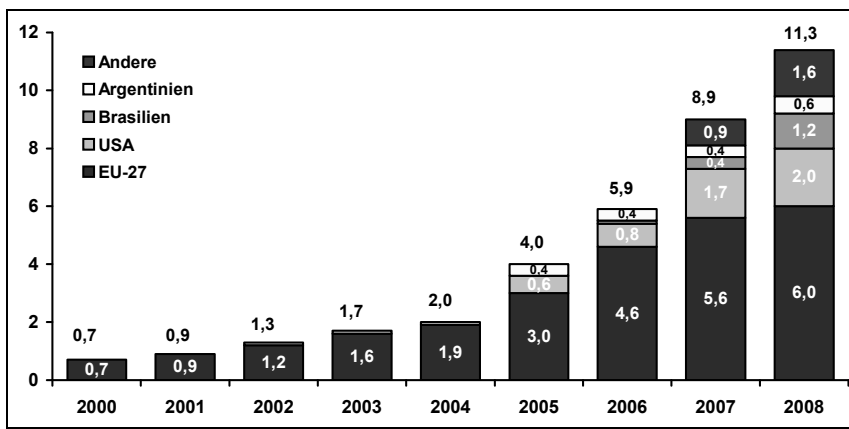
Quelle: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>

2008 beigetragen (CHILLA, 2008; Abbildung 13). Trotzdem vereinte die EU im vergangenen Jahr noch mehr als die Hälfte der Weltproduktion auf sich. In Nicht-EU-Staaten werden vorwiegend Sojaöle (so z.B. in den USA; USDA, 2007) und Palmöle zu Biodiesel verarbeitet (SCHMITZ, 2007).

und werden 2008/09 voraussichtlich über 100 Mio. Tonnen erreichen. Die zuletzt genannte Menge übersteigt den US-amerikanischen Maisexport um mehr als das Doppelte und trägt wesentlich zum starken Abschmelzen der Lagerbestände bei Getreide bei (CHILLA, 2008). In Brasilien wird Bioethanol ausschließlich unter Verwendung von Zuckerrohr erzeugt. 2005 produzierte das Land ca. 407 Mio. Tonnen Zuckerrohr, die zu etwa 52 % für die Produktion von rund 16 Mrd. Litern Bioethanol Verwendung fanden. Aufgrund des auch in Brasilien weiterhin zu beobachtenden Ausbaus der Produktionskapazitäten für Bioethanol wird mit einer Ausdehnung des Zuckerrohranbaus gerechnet. Je nach Quelle werden für das Jahr 2013 Werte zwischen etwa 560 und 670 Mio. Tonnen genannt (HENNIGES, 2007).

In der EU ist auf deutlich niedrigerem Niveau ebenfalls ein stetiges Wachstum der Bioethanolproduktion zu Kraftstoffanwendungen zu beobachten; die Erzeugungsmenge wuchs von 2,5 Mio. m<sup>3</sup> (2004) auf 4,5 Mio. m<sup>3</sup> im Jahr 2008 an (Abbildung 14). Die Bioethanolproduktion reicht hier bis in das Jahr 1992 zurück, als Landwirten durch Verordnung (EWG) Nr. 1765/92 die Möglichkeit gegeben wurde, stillgelegte Flächen für die Erzeugung von Non-Food-Rohstoffen zu nutzen. Vor allem Frankreich und später auch Spanien bauten daraufhin die Erzeugung von Bioethanol aus (HENNIGES, 2007). Deutschland ist erst 2004, dann aber mit sehr hoher Wachstumsgeschwindigkeit in diesen Markt eingestiegen und konnte schnell die Führungsrolle in der EU übernehmen (MÜLLER-LANGER et al., 2006). 2007 fiel Deutschland allerdings wieder hinter Frankreich zurück (Tabelle 3). Als Rohstoffe werden in Deutschland je nach regionaler Verfügbarkeit Getreide oder Zuckerrüben verwendet. Als Produktionsschwerpunkte kristallisieren sich zunehmend Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt heraus (www.biokraftstoffportal.de).

Abbildung 13. Globale Biodieselpromtion in Mio. Tonnen



Quelle: CHILLA (2008)

#### 4.2.3 Bioethanolproduktion

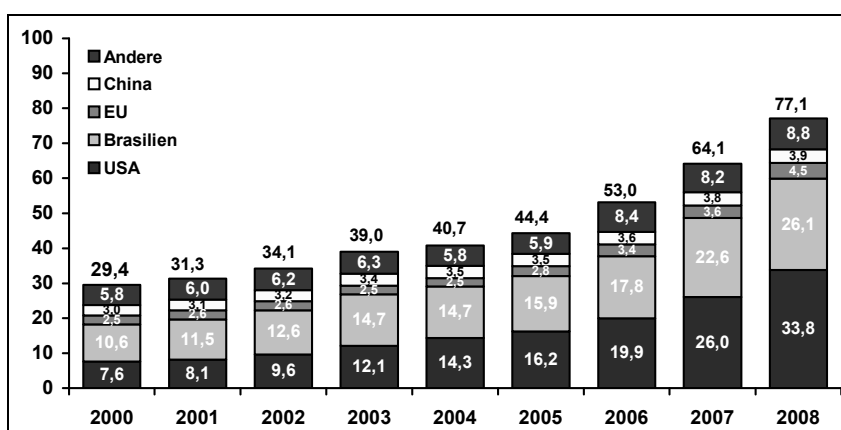
Bioethanol wird durch biochemische Umwandlung (Alkoholgärung) aus stärke- und zuckerhaltigen Pflanzen gewonnen und kann als Reinkraftstoff oder als Beimischung zum Ottokraftstoff verwendet werden (SCHMITZ, 2006; HENNIGES, 2007). Die Bioethanolproduktion zu Treibstoffzwecken hat in einigen Ländern, so namentlich Brasilien, eine lange Tradition (VON URFF, 2007). 2007 wurden weltweit knapp 64 Mio. m<sup>3</sup> Bioethanol erzeugt; davon wurden 49,5 Mio. m<sup>3</sup> in Kraftstoffanwendungen genutzt. Die mit weitem Abstand führenden Produzenten waren in diesem Jahr die USA mit 26 und Brasilien mit 22,6 Mio. m<sup>3</sup> (Abbildung 14). Im Jahr 2008 haben beide Länder ihre Produktion nochmals sehr stark ausgeweitet, so dass die USA auf 33,8 und Brasilien auf 26,1 Mio. m<sup>3</sup> kamen. Vor allem dank der Investitionsprogramme und steigender Beimischungen zu Benzin in diesen beiden Ländern hat sich die Welt-Bioethanolproduktion in den vergangenen acht Jahren fast verdreifacht.

In den USA findet die Produktion vornehmlich auf der Basis von Mais statt. Die dafür verwendeten Mengen sind erheblich. Sie betragen 2007/08 rund 76 Mio. Tonnen

#### 4.2 Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen

Biogene Festbrennstoffe sind rezente Brennstoffe organischer Herkunft, die zum Zeitpunkt ihrer energetischen Nutzung in fester Form vorliegen (RAAB et al., 2005). Es handelt sich um Rückstände und Nebenprodukte oder auch um speziell angebaute Energiepflanzen (HARTMANN, 2005). Biogene Festbrennstoffe sind im Bereich der Strom- und vor allem der Wärmeerzeugung von großer Bedeutung (Abbildung 15). Der Aufwärtstrend, der in den letzten Jahren in diesem Bereich zu beobachten war, setzt sich auch aktuell weiter fort. Obwohl andere Bioenergielinien, namentlich Biogas und Biokraftstoffe, weit mehr öffentliche Aufmerksamkeit erfahren, tragen biogene Festbrennstoffe den

Abbildung 14. Globale Ethanolproduktion in Mio. m<sup>3</sup>

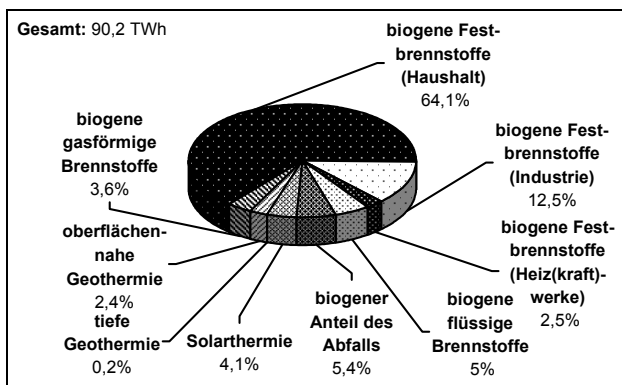


Quelle: CHILLA (2008)



**Tabelle 3. Bioethanolproduktion in der EU (in Mio. Liter)**

Land	2004	2005	2006	2007
Deutschland	25	165	431	394
Spanien	254	303	396	348
Frankreich	101	144	293	539
Großbritannien	0	0	0	20
Polen	48	64	161	155
Schweden	71	153	140	70
Italien	0	8	78	60
Ungarn	0	35	34	30
Litauen	0	8	18	20
Niederlande	14	8	15	14
Tschechien	0	0	15	33
Lettland	12	12	12	18
Slovakei	0	0	0	30
Finnland	3	13	0	0
<b>Gesamt</b>	<b>528</b>	<b>913</b>	<b>1 592</b>	<b>1 731</b>

Quelle: <http://www.ebio.org>**Abbildung 15. Struktur der Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien (2007)**

Quelle: BMU (2008b): 15

weitaus größten Anteil zur Energiegewinnung aus Biomasse bei. Allein Holz steht aktuell immer noch für rund zwei Drittel der Bioenergieproduktion, für fast die Hälfte der in Deutschland erzeugten erneuerbaren Energien und damit letztlich für etwa 4 % des deutschen Endenergieverbrauchs (ISERMEYER, 2008). 2005 wurden in Deutschland über 40 Mio. Festmeter Wald-, Industrie- und Altholz energetisch genutzt; gut die Hälfte dieser Menge (20,7 Mio. Festmeter) wurde in privaten Haushalten, der Rest in Biomasseheizwerken eingesetzt (FNR, 2007).

Im Jahr 2007 wurden 90,2 TWh für Wärme aus erneuerbaren Energien bereitgestellt (Abbildung 15). Dies entspricht 6,6 % (2006: 5,5 %) des gesamten Endenergieverbrauchs für Wärme in Deutschland. Die Nutzung von Biomasse hat im Bereich der Wärmenutzung mit einem Anteil von 93 % (84 TWh) die größte Bedeutung unter den erneuerbaren Energien. 64 % entfielen dabei auf den Einsatz biogener Festbrennstoffe (BMU, 2008a). Gegenüber dem Jahr 2000 (54,3 TWh) ist die Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien um 66,1 %, gegenüber 2005 (76 TWh) um fast 19 % angestiegen. Die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien weist damit beachtliche Steigerungsraten auf. Sie sind zwar niedriger als in anderen Bereichen der Erzeugung erneuerbarer Energien, setzen aber aufgrund der langen Tradition der Nutzung bspw. von Holz zur Wärmeerzeugung in privaten Haushalten auf einer viel breiteren Basis auf.

In Deutschland wurde bis Ende der 1990er Jahre Strom kaum aus Biomasse erzeugt (1990: 0,2 TWh; 1995: 0,7 TWh). Erst im Jahr 2000 setzte ein nachhaltiger Ausbau der Stromerzeugung aus Biomasse ein; sie erreichte in diesem Jahr 2,3 TWh. Bis zum Jahr 2005 war dieser Wert insbesondere dank der Förderung durch das EEG bereits auf 11,4 TWh angewachsen (2006: 12 TWh). 2007 wurde mit etwa 16,67 TWh<sup>1</sup>, die 3,1 % des Strombedarfs in Deutschland entsprechen, ein neuer Höchstwert erreicht (SCHOLWIN et al., 2008).

Die Stromerzeugung aus Biomasse verteilt sich auf die Biogaserzeugung (46 %), die Nutzung fester Biomassen in Biomasse(heiz)kraftwerken (38 %) und Pflanzenöl-BHKWs (16 %) (SCHOLWIN et al., 2008). Die Biomasse(heiz)kraftwerke werden in erster Linie von Gewerbe- und Industrieunternehmen betrieben, bei denen Wärme zu Prozess- oder Heizwärmezwecken ausgekoppelt wird. Neben sogenannten „EEG-Anlagen“ zur ausschließlichen Stromerzeugung werden vor allem auch biomassebefeuerte dezentrale KWK-Anlagen, im kleineren Leistungsbereich mit Wärmeauskopplung für Nahwärmesysteme, in zunehmendem Umfang betrieben (KALTSCHMITT, 2007). Unternehmen der Energieversorgungsbranche zählen dabei zur größten Betreibergruppe und haben in den letzten Jahren vermehrt in Anlagen im Leistungsbereich über 5 MW<sub>el</sub> investiert. Die Mehrzahl der Anlagen wird aber von gewerblichen Unternehmen der Holzbe- und -verarbeitenden Industrie bzw. von Finanzinvestoren betrieben (SCHOLWIN et al., 2008).

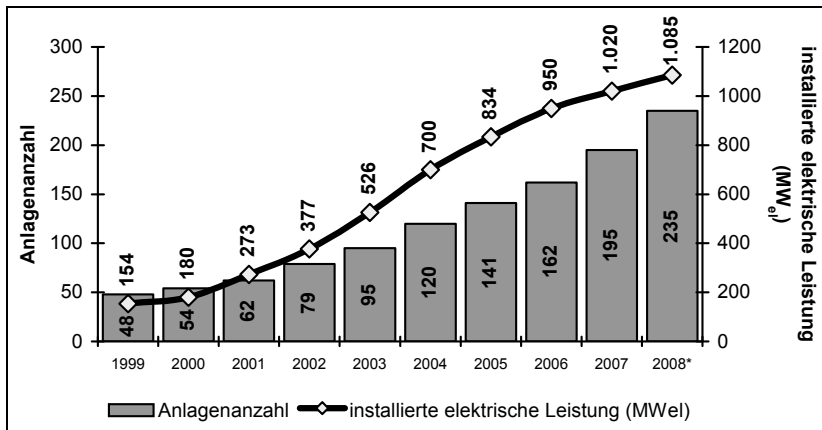
Die Zahl der Biomasse(heiz)kraftwerke im Leistungsbereich bis 20 MW<sub>el</sub>, die ausschließlich biogene Festbrennstoffe im Sinne der BiomasseV einsetzen, war bis zum Jahr 2006 auf 162 (1999: 48) mit einer installierten Leistung von 950 MW<sub>el</sub> (1999: 154 MW<sub>el</sub>) angestiegen (Abbildung 16). In 2007 folgten weitere 33 zumeist kleine Anlagen im Leistungsbereich bis 2 MW<sub>el</sub> (SCHOLWIN et al., 2008), so dass Ende 2007 in Deutschland insgesamt 195 Anlagen mit einer installierten elektrischen Leistung von rund 1 020 MW<sub>el</sub> betrieben wurden (BMU, 2008b). Die geringen Zuwächse der installierten Leistung in den letzten Jahre lassen sich vor allem darauf zurückführen, dass durch die Anreizwirkung des Technologiebonus des EEG vor allem kleine Anlagen in Betrieb genommen wurden.

Die Anlagenanzahl hat sich von 2001 auf 2007 vervierfacht und die installierte elektrische Leistung knapp verfünffacht. Die Stromerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen betrug in 2007 rund 7,4 TWh, unter Berücksichtigung des biogenen Anteils des Abfalls sogar 11,6 TWh. Nach Expertenschätzungen befanden sich 2007 etwa 120 bis 140 Biomasse(heiz)kraftwerke in der Entwicklungs- bzw. Bauphase. Davon wurden in 2008 etwa 40 Anlagen fertiggestellt und in Betrieb genommen (SCHOLWIN et al., 2008). Für Ende 2008 wurden rund 235 Biomasse(heiz)kraftwerke zur Verstromung fester Biomassen mit einer installierten Leistung von etwa 1 085 MW<sub>el</sub> prognostiziert.

Die Verteilung der Biomasse(heiz)kraftwerke weist in Deutschland erhebliche regionale Unterschiede auf. Die meisten Biomasse(heiz)kraftwerke befinden sich derzeit in den walddreichen Flächenstaaten Bayern (50) und Baden-

<sup>1</sup> Stromerzeugung aus Biomasse ohne Berücksichtigung der Papierindustrie. Die Stromerzeugung unter Einbezug der Papierindustrie beläuft sich auf 17,7 TWh (2007).

**Abbildung 16. Biomasseheizkraftwerke: Anlagenbestand und installierte elektrische Leistung (MW<sub>el</sub>)**



Quelle: SCHOLWIN et al. (2008): 4

Württemberg (29); dahinter folgen Nordrhein-Westfalen (24) und Brandenburg (17). Bei der Betrachtung der installierten elektrischen Leistung liegt Bayern vor Nordrhein-Westfalen, Brandenburg und Baden-Württemberg (SCHOLWIN et al., 2008).

In den Biomasse(heiz)kraftwerken werden vorwiegend holzartige Biomassen (Waldrestholz, Industrieholz einschließlich Sägenebenprodukte, Althölzer aller Altholz-kategorien und Hölzer aus der Landschaftspflege) genutzt. In einigen wenigen Anlagen werden nicht holzartige biogene Nebenprodukte bzw. Reststoffe aus der Nahrungsmittelindustrie (mit)verfeuert. Energiepflanzen (z.B. Kurzumtriebsholz) oder Ernterückstände, bspw. Stroh, spielen bisher noch keine Rolle (BMU, 2007). Die gesamte Menge an eingesetzter Biomasse verteilt sich zu ca. 12 % auf Waldrestholz und Hölzer aus der Landschaftspflege, zu 25 bis 30 % auf Industriehölzer und Sägenebenprodukte, zu ca. 35 % auf Althölzer der Altholzkategorien AI und AII und zu ca. 20 bis 25 % auf Althölzer der Kategorien AIII und AIV. Die Zubaudynamik bei den Kapazitäten hat in der jüngsten Vergangenheit deutlich abgenommen (KALTSCHMITT, 2007). Dies kann auf die Ausschöpfung des Brennstoffpotenzials im Altholzbereich (THRÄN, 2007) und die geänderten Regelungen im EEG, die sich auf die Nutzung von Althölzern der Altholzkategorien AIII und AV beziehen, sowie die Absenkung der Vergütung auf 3,78 Cent/kWh bei Neuanlagen, die nach dem 30.06.2006 in Betrieb genommen wurden, zurückgeführt werden. Neue oder bestehende Biomasse(heiz)kraftwerke setzen seitdem vermehrt nachwachsende Rohstoffe (Waldrestholz, Grünschnitt usw.) ein (SCHOLWIN et al., 2008).

Unter den Holzbrennstoffen stellen Hölzer aus der Landschaftspflege sowie Althölzer die günstigsten Einsatzstoffe für Biomasse(heiz)kraftwerke dar; Tabelle 4 zeigt die durchschnittlichen Preise biogener Brennstoffe in Form aufbereiteter Hackschnitzel frei Biomasseanlage. Steigende Anlagenzahlen und der daraus resultierende Bedarf an den begrenzt verfügbaren Althölzern haben seit 2002 dazu geführt, dass die Preise für Altholz deutlich gestiegen sind (FNR, 2007). Mit dem Inkrafttreten des novellierten EEG im Jahr 2004 ist es zu einer Stabilisierung der Preise für Althölzer der Kategorien AII, AIII und AIV gekommen, während die Preise für Hölzer der Altholzkategorie AI sich

weiter erhöht haben (SCHOLWIN et al., 2008). Im Gegensatz zu den Altholzpreisen wiesen die Preise für Sägenebenprodukte und Wald(rest)hölzer bis 2005 ausschließlich saisonal bedingte Preisschwankungen auf. Seit Ende 2005 ist aber ein deutlicher Anstieg der Preise dieser Holzsortimente zu beobachten, der auf eine erhöhte Nachfrage und die zwischenzeitlich stark gestiegenen Preise für Erdgas und Erdöl zurückzuführen ist (www.carmen-ev.de).

Als flüssige Bioenergieträger haben sich Pflanzenöle am deutschen Markt etabliert. Zwischen 2003 bis 2006 hat sich aufgrund verbesserter Fördermöglichkeiten die Zahl der entsprechenden Anlagen von 160 auf 1 801 erhöht (KALTSCHMITT, 2007; FNR, 2007). In 2007 sind weitere

925 Anlagen ans Netz gegangen, so dass Ende 2007 bereits 2 726 Anlagen betrieben wurden (SCHOLWIN et al., 2008). In 2006 wurden 8 % der biogenen Strom- und Wärmezeugung aus Pflanzenöl bereitgestellt; vor allem größere Anlagen setzen dabei vorwiegend importiertes Palmöl als Brennstoff ein, während in kleineren Anlagen auch Rapsöl Verwendung findet (SCHOLWIN et al., 2007). Trotz des Anstiegs der Pflanzenölpreise in 2007 war ein deutlicher Zubau an pflanzenölbetriebenen BHKW zu verzeichnen, der sich u.a. auf Projektplanungen, die noch auf das Jahr 2006 zurückgingen, sowie Lieferverzögerungen zurückführen lässt.

Aus ökonomischer und ökologischer Sicht wird eine Ausweitung der Biomassenutzung zur Deckung der Wärmenachfrage als vorteilhaft betrachtet (KALTSCHMITT, 2006). Die Wärmebereitstellung aus Biomasse gilt als technisch problemlos und wirtschaftlich und weist zudem deutlich höhere Treibhausgasreduzierungs-potenziale als andere Formen der Bioenergienutzung auf (WEGENER, 2006). Zudem gibt es erhebliche ungenutzte Potenziale im Bereich der notwendigen Bioenergieträger. Bei im historischen Vergleich weiterhin hohen Preisen für fossile Brennstoffe wird der Anteil biogener Festbrennstoffe an der Energieerzeugung in Deutschland auch zukünftig weiter zunehmen, zumal durch das EEG Nah- und Fernwärmenetze sowie die industrielle Nutzung von Wärme für Investoren aus ver-

**Tabelle 4. Durchschnittliche Preise von Holzbrennstoffen (2007)**

Brennstoffart	Preise frei Biomasseanlage für aufbereitete Hackschnitzel
Waldrestholz	35 bis 65 €/t
Industrierestholz	je nach Qualität
Sägenebenprodukte	25 bis 35 €/t
Althölzer der Altholzkategorie AI	25 bis 35 €/t
Althölzer der Altholzkategorien A II, A III	10 bis 20 €/t
Althölzer der Altholzkategorie A IV	-5 bis 15 €/t
Hölzer aus der Landschaftspflege	15 bis 30 €/t

Quelle: SCHOLWIN et al. (2008): 29

schiedenen Bereichen der Wirtschaft zunehmend interessanter geworden sind (KALTSCHMITT, 2006).

## 5. Ausblick

Dass erneuerbaren Energien angesichts der Endlichkeit der Vorräte fossiler Energieträger die Zukunft gehört, ist unbestritten (WBA, 2008). Ihr Ausbau wird daher auch in Zukunft weitergehen. Inwieweit allerdings allen im Augenblick beschrittenen Wegen bei der Erzeugung erneuerbarer Energien die Zukunft gehört, muss als offene Frage gelten. Mindestens zwei offene Flanken sind derzeit erkennbar. Eine stellt die Wettbewerbsfähigkeit vieler Bioenergieanlagen dar, die auf absehbare Zeit ohne erhebliche Subventionen sowie einen hohen Außenschutz der Märkte nicht wettbewerbsfähig sein werden. Damit bleibt aber – wie das Ende der Steuerbefreiung für Biodiesel im Jahr 2006 eindrucksvoll gezeigt hat – die Bioenergieproduktion einem erheblichen Politik(änderungs)risiko ausgesetzt. Ein zweites Problem besteht unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit. Schlagworte wie „grünes Ethanol“ (O.V., 2008d) und „zertifiziertes Palmöl“ (VON GEIBLER, 2007) stehen für – weitgehend untaugliche – Versuche, die Quadratur des Kreises zu schaffen, d.h., die Bioenergieproduktion deutlich auszudehnen, ohne erhebliche negative Umweltwirkungen auszulösen. Vor dem Hintergrund der zu erwartenden Produktionsausdehnung einerseits, aber auch vieler ungelöster Fragen andererseits werden die Märkte für Bioenergien auch in den nächsten Jahren noch erheblichen Veränderungen unterliegen.

## Literatur

- BAHRS, E., J.-H. HELD und J. THIERING (2007): Auswirkungen der Bioenergieproduktion auf die Agrarpolitik sowie auf Anreizstrukturen in der Landwirtschaft. Diskussionspapier 0707 der Universität Göttingen.
- BBE – BUNDESVERBAND BIOENERGIE (2008): Marktzahlen Bioenergie 2007. Bonn.
- BELLARBY, J. et al. (2008): Cool Farming: Climate Impacts of Agriculture and Mitigation Potential. Arbeitsbericht der Universität Aberdeen.
- BMELV (2007): Wachsende Rohstoffe. In: <http://www.bmelv.de> (Abruf: 12.12.2008).
- BMU (2007): Monitoring zur Wirkung des novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Berlin.
- (2007a): Roadmap Biokraftstoffe (Stand 14.11.2007). Gemeinsame Strategie von BMU/BMELV, VDA, MWV, IG, VDB und DBV. Berlin.
- (2008): Hintergrundinformationen zur neuen EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien. In: [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund\\_ee\\_richtlinie.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_ee_richtlinie.pdf) (Abruf: 12.12.2008).
- (2008a): Erneuerbare Energien 2007 – Aktueller Sachstand Juni 2008. Berlin.
- (2008b): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklungen. Berlin.
- (2008c): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Berlin.
- BMW (2008): Erneuerbare Energien Made in Germany. Berlin.
- BRAUN, J. und W. LORLEBERG (2007): Biogas: Preistreiber am Pachtmarkt? In: Top agrar 5/2007: 48-51.
- BRINGEZU, S. et al. (2008): Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie und des Rheinisch-Westfälischen Instituts für Wirtschaftsforschung. Essen.
- BROCKMANN-KÖNEMANN, P. (2008): Niederländische Strategien bei Bioenergien. In: Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 19/2008: 21.
- CHILLA, B. (2008): Entwicklung der Rohstoffmärkte für die Agrarwirtschaft. Vortrag. Osnabrück, 04.12.2008.
- DA COSTA GOMEZ, C. (2007): Biogasnutzung: Freud der Energie- oder der Landwirtschaft? Vortrag. Göttingen, 06.12.2007.
- DANIEL, J. und R. VOGT, 2008: Entwicklung und Status Quo des Biogasausbau. Bericht im Rahmen des Forschungsvorhabens „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland“. Heidelberg.
- EEA (European Environment Agency) (2006): How Much Bioenergy can Europe Produce without Harming the Environment? European Environment Agency Report No. 7/2006. Kopenhagen.
- ECOPROG (2008): Der Markt für Biogasanlagen in Deutschland: Marktvolumina, Anlagen, Strategien, Trends. Köln.
- EHRMANN, T. (2008): Renaissance kleiner Anlagen. In: DLG-Mitteilungen 5/2008: 50-52.
- EUROSERVER (2007a): Biogas Barometer. In: Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables 179/2007.
- (2007b): Biofuels Barometer. In: Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables 182/2007: 57-75.
- (2008): Biogas Barometer. In: Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables 186/2008: 45-59.
- FAO (2008): The State of Food and Agriculture. Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities. Rom.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2007): Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen. 1. Auflage. Gülzow.
- (2008a): Bioenergie Basisdaten Deutschland. Gülzow.
- (2008b): 2008: Anbau nachwachsender Rohstoffe konstant bei 2 Millionen Hektar. In: <http://www.bio-kraftstoffe.info> (Abruf: 26.11.2008).
- (2008c): Biogas Basisdaten Deutschland. Gülzow.
- (2008d): Biokraftstoffe Basisdaten Deutschland. Gülzow.
- HARTMANN, H. (2005): Produktion, Bereitstellung und Eigenschaften biogener Festbrennstoffe. In: FNR (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: 52-90.
- HENNIGES, O. (2007): Die Bioethanolproduktion. Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland unter Berücksichtigung der internationalen Konkurrenz. 2. Auflage. Eul-Verlag, Lohmar und Köln.
- HIRSCHFELD, J. et al. (2008): Klimawirkungen der Landwirtschaft in Deutschland. Bericht Nr. 186/08 des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung. Berlin.
- HOFMANN, F., M. KALIES, S. SCHNEIDER, F. SCHOLWIN und M. WEBER (2006): Elektrische Energie. In: FNR (Hrsg.): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Gülzow: 7-67.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007): Fourth Assessment Report (AR4). Cambridge University Press, New York.
- ISERMEYER, F. (2008): Förderung der Bioenergie – Was empfiehlt die Politik? Vortrag an der Universität Göttingen, 08.12.2008.
- KALTSCHMITT, M. (2006): Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung. Eine Strategie mit Zukunft? Vortrag beim KfW-Symposium „Erneuerbare Energien im Wärmesektor - Chancen für die Zukunft“, Berlin, 20.12.2006.
- (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.
- KALTSCHMITT, M. und V. LENZ (2007): Energie aus Biomasse – Potenziale und Nutzung. Tagungsband zum FNR-Symposium „Energiepflanzen“. Berlin.
- KLINSKI, S. (2006): Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. 2. Auflage. Leipzig.
- KNAPPE, F. et al. (2007): Stoffstrommanagement von Biomasseabfällen mit dem Ziel der Optimierung der Verwertung organischer Abfälle. UBA-Texte 04/07. Berlin.
- 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. Witzhausen-Institut, Witzhausen: 390-413.
- LEIBLE, L. und S. KÄLBER (2006): Energetische Nutzung fester biogener Reststoffe. In: Informationen zur Raumentwicklung 1/2006: 43-54.
- LEIBLE, L., S. KÄLBER, G. KAPPLER, S. LANGE, E. NIEKE, P. PROPLESCH, D. WINTZER und B. FÜRNIß (2007): Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz – Eine systemanalytische Untersuchung. Bericht FZKA 7170. Forschungszentrum Karlsruhe.
- MANTAU, U. (2006): Der Energieholzmarkt in der Bundesrepublik Deutschland. In: TU Bergakademie Freiberg (Hrsg.): Energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Freiberg: 79-88.
- (2007): Energetische und stoffliche Holzverbrauchsentwicklung in Deutschland. Vortrag in Hannover, März 22.-23.03.2007.
- MITCHELL, D. (2008): A Note on Rising Food Prices. The World Bank. Policy Research Working Paper 4682. Washington, DC.
- MÖBIUS, J. (2008): Biogas industriell produzieren. In: Neue Landwirtschaft 11/2008: 86-87.
- MÜLLER-LANGER, F., A. VOGEL, M. KALTSCHMITT, F. HOFMANN, F. SCHOLWIN, J. HENKE und N. SCHMITZ (2006): Treibstoffe. In: FNR (Hrsg.): Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe. Gülzow: 157-238.
- MÜLLER-LANGER, F., SCHREIBER, K. und S. MAJER (2008): Market Development Biodiesel and Bioethanol: Economic and Environmental Aspects. Vortrag am 01.04.2008, Paris.
- NEUMANN, H. und D. ROLINK (2008): Biogas: Die Energieriesen verdrängen die Bauern. In: Top agrar 5/2008: 112-115.
- OCHS, T., C. DUSCHL und B. SEINTSCH (2007): Struktur und Rohstoffbedarf der Holzwirtschaft. Teil I der Studie „Regionalisierte Struktur- und Marktanalyse der 1. Verarbeitungsstufe der Holzwirtschaft“. In: Holz-Zentralblatt Nr. 10: 269-271.
- O.V. (2008a): Biokraftstoffe – Antworten auf die Bedenken der Öffentlichkeit. In: Agra-Europe 25/08 vom 16.06.2008, Dokumentation 1 bis 4.
- (2008b): Europa beschließt den schnellen Ausbau von erneuerbaren Energien. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 10.12.2008: 12.
- (2008c): Biogas ohne die deutschen Fehler. In: DLG-Mitteilungen 5/2008: 10.
- (2008d): Brazil to Develop „Green“ Ethanol. In: Agra Europe 05.09.2008: N/6.
- RAAB, K., L. ELTROP, S. DEIMLING und M. KALTSCHMITT (2005): Biogene Festbrennstoffe. In: FNR (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Gülzow: 14-17.
- 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. Witzhausen-Institut, Witzhausen: 383-406.
- SCHAPER, C., C. BEITZEN-HEINEKE und L. THEUVSEN (2008): Finanzierung landwirtschaftlicher Biogasanlagen: Eine empirische Untersuchung. In: Yearbook of Socioeconomics in Agriculture 1: 39-74.
- SCHAPER, C. und L. THEUVSEN (2008): Die Märkte für Bioenergie. In: Agrarwirtschaft 57 (1): 87-109.
- 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: DAF (Hrsg.): Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 151-164.
- 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 BMU. Leipzig.
- (2008): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Bericht im Auftrag des BMU. Leipzig.
- SIEBERT, H. (2008): Die verfehlte Subvention der Biokraftstoffe. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung, 16.05.2008: 12.
- STORM, W.-D. (2008): Milchproduktion oder Biogas – Investitionsstrategien aus Sicht einer Bank. Vortrag. Göttingen, 04.12.2008.
- THRÄN, D. (2007): Biogene Festbrennstoffe – Stand und Perspektiven der Erzeugung und Nutzung in Deutschland. In: DAF (Hrsg.): Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 93-104.
- UFOP (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen) (2007): Studie zur Flächenschätzung Winterraps zur Ernte 2008. Berlin.
- (2008): Erzeugung und Verwendung von Raps in Deutschland. Berlin.
- USDA (U.S. Department of Agriculture) (2007): An Analysis of the Effects of an Expansion of Biofuel Demand on U.S. Agriculture. USDA, The Economic Research Service and The Office of the Chief Economist, Washington, DC, Mai 2007.
- VON GEIBLER, J. (2007): Biomassezertifizierung unter Wachstumsdruck. Wie wirksam sind Nachhaltigkeitsstandards bei steigender Nachfrage – Diskussion am Beispiel der Wertschöpfungskette Palmöl. Arbeitsbericht Nr. 168. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal.
- 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.
- VON WITZKE, H. (2008): Agriculture, World Food Security, Bio-Energy and Climate Change: Some Inconvenient Facts. In: Quarterly Journal of International Agriculture 47 (1): 1-4.
- WBA (Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik) (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung. Empfehlungen an die Politik. Berlin.
- (2008): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung: Empfehlungen an die Politik. Sonderheft 216 der Berichte über Landwirtschaft. Kohlhammer, Stuttgart.
- WEGENER, J.-K. (2006): Treibhausgas-Emissionen in der deutschen Landwirtschaft – Herkunft und technische Minderungspotenziale unter besonderer Berücksichtigung von Biogas. Dissertation Universität Göttingen.
- WEHLAND, W. (2006): Wie der Ethanol-Boom die US-Landwirtschaft verändert. In: Top agrar 9/2006: 24-26.
- WEILAND, P. (2007): Biogas – Stand und Perspektiven der Erzeugung und Nutzung in Deutschland. In: DAF (Hrsg.): Energie aus Biomasse – weltwirtschaftliche, ressourcenökonomische und produktionstechnische Perspektiven. DLG-Verlag, Frankfurt a. Main: 111-121.
- WITT, J. und M. KALTSCHMITT (2007): Erneuerbare Energien: Stand 2007 weltweit und in Europa. BWK 60(1/2): 67-79.

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