

Der Markt für Bioenergie

Sören Henke, Welf Guenther-Lübbers, Christian Schaper, Tillmann Anschütz und Ludwig Theuvsen
Georg-August-Universität Göttingen

1 Einleitung

Die erneuerbaren Energien stellen im Hinblick auf Investitionen, Umsätze, Exporte und Zahl der Arbeitsplätze eine globale Wachstumsbranche dar (AEE, 2012). Deutschland belegt beim Ausbau der erneuerbaren Energien einen führenden und innerhalb der EU sogar den ersten Platz (REN21, 2012). Die deutsche Industrie behauptet zudem einen stabilen Anteil am Markt für Anlagen und Technik und kann so überdurchschnittlich vom globalen Zuwachs bei den erneuerbaren Energien profitieren (AEE, 2012). Bei genauerem Hinsehen offenbaren sich allerdings auch zahlreiche Herausforderungen der Energiewende. Ein grundsätzlicher Mangel an Wettbewerb im Markt für erneuerbare Energien (HAUCAP und KÜHLING, 2012), erhebliche Strompreissteigerungen (O.V., 2012a), hohe (Fehl-)Subventionen für einzelne Technologien (FRONDEL et al., 2012), massive Umverteilungseffekte zulasten einkommensschwächerer Bevölkerungsgruppen (BARDT et al., 2012) sowie eine deutliche Verschlechterung der Stabilität der Stromnetze, die massive Beschwerden mehrerer Nachbarländer ausgelöst hat (O.V., 2012b), sind nur einige der Diskussionspunkte.

Die Situation im Bereich der Bioenergie ist ähnlich widersprüchlich. So wird gegenwärtig einerseits die Energieerzeugung aus Biomasse weiter ausgebaut (BMU, 2012a) und die Möglichkeit gesehen, den Anteil der heimischen Bioenergie am deutschen Gesamtenergieverbrauch bis zum Jahr 2050 auf 23 % zu erhöhen (BIOÖKONOMIERAT, 2012). Andererseits wird insbesondere auf ökologische und soziale Problemfelder hingewiesen. So übertrifft bei einigen Arten der Bioenergieproduktion der Treibhausgasausstoß den der substituierten fossilen Brennstoffe. Auch werden der Biomasseimport und die damit verbundenen negativen ökologischen Folgen in den Exportländern sowie die Konkurrenz mit der Lebensmittelproduktion kritisch gesehen (LEOPOLDINA, 2012). Die Politik hat auf diese Kritikpunkte u.a. mit höheren Anforderungen an die Nachhaltigkeit sowie einem kritischen Nachdenken über die Ausbauziele im Bereich der Bioenergie reagiert. Vor diesem Hintergrund wird im Weiteren die Entwicklung des Marktes für Bioenergie im zurückliegenden Jahr referiert.

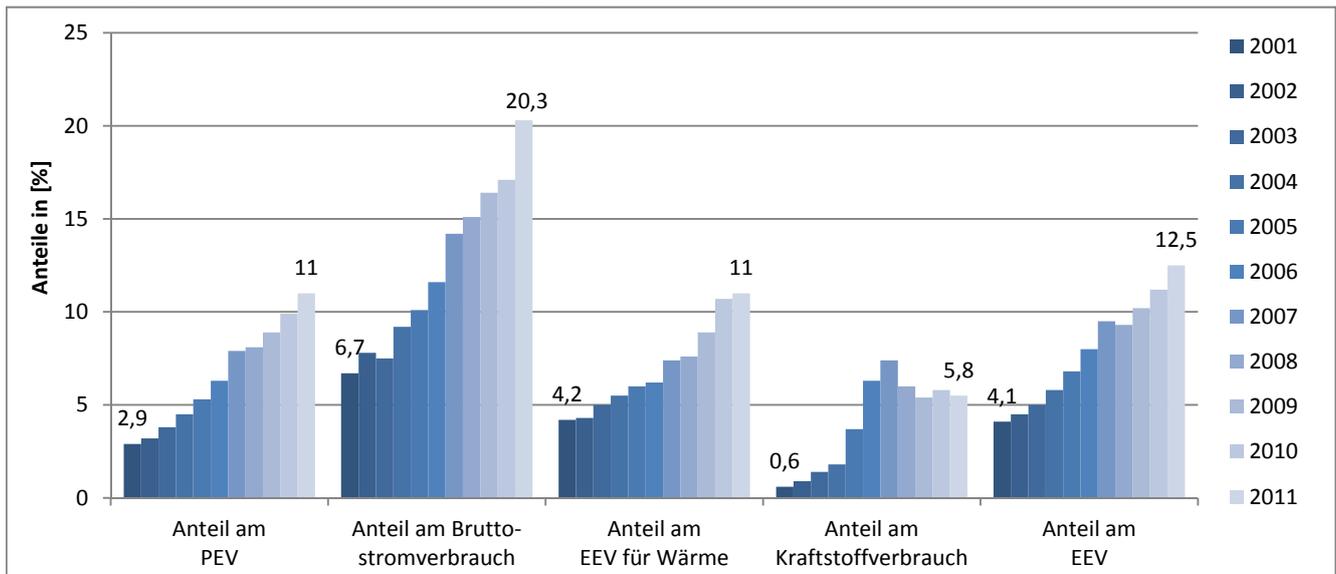
2 Relevanz der erneuerbaren Energien im deutschen Energiemix

Der deutsche Primärenergieverbrauch (PEV) wird zu einem großen Teil (2012: 79,9 %) aus fossilen Energieträgern gedeckt; Kernenergie (2012: 8 %) und erneuerbare Energien steuern den Rest bei (ENERGY COMMENT, 2012). Der letztjährige Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien am deutschen Energiemix ist – ungeachtet der zwischenzeitlich laut gewordenen Kritik (LEOPOLDINA, 2012) – auch auf den weiteren Ausbau der Energiebereitstellung aus Biomasse zurückzuführen (BMU, 2012a). So basieren mittlerweile 8,4 % des deutschen Gesamtenergieverbrauches auf Biomasse; der Anteil der restlichen erneuerbaren Energien (Wasser, Wind, Solar, Geothermie) beträgt 4,1 %. Der Gesetzgeber strebt bis zum Jahr 2020 die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energie von jetzt 12,5 % auf 18 % an. Die hohe Bedeutung der Bioenergie ist auf ihre große Flexibilität (Bereitstellung von Strom, Kraftstoff und Wärme) sowie ihre im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien gute Speicher- und Dosierbarkeit zurückzuführen (BMU, 2012a; BNETZA, 2012).

Der Endenergieverbrauch (EEV) schlüsselt sich auf in Strom-, Wärme- und Kraftstoffverbrauch. Der deutsche Strommix weist mit 20,3 % (2010: 17 %, Ziel 2020: 35 %) den höchsten Anteil erneuerbarer Energien auf. Bei der Wärmebereitstellung beträgt der Anteil 11 % (2010: 10 %, Ziel 2020: 14 %), gefolgt vom Biokraftstoff mit lediglich 5,5 % (2010: 5,8 %, Ziel 2020: 10 %) (Abbildung 1). Der Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien am gesamten Endenergieverbrauch hat mittlerweile zu CO₂-Einsparungen von 130 Mio. Tonnen pro Jahr geführt (BMU, 2012a).

In absoluten Zahlen betrug 2011 die durch erneuerbare Energien bereitgestellte Endenergie 300,9 TWh (2010: 275 TWh); hiervon entfielen rund 70 % (228,6 TWh) auf die Nutzung von Biomasse (Abbildung 2; BMU, 2012b). Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmebereitstellung betrug 11 % (143,5 TWh; 2010: 136,1 TWh); rund 92 % stammten aus der Biomassenutzung. Im Strombereich entfallen mittlerweile 123,2 TWh (2010: 103,5 TWh) und somit

Abbildung 1. Anteile erneuerbarer Energien an der Energiebereitstellung in Deutschland



Stand: 07/2012
Quelle: BMU (2012a)

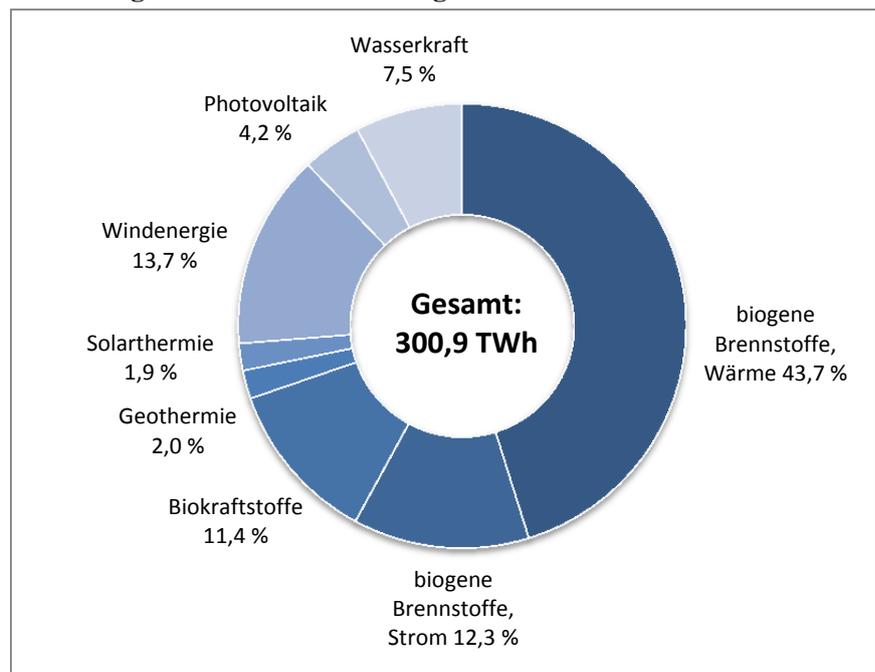
rund 20,3 % (2010: 17,1 %) auf erneuerbare Quellen; hier rangieren Windkraft (48,3 TWh), Biomasse (inklusive biogener Anteil des Abfalls; 36,9 TWh) und Wasserkraft (18,1 TWh) auf den ersten Plätzen. Die Biokraftstoffe verzeichneten 2011 erneut einen kleinen Rückgang auf 34,2 TWh (2009: 35,7 TWh) (BMU, 2012b).

Weltweit steigt der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch; er lag im Jahr 2010 bereits bei 16,7 %. 2011 wurden 20 % der Weltstromproduktion (1 360 GW) aus erneuerbaren Quellen erzeugt; die Wasserkraft rangierte mit 970 GW weit vor der Windenergie (238 GW). Solarstrom (70 GW) und Stromproduktion aus Biomasse (72 GW) lagen fast gleichauf. Insbesondere in China (derzeit 8,3 % erneuerbare Energien am Endenergieverbrauch; PWC, 2012), den USA (11,8 % der Primärenergieproduktion sind erneuerbare Energien) und Europa (12,4 % des Energieendverbrauchs aus erneuerbaren Quellen) wird ein weiteres Wachstum der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien erwartet. 2011 wurde global der Rekordwert von etwa 202 Mrd. € in den Ausbau erneuerbarer Energien investiert (REN21, 2012). Deutsche

Unternehmen konnten mit dem Export von Anlagen und Technik im Wert von ca. 12 Mrd. € (2008) an dieser Entwicklung partizipieren. Die größte Bedeutung hat das Auslandsgeschäft für die Wasser- und die Windindustrie mit Exportquoten von über 85 %. Im Jahr 2008 lieferte die Photovoltaikindustrie 46 % ihrer Produktion ins Ausland (AEE, 2012).

In Deutschland selbst sanken 2011 die Investitionen in erneuerbare Energien auf 22,9 Mrd. € (2010:

Abbildung 2. Erneuerbare Energien in Deutschland 2011



Stand: 07/2012; Angaben gerundet
Quelle: BMU (2012b)

27,9 Mrd. €). Davon entfielen 2,9 Mrd. € (2010: 2,7 Mrd. €) auf Biomasse. Die durch den Anlagenbetrieb generierten Umsätze erreichten rund 13,8 Mrd. € (2010: 11,1 Mrd. €), wovon alleine rund 10,2 Mrd. € der Biomasse zuzurechnen waren (BMU, 2012a; AEE, 2012). Parallel zur steigenden wirtschaftlichen Bedeutung wächst auch die Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland. Belief sich die Anzahl der Arbeitsplätze 2004 erst auf rund 160 500, konnten in 2011 bereits rund 381 600 inländische Arbeitsplätze dem Sektor zugerechnet werden. Mit 124 400 (2010: 122 000) Arbeitsplätzen steht der Biomassesektor knapp hinter der Solarenergie (125 000 Arbeitsplätze; 2010: 120 900), aber deutlich vor der Windenergie (101 000 Arbeitsplätze; 2010: 96 100) auf dem zweiten Platz (BMU, 2012b). Die Nettobeschäftigungseffekte sind deutlich niedriger. Sie werden für 2010 und 2011 mit 50 000 bis 70 000 Arbeitsplätzen angegeben, können mittelfristig aufgrund der durch erneuerbare Energien ausgelösten Energiekostensteigerungen aber auch negativ werden (LEHR et al., 2011).

In ihrem realitätsnahen Leitszenario für das Jahr 2022 geht die Bundesnetzagentur davon aus, dass sich die installierte Erzeugungsleistung aller erneuerbaren Energien gegenüber dem Referenzjahr 2010 auf 129,8 GW mehr als verdoppeln wird. Die Biomasse spielt im Leitszenario mit geschätzten 8,4 GW (2010: 5,0 GW) gegenüber der Windenergie (60,5 GW, 2010: 27,2 GW) und der Photovoltaik (54 GW, 2010: 18,0 GW) nur eine untergeordnete Rolle (BNETZA, 2011). Auch wenn zukünftig mit dem weiteren Ausbau der Bioenergie in Deutschland wie auch Europa

gerechnet wird (BMU, 2012a), könnten mittelfristig Teile von effizienteren erneuerbaren Energien abgelöst werden, sodass einigen Nutzungsrichtungen der Bioenergie nur eine Brückenfunktion zukommt (THRÄN, 2012).

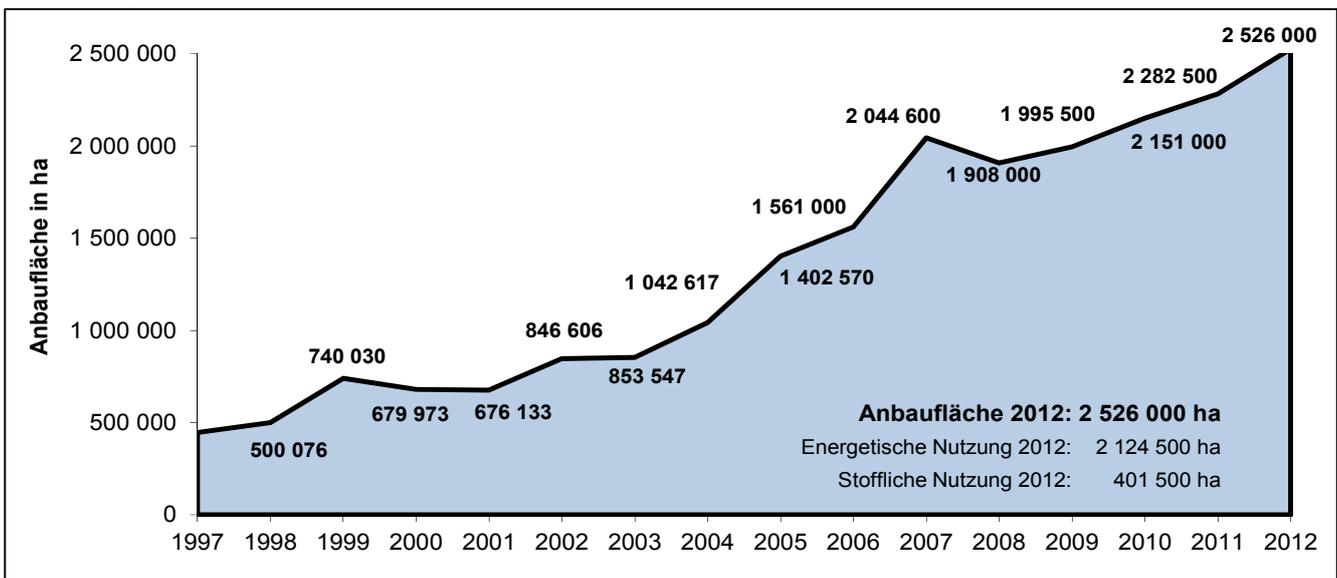
3 Entwicklung der Biomasseerzeugung in Deutschland

Eine große Bandbreite an Rohstoffen kann energetisch genutzt werden. Neben den verschiedenen Energiepflanzen verdienen auch Ernterückstände sowie organische Nebenprodukte und Abfälle Erwähnung (KALTSCHMITT et al., 2009). Der Anbau nachwachsender Rohstoffe ist in Europa stark gestiegen (IEA, 2011). Die Energiepflanzenpotenziale unterliegen dabei einer stärkeren Dynamik als die Reststoffpotenziale, die sich nur langsam entwickeln (THRÄN, 2012).

3.1 Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion

Nach vorläufigen Schätzungen wurden im Jahr 2012 in Deutschland auf einer landwirtschaftlichen Fläche von 2,526 Mio. ha nachwachsende Rohstoffe für eine stoffliche oder energetische Verwendung angebaut (FNR, 2012a). Die Anbaufläche wurde im Vergleich zum Vorjahr um 6,27 % bzw. 158 500 ha ausgebaut (Abbildung 3). Unter den angebauten Kulturen dominierten mit einem Anbauanteil von ca. 84,1 % (2,124 Mio. ha) (2011: 2,056 Mio. ha) die Energiepflanzen vor den Industriepflanzen (15,9 %; 401 500 ha)

Abbildung 3. Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland



Anbaumengen für 2012 geschätzt
Quelle: FNR (2012a)

(2011: 311 500 ha). Damit dienten im Jahr 2012 rd. 15,1 % (2011: ca. 13,7 %) der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche (16,704 Mio. ha) der Bereitstellung von Biomasse zur energetischen Verwendung (FNR, 2012c; EMMANN et al., 2012).

Die flächenmäßig bedeutendste Energiepflanze ist mit 913 000 ha (2011: 910 000 ha) nach wie vor Raps für die Biodiesel- und Pflanzenölerzeugung (Tabelle 1). Sein Anbauumfang ist seit dem Jahr 2007 (1,12 Mio. ha) jedoch u.a. aufgrund der Besteuerung von Biodiesel und Pflanzenöl rückläufig (FNR, 2012c; AMMERMANN und MENGEL, 2011). Flächenzuwächse verzeichneten hauptsächlich die Energiepflanzen für die Biogasproduktion, deren Anbauumfänge im Vergleich zum Vorjahr (2011: 900 000 ha) um weitere 62 000 ha angewachsen sind (FNR, 2012c). Dabei dominiert der Energiemais mit rund 810 000 ha; danach folgen (Acker-)Gräser, Getreide-Ganzpflanzensilage, Rüben und Getreidekorn. Der Einsatz von Getreidekorn ist aufgrund gestiegener Getreidepreise rückläufig. Bei den neuen Biogaskulturen sind vor allem Hirsen und die Durchwachsene Silphie zu nennen (FNR, 2012c). Insgesamt wird ca. ein Drittel der deutschen Maisanbaufläche 2012 (2,57 Mio. ha; 2011: 2,52 Mio. ha) energetisch genutzt (FvB, 2012a).

Die Industriepflanzenanbaufläche hat sich von 316 500 ha (2011) auf 401 500 ha in 2012 erhöht, was zum Teil auf Anbauflächenerweiterungen bei den Arznei- und Färbepflanzen sowie eine stärkere

Nutzung von Industriestärke zurückzuführen ist (FNR, 2012c). Ein Großteil der Rohstoffe für die stoffliche Verwendung wird wegen der hohen Transportwürdigkeit importiert; insgesamt werden nur 30 bis 40 % der eingesetzten Agrarrohstoffe durch die einheimische Landwirtschaft bereitgestellt (FNR, 2012c). Die stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe soll weiter ausgebaut werden. Große Hoffnungen werden in den „Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe“ und diverse Förderprogramme (z.B. für biobasierte Kunst- und Werkstoffe) gesetzt (BMELV, 2011).

Die Anbaufläche von Energiepflanzen könnte in Deutschland bis 2020 auf 2,7 bis 4,0 Mio. ha anwachsen, ohne die Versorgung mit Nahrungsmitteln zu gefährden (FNR, 2012a; SEYFERT et al., 2011; WACKER und PORSCHE, 2011). Folglich würde alleine der energetische Biomasseanbau mittelfristig zwischen 16,2 und 23,3 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche binden. Trotzdem können die im Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energien (NREAP) genannten Zielvorgaben für 2020 durch Energiepflanzen nur teilweise erfüllt werden, sodass auch forstwirtschaftliche Biomassen und Reststoffe einen wichtigen Beitrag leisten müssen (EMMANN et al., 2012; SEYFERT et al., 2011). Zur Sicherung der Akzeptanz der Bioenergieproduktion muss in Zukunft den vieldiskutierten Nutzungskonkurrenzen (ZSCHACHE et al., 2010) eine erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Tabelle 1. Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (ha)

Rohstoff		2009	2010	2011	2012*	Anteil an NawaRo-Fläche 2012* (%)
Energiepflanzen	Raps für Biodiesel/Pflanzenöl	942 000	940 000	910 000	913 000	36,14
	Zucker/Stärke für Bioethanol	226 000	240 000	240 000	243 000	9,61
	Pflanzen für Biogas	530 000	650 000	900 000	962 000	38,08
	Sonstiges (u.a. Agrarholz, Miscanthus)	3 500	4 000	6 000	6 500	0,26
	Energiepflanzen insgesamt	1 701 500	1 834 000	2 056 000	2 124 500	84,1
Industriepflanzen	Industriestärke**	130 000	160 000	165 000	245 000	9,69
	Industriezucker**	22 000	10 000	10 000	12 000	0,47
	technisches Rapsöl	120 000	125 000	120 000	120 000	4,75
	technisches Sonnenblumenöl	8 500	8 500	8 500	8 500	0,34
	technisches Leinöl	2 500	2 500	2 500	2 500	0,10
	Pflanzenfasern	1 000	1 000	500	500	0,02
	Arznei- und Farbstoffe	10 000	10 000	10 000	13 000	0,51
	Industriepflanzen insgesamt	294 000	317 000	316 500	401 500	15,89
NawaRo insgesamt		1 995 500	2 151 000	2 282 500	2 526 000	100,00

* vorläufige Schätzung

** Bei der Berechnung der Flächen zur Nutzung von Stärke und Zucker wurde 2010 die Berechnungsgrundlage umgestellt. Daher sind Vergleiche mit dem Vorjahreswert aus 2009 nur eingeschränkt möglich.

Quelle: EMMANN et al. (2012), FNR (2012c)

3.1 Biomasse aus forstwirtschaftlicher Produktion

Die Waldfläche Deutschlands umfasst gegenwärtig 11,1 Mio. ha, was rd. 31 % der gesamten Fläche Deutschlands entspricht. Die Waldbodenfläche verteilt sich zu 40,1 % auf Laubbäume, zu 57,6 % auf Nadelbäume und zu 2,3 % auf Lücken und Blößen. 47 % sind Privat-/Treuhand-, 30 % Landes-, 20 % Körperschafts- und 4 % Bundeswald (EMMANN et al., 2012). Der Zuwachs an Holz liegt um etwa 10 % über dem jährlichen Einschlag. Trotz eines regional stark schwankenden Waldanteils weist Deutschland mit ca. 330 Vorratsfestmetern je ha die höchsten Holzvorräte in Europa auf. Gleichzeitig sind in den deutschen Wäldern 1,23 Mrd. t Kohlenstoff gespeichert (BMELV, 2007; BMELV, 2011).

Der Werkstoff Holz stellt einen wichtigen Industrierohstoff (z.B. Bauholz, Papier, Möbelholz) und bedeutenden Energieträger dar (BUNZEL et al., 2011; KALTSCHMITT et al., 2010). Der Holzmarkt stand in der Vergangenheit unter starkem konjunkturellem und strukturellem Einfluss. Vor allem die Nachfrage nach Energieholz beeinflusste die Holznachfrage stark. Die holzverarbeitende Industrie setzte ihren Wachstumskurs weiter fort, sodass der Holzverbrauch bis 2009 sehr stark anstieg. Mit der Wirtschaftskrise 2009 brach die Nachfrage nach Holz dann deutlich ein (Tabelle 2) (MANTAU, 2012).

Der Holzeinschlag lag im Forstwirtschaftsjahr (FWJ) 2011 bei 56,14 Mio. m³ (Tabelle 2). Dies entsprach einem Anstieg von rd. 3,1 % gegenüber dem Vorjahr (BMELV, 2012a). Die stoffliche Verwendung von Holz wurde im Zeitraum von 2002 bis 2012 um rd. 30 % gesteigert, die energetische Nutzung sogar verdreifacht (MANTAU, 2012; MÖHRING, 2012). Nach den Ergebnissen aktueller Potenzialstudien wird sich die stoffliche Nutzung vom Konjunktureenbruch in 2009 nur langsam erholen und sich in den kommenden Jahren auf einem Verbrauchsniveau von ca. 70 Mio. m³ einpendeln. Die energetische Holznachfrage wird von rd. 70 Mio. m³ im Jahr 2010 auf knapp 80 Mio. m³ anwachsen (MANTAU; 2012). Andere

Studien sehen die Entwicklung positiver und sagen mittelfristig in Deutschland eine Holznachfrage von bis zu 168 Mio. m³ voraus (stoffliche Verwendung bis zu 83 Mio. m³; energetische Verwendung bis zu 85 Mio. m³) (SEINTSCH, 2010). Jedoch wird selbst bei einer möglichen Erhöhung des Einschlages auf rund 90 Mio. m³ im Jahr 2020 und der Berücksichtigung von Holz aus diffusen Quellen zwischen Holzaufkommen und -verbrauch eine Lücke von über 30 Mio. m³ (ca. 350 PJ) entstehen können (KALTSCHMITT et al., 2010). Die Nutzungskonkurrenz zwischen der stofflichen und der energetischen Nutzung von Holz würde sich damit weiter verschärfen (MANTAU, 2010; MÖHRING und von HATZFELDT, 2011). Die mögliche Versorgungslücke kann u.a. durch höhere Importe, die Anpassung der Holznachfrage, die Substitution von Holz, Effizienzsteigerungen bei der Konversion sowie die Kaskadennutzung von Industrie- und Altholz geschlossen werden (KALTSCHMITT et al., 2010). Ferner stellen Kurzumtriebsplantagen und Agroforstflächen eine Option dar. Um die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von KUP zu erhöhen, sollen diese in Zukunft eine besondere Förderung aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) erfahren (Möhring, 2012; Emmann et al., 2012; BMELV, 2011). Auch die verstärkte Waldrestholznutzung birgt ein beachtliches, bislang noch unzureichend genutztes Potenzial (BUNZEL et al., 2011; RETTENMAIER, 2011).

3.2 Biomasse aus biogenen Reststoffen und Abfällen

Die Novellierung der europäischen Abfallrahmenrichtlinie kann dank der verpflichtenden Getrenntsammlung von Bio- und Grünabfällen das Potenzial an biogenen Reststoffen und Abfällen zur energetischen Verwertung deutlich erhöhen (PROGNOS, 2012) und die Nachfrage nach land- und forstwirtschaftlicher Biomasse reduzieren (WACKER und PORSCHE, 2011; KERN, 2011). Unter biogenen Reststoffen und Abfällen versteht man neben den biogenen Hausabfällen (bspw. Küchenabfällen und strukturarmen Garten-

Tabelle 2. Rohholzeinschlag in Deutschland (in Mio. m³)

Sortiment	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Veränderung zu 2010
Stammholz	38,281	46,798	31,240	25,481	29,778	29,017	- 2,6 %
Industrieholz	12,888	17,062	12,656	10,859	12,658	13,250	+ 4,5 %
Energieholz	8,289	8,699	8,561	9,087	9,031	10,783	+16,25 %
nicht verwertetes Holz	2,831	4,169	2,910	2,645	2,951	3,092	+ 4,6 %
insgesamt	62,29	76,73	55,37	48,07	54,42	56,14	+ 3,1 %

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an BMELV (2012a)

abfällen) u.a. auch Exkremate aus der Nutztierhaltung, Landschaftspflegematerial, Stroh und andere feste Nebenprodukte aus der Landwirtschaft (BUNZEL et al., 2011). Zusätzlich werden biogene Rest- und Abfallstoffe aus dem produzierenden Gewerbe und der Lebensmittelindustrie, Bioabfall aus der Biotonne, Grün- und Strauchschnitt, Organik des Restmülls, Klärschlamm, Industrie- und Altholz sowie Stoffe aus der Tierkörperbeseitigung darunter subsumiert (LEIBL et al., 2007). Die energetische Nutzung biogener Reststoffe und Abfälle erfolgt je nach Struktur und Feuchtegehalt insbesondere durch Verbrennung oder Vergärung (KERN und SPRICK, 2012). Die Erzeugung von Biokraftstoffen aus biogenen Reststoffen und Abfällen hat dagegen vor allem aus technischen Gründen (Heterogenität der Biomasse, hoher Störstoffanteil) nur eine sehr geringe Bedeutung (ZEHM und BILITEWSKI, 2008). Ein wichtiger nicht-energetischer, bereits etablierter Prozessweg zur Behandlung insbesondere von häuslichen und kommunalen Bioabfällen ist die Kompostierung, welche mit der vorherigen Vergärung kombiniert werden kann (KERN und RAUSSEN, 2012).

Biomasse aus biogenen Reststoffen und Abfällen unterliegt einer hohen geographischen Variabilität. So fallen große Wirtschaftsdüngermengen in den intensiven Tierhaltungsregionen Nordwestdeutschlands und Teilen Südbayerns (THIERING, 2010; THIERING und BAHRS, 2010) und ungenutzte Strohaufkommen vor allem in reinen Ackerbauregionen an (WACKER und PORSCHE, 2011; BUNZEL et al., 2011). Das Gesamtpotenzial biogener Hausabfälle liegt bei 11,7 Mio. Mg (bzw. 143 kg pro Einwohner; Stand 2010), von denen die bisherige Abfallerfassung jedoch nur 56 % (6,5 Mio. Mg) erfassen konnte. Auf die Kernstädte und das verdichtete Umland entfallen ca. 74 % des Biomassepotentials; sie weisen mit 44 % auch den größten Anteil an nichtgenutztem Potenzial auf (PROGNOS, 2012). Auch KERN (2011) sieht ein zusätzliches Potenzial von etwa 2 bis 4 Mio. Mg Biomasse in Form nicht erschlossener Bio- und Grünabfälle sowie weiterer etwa 1 bis 2 Mio. Mg Organik aus dem Hausmüllaufkommen (Gesamtmenge: 14,5 Mio. Mg). Schwierigkeiten bereiten die nicht konsequente Durchführung der Getrenntsammlung und die anderweitige Nutzung von Biomasse (bspw. Eigenkompostierung, Brenntage und Brauchtumsfeuer).

Zusammengefasst besitzen die wesentlichen Reststoffströme in Deutschland ein technisches Brennstoffpotenzial von rund 390 PJ/a, was etwa 3 % des deutschen Primärenergieverbrauches (2009: 13 400 PJ) entspricht. Relevant sind Stroh mit einem technischen

Brennstoffpotenzial von 110 PJ/a, Exkremate aus der Nutztierhaltung (88 PJ/a), Industrieholz (58 PJ/a), Altholz (110 PJ/a) sowie Bio- und Grünabfall (23 PJ/a) (BUNZEL et al., 2011). Der weitere Ausbau der Bioenergie erfordert die Nutzung bestehender Biomassereststoffpotenziale, zumal sie i.d.R. flächenneutral ist, kaum in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion steht und keine Treibhausgasemissionen aus direkten und indirekten Landnutzungsänderungen verursacht (WACKER und PORSCHE, 2011; AMMERMANN und MENGEL, 2011).

Trotz der Neufassung des EEG haben Bioabfälle und Reststoffe immer noch eine geringe Bedeutung an der Gesamtenergiebereitstellung aus Biomasse. So basieren lediglich 23 % der Energie aus Biomasse auf biogenen Reststoffen und lediglich 9 % auf industriellen und landwirtschaftlichen Reststoffen sowie Bioabfällen. Die restlichen 14 % sind Wirtschaftsdünger, die in Biogasanlagen eingesetzt werden (DBFZ, 2012). Mittels Fördermaßnahmen sollen weitere Nutzungsanreize für Bioabfälle und Reststoffe gesetzt werden (BMWi und BMU, 2010; BMELV, 2012a).

4 Energetische Verwendung von Biomasse

Der Anteil der Biomasse am gesamten Endenergieverbrauch Deutschlands lag 2011 bei 8,4 % (2010: 6,6 %). „Biomasse“ umfasst feste, flüssige und gasförmige Biomasse (Biogas, Klärgas, Deponiegas), den biogenen Anteil des Abfalls und die biogenen Kraftstoffe (BMU, 2012a). Je nach Art der Biomasse und der eingesetzten Technik finden sich biogene Energieträger in fast allen Anwendungs- und Leistungsbereichen wieder (FNR, 2012a). Die einzelnen Bioenergiemärkte werden stark durch die jeweiligen Rahmenbedingungen, beispielsweise Beimischungsverpflichtungen und das EEG, geprägt (BMELV, 2012b).

4.1 Entwicklung der Biogasproduktion

4.1.1 Biogaserzeugung im Inland

Das starke Wachstum der Biogasproduktion setzte in Deutschland mit dem Inkrafttreten des EEG im Jahr 2004 ein. Die 2. Novelle des EEG zu Beginn des Jahres 2009 führte noch einmal zu einem enormen Ausbau der Produktion mit jährlichen Steigerungsraten der installierten elektrischen Leistung von 20 bis 30 %. Allein 2011 wurden 1 415 neue Biogasanlagen errichtet. Nach der 3. Novellierung des EEG 2012 endete dieser Boom. Der für 2012 prognostizierte

Zuwachs der installierten Leistung (kW_{el}) beläuft sich auf lediglich 6 % (FvB, 2012b). Das EEG 2012 fördert besonders Kleinbiogasanlagen ($\leq 75 kW$) und sorgt für eine Besserstellung von großen Biomethananlagen. Neben der veränderten Förderung sorgen auch zahlreiche neue Genehmigungs- und Sicherheitsauflagen sowie hohe Substratpreise für das Scheitern vieler Biogasanlagenprojekte (BMELV, 2012b; FvB, 2012c).

2012 soll laut Prognose des Fachverbands Biogas ein Zubau von 269 Anlagen (+3,5 %) auf dann 7 589 Anlagen stattfinden. Für das Jahr 2013 werden weitere 285 Neu- und Repowering-Anlagen erwartet (+3,7 %) (Abbildung 4). Die Durchschnittsgröße der 2012 zugebauten Anlagen betrug $677 kW_{el}$. Dies ist ein deutlich höherer Wert als in den Jahren 2008 bis 2011, in welchen die durchschnittlichen Anlagenleistungen zwischen $432 kW_{el}$ (2010) und $589 kW_{el}$ (2008) lagen. Aufgrund der Sondervergütung für kleinere Biogasanlagen bis $75 kW_{el}$ wird für das Jahr 2013 eine durchschnittliche Anlagengröße von $649 kW_{el}$ erwartet (FvB, 2012d).

2012 soll die installierte elektrische Leistung 3 179 MW erreichen, was einer Steigerung gegenüber 2011 von 6 % entspräche. Somit würde sich im Jahr 2012 die Netto-Stromproduktion von 18,73 TWh (2011) auf 21,88 TWh (2012) erhöhen (FvB, 2012b).

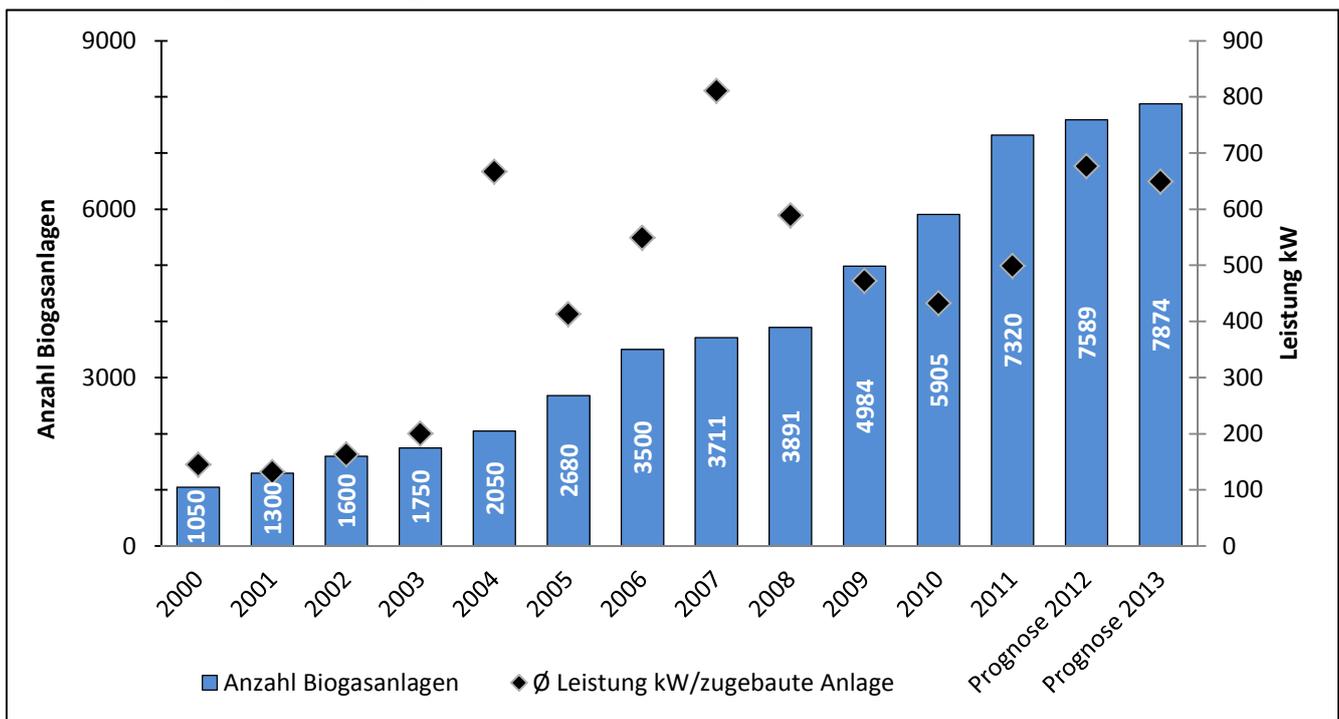
Von den 7 589 in 2012 in Betrieb befindlichen Anlagen sind 95 (2011: 80) Biomethan-Einspeise-

anlagen (FvB, 2012b). Im Jahr 2013 soll es bis zu 130 Anlagen zur Biomethan-Produktion in Deutschland geben. Die Aufbereitungskapazität lag 2011 bei $100\,000\,Nm^3$ je Stunde. Für das Jahr 2013 wird erwartet, dass ca. $170\,000\,Nm^3$ Biomethan je Stunde in das deutsche Erdgasnetz eingespeist werden (FNR, 2012b).

Sowohl die Anlagendichte als auch die installierte elektrische Leistung variieren regional relativ stark. Schwerpunkte der Biogaserzeugung sind nach wie vor Bayern, Niedersachsen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Teile Baden-Württembergs (DBFZ, 2012). Spitzenreiter war 2011 Bayern mit 2 372 Biogasanlagen, gefolgt von Niedersachsen mit 1 405 und Baden-Württemberg mit 796 Anlagen. Auf den weiteren Plätzen folgen Nordrhein-Westfalen (573 Biogasanlagen), Schleswig-Holstein (561), Mecklenburg-Vorpommern (325) und Sachsen-Anhalt (275). Betrachtet man die installierte elektrische Leistung, so rangierte 2011 Niedersachsen (743 MW) vor Bayern (674 MW), Schleswig-Holstein (260 MW) und Baden-Württemberg (256 MW) (Abbildung 5).

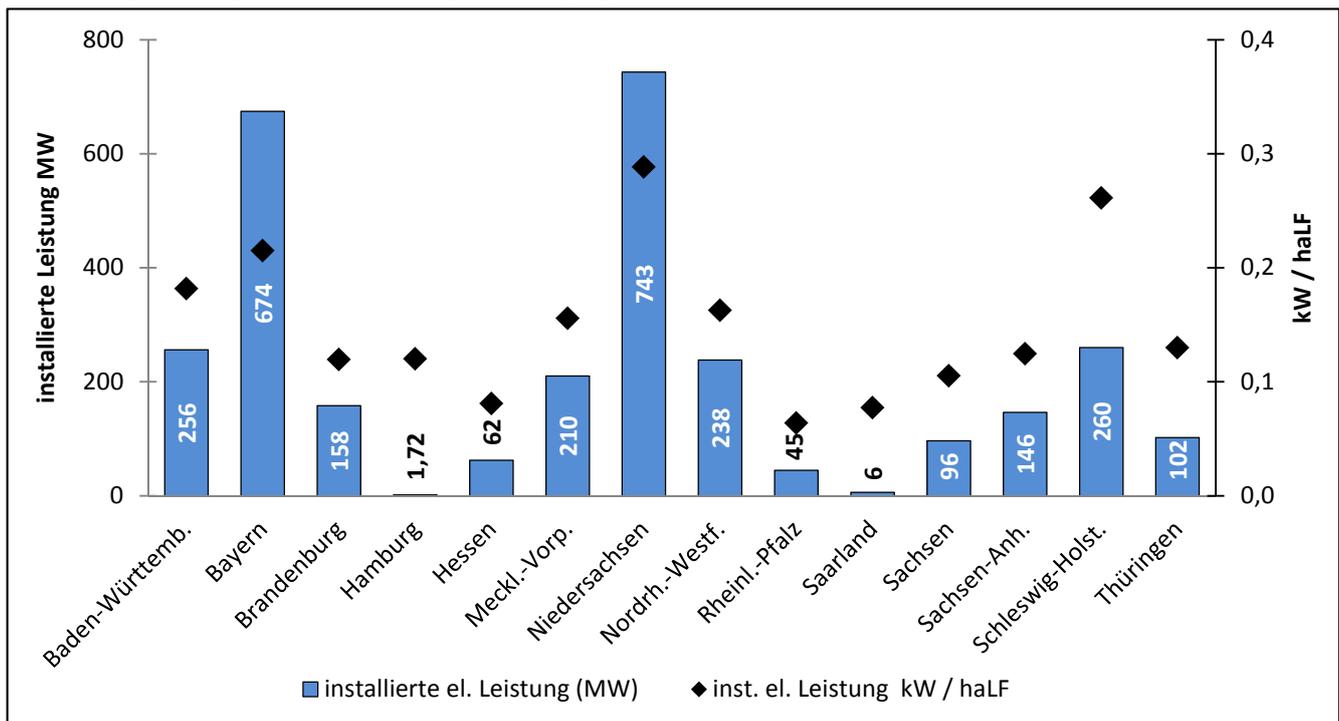
Mit der momentanen Biogasproduktion lassen sich rund 6,3 Mio. Haushalte mit Strom versorgen. Dies entspricht einem Anteil von ca. 3,61 % am deutschen Gesamtstromverbrauch im Jahr 2012. Schätzungen zufolge waren der deutschen Biogasproduktion 2012 ca. 41 324 Arbeitsplätze zuzurechnen. Im Vergleich zum Vorjahr bedeutet dies einen Rückgang

Abbildung 4. Entwicklung der Biogasanlagenanzahl und der Durchschnittsleistung der jährlich zugebauten Anlagen



Quelle: eigene Darstellung nach FvB (2012b)

Abbildung 5. Regionale Verteilung der Biogasproduktion (2011)



Quelle: eigene Darstellung nach DESTATIS (2010), FVB (2012b)

um ca. 30 %. Für das Jahr 2013 wird ein leichter Anstieg auf 42 507 Arbeitsplätze vorausgesagt (FVB, 2012b).

Insgesamt ist die Biogasproduktion zunehmend umstritten. Deutliche Pachtpreiserhöhungen, die zunehmende Verdrängung bislang etablierter landwirtschaftlicher Produktionszweige sowie der auf ihre Rohstoffe angewiesenen Verarbeitungsbetriebe, eine nachhaltige Veränderung der Agrarstrukturen sowie eine starke Fokussierung auf den Anbau von Energiemais sind einige der Kritikpunkte (EMMANN und THEUVSEN, 2012).

4.1.2 Biogaserzeugung im Ausland

Die Definition von „Biogas“ ist international nicht einheitlich. In Deutschland wird unter Biogas vorwiegend der in entsprechenden Biogasanlagen aus nachwachsenden Rohstoffen, Nahrungsmittelresten oder industriellen pflanzlichen Reststoffen erzeugte Energieträger verstanden. In anderen Ländern werden zu Biogas auch die aus Deponien und Kläranlagen gewonnenen Gase gezählt; die Vergleichbarkeit der statistischen Angaben zur Biogasproduktion ist daher eingeschränkt (EUROSERVER, 2012b).

2011 wurden in den 38 OECD-Mitgliedstaaten 47,7 TWh Strom aus Biogas produziert. Dies bedeutet im Vergleich zu 2010 (40,4 TWh) einen Anstieg um ca. 18 %. Seit 1990 ist die Stromgewinnung aus

Biogas in den Mitgliedstaaten im Durchschnitt jährlich um 13 % gewachsen. Damit weist die Stromgewinnung aus Biogas die drittgrößte Wachstumsrate unter den regenerativen Energiequellen auf. 2011 entfielen 74,3 % der Gesamtstromproduktion aus Biogas auf die europäischen OECD-Länder. Spitzenreiter ist Deutschland mit 40,3 %, gefolgt von den USA (20,2 %), Großbritannien (12,8 %) und Italien (5,0 %). Die europäischen OECD-Mitglieder weisen auch die höchsten Wachstumsraten auf. Italien führt seit 1990 mit einem Wachstum von 40,1 % pro Jahr, gefolgt von Deutschland mit 23 % und Großbritannien mit 13,2 % (IEA, 2011; IEA, 2012).

Innerhalb der Europäischen Union (EU-27) hat 2011 eine Primärenergieerzeugung aus Biogas (inklusive Deponie- und Klärgasen) im Umfang von 10,1 Mio. t stattgefunden. Der daraus gewonnene Strom belief sich auf 35,9 TWh. Außerhalb Deutschlands werden nur wenige Biogasanlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe oder landwirtschaftlicher Biomasse betrieben; hier dominiert die Gewinnung von Deponie- und Klärgasen. Führend in Europa bei der Gewinnung von Biogasen aus Deponien und Kläranlagen sind Großbritannien (1750 ktöe), Deutschland (635 ktöe), Italien (357 ktöe) und Frankreich (280 ktöe) (EUROSERVER, 2012b). In nennenswerter Zahl waren 2011 die aus Deutschland bekannten Biogasanlagen nur in Österreich (ca. 300 Anlagen), der Schweiz

(140) und den Niederlanden (130) zu finden (DNA, 2012).

In Europa sind 2011 insgesamt 169 Biomethan-Produktionsanlagen in Betrieb gewesen. Davon entfallen auf Deutschland 80, auf Schweden 47, auf die Schweiz 17, auf die Niederlande 13, auf Österreich 10, auf Frankreich 3 und auf Großbritannien 2 Anlagen (FVB, 2012b; STATISTA NIELSEN, 2012).

4.2 Entwicklung der Biokraftstoffproduktion

In Deutschland wurden im Jahr 2011 insgesamt 52,7 Mio. t Kraftstoffe (2010: 52 Mio. t) verbraucht. Der Anteil der Biokraftstoffe am deutschen Kraftstoffabsatz ist 2011 von 5,8 % (3,8 Mio. t) auf 5,6 % (3,7 Mio. t) leicht gesunken (FNR, 2012a; EMMANN et al., 2012). Der Rückgang betraf in erster Linie die Bereiche Biodiesel und Pflanzenöl. Der Umsatz aus dem Verkauf von Biokraftstoffen belief sich 2011 auf rd. 3,67 Mrd. € (BMU, 2012a). In der Biokraftstoffproduktion sind zwischen 2009 und 2010 rd. 3 000 Arbeitsplätze verloren gegangen, sodass in 2011 noch ca. 23 100 Personen in diesem Sektor beschäftigt waren (VDB, 2012b).

Die politischen Rahmenbedingungen haben dazu geführt, dass Biodiesel neben Pflanzenölen das „Sorgenkind“ der Biokraftstoffbranche in Deutschland ist. Nach dem zwischenzeitlich rasanten Anstieg der Produktion in Deutschland und Europa (EMMANN et al., 2012; SCHAPER et al., 2011) stagnierte das Produktionsniveau in den letzten drei Jahren (Abbildung 7). Branchenexperten rechnen mit einem weiteren Rückgang der Gesamtproduktion in Europa (EBB, 2012; F.O. LICHT, 2012a; EUROSERVER, 2012). Als Gründe für das geringe Wachstum der Biodieselbranche lassen sich verschiedene Faktoren anführen, die zur Verunsicherung von politischen Entscheidungsträgern, Verbrauchern und Investoren beigetragen haben. Darunter fallen z.B. die gegenwärtigen Marktbedingungen in der EU. Während die Produktionskapazitäten der EU zurückgehen, sind die Biodieselimporte in den letzten Jahren weiter gestiegen und umfassten 2011 mehr als 2 Mio. t. (F.O. LICHT, 2012a). Die hohen Biodieselimporte basieren auf dem „Generalized System of Preferences“ (GSP) der Europäischen Kommission, das besondere Handelsvorteile für Entwicklungsländer beinhaltet, um ihnen den Zugang zum europäischen Markt zu erleichtern.

Ein weiterer Faktor ist das langsame Verbrauchswachstum, das teilweise auf Ängste der Verbraucher und Nachhaltigkeitsabwägungen zurückzu-

führen ist. Dazu zählt z.B. die Debatte um die indirekten Landnutzungsänderungen (iLUC = indirect Land Use Change) durch den Anbau von Energiepflanzen für die Herstellung von Biodiesel (BDBE, 2012a). Sollte eine gesetzliche Regelung in Form eines hohen iLUC-Malus bei der Aufstellung von Treibhausgasbilanzen in Kraft treten, wären ab 2017 Biokraftstoffe in der EU nicht mehr marktfähig (UFOP, 2012a; BDBE, 2012a). Um den steigenden Nachhaltigkeitsanforderungen gerecht zu werden, ist die Produktion und Vermarktung von Biokraftstoffen in der EU an den Nachweis der Erfüllung von Nachhaltigkeitsanforderungen gekoppelt. Deutschland ist Vorreiter bei der nationalen Umsetzung der in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (2009/28/EG) vorgegebenen Nachhaltigkeitsanforderungen (RMG, 2012). Hier gilt die „Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen“ (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung) bereits seit 2009 (BIOKRAFT-NACHV, 2009). Seit dem 1. Januar 2011 werden Biokraftstoffe in Deutschland nur noch dann auf die Quotenverpflichtung angerechnet oder in die Steuerbegünstigung einbezogen, wenn ein amtlich kontrollierter Nachhaltigkeitsnachweis vorliegt. Zur Einhaltung der Biokraft-NachV hat die deutsche Agrar- und Biokraftstoffwirtschaft Anfang 2010 das Zertifizierungssystem REDcert geschaffen (REDCERT, 2012). Zudem hat die Bundesregierung ein auch international ausgerichtetes Zertifizierungssystem für Biomasse zur Biokraftstoffverwendung gefördert (International Sustainability and Carbon Certification; ISCC) (RMG, 2012). Darüber hinaus findet sich auf nationaler wie auch internationaler Ebene eine Vielzahl staatlicher wie auch privatwirtschaftlicher Zertifizierungssystemen für Biokraftstoffe. Darunter fallen z.B. die Zertifizierungssysteme des RSB (Roundtable on Sustainable Biofuels), des RTRS (Roundtable on Responsible Soy) und der Better Sugarcane Initiative (BSI) (KAPHENGST, 2009).

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die aktuelle Diskussion über den Entwurf der EU-Kommission zur Neugestaltung der gesetzlichen Regeln für Biokraftstoffe. Der Vorschlag sieht vor, den Anteil von Biokraftstoffen aus Energiepflanzen von 10 auf 5 % zu senken und ab 2021 auf 0 zu stellen. Eine Folge wäre eine deutliche Verringerung der deutschen Biokraftstoffproduktion (VDB, 2012a; UFOP, 2012b, 2012c). Darüber hinaus träten Probleme mit der Wirtschaftlichkeit der Anlagen aufgrund einer zunehmenden Spanne zwischen Biodieselpreisen und Produktionskosten auf (BMU, 2011). Experten rechnen darüber

hinaus mit steigenden Agrarrohstoffpreisen bis 2020, die Biokraftstoffe verteuern (SCHMITZ, 2012).

Mit Blick auf die weltweite Produktion von Biokraftstoffen ist festzuhalten, dass trotz steigender Unsicherheiten bezüglich der Biokraftstoffpolitiken, der makroökonomischen Rahmenbedingungen sowie der Rohölpreise mit einem deutlichen Wachstum der Biokraftstoffproduktion gerechnet wird. Laut aktuellen Zahlen der UFOP und des VDB wird ein Wachstum von über 200 % gegenüber 2005 bei Ethanol und von über 700 % bei Biodiesel erwartet. Bis 2020 sollen 12 % (2008 bis 2010: 11 %) des Futtergetreides und 33 % (2008 bis 2010: 21 %) der Weltzuckerproduktion für die Ethanolherstellung bereitgestellt sowie rd. 16 % (2008 bis 2010: 11 %) der pflanzlichen Öle für die Biodieselproduktion verwendet werden (SCHMITZ, 2012).

4.1.1 Biodieselproduktion

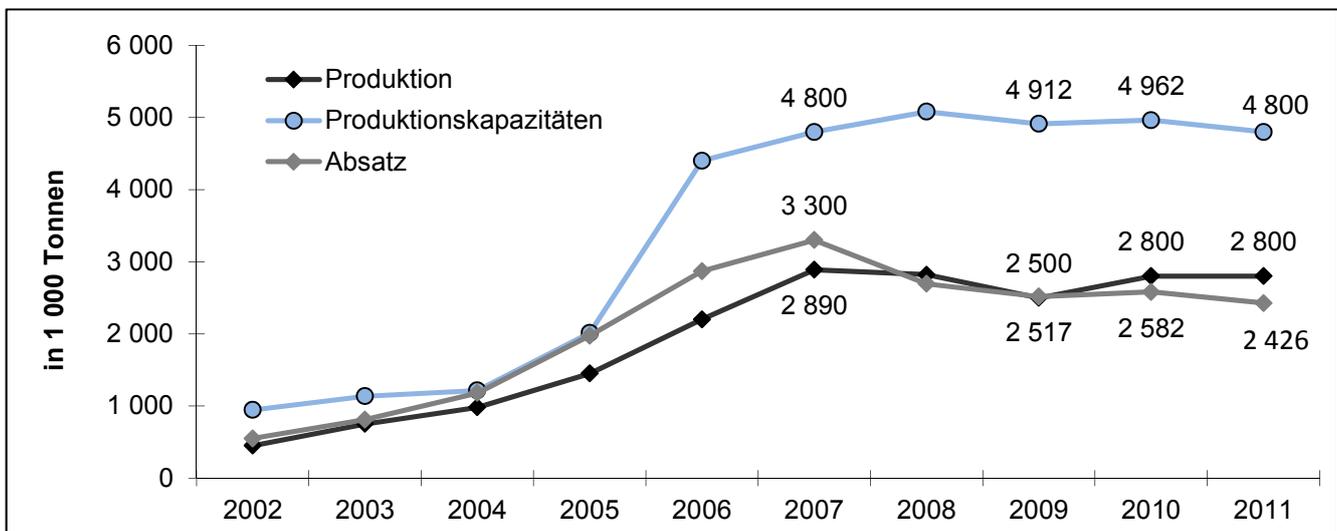
Deutschland ist innerhalb der EU trotz rückläufiger Entwicklung nach wie vor der wichtigste Biodieselproduzent. In Deutschland gilt seit 2009 eine gesetzlich vorgegebene Gesamtquote für den Biokraftstoffanteil am Kraftstoffmarkt. Für die Jahre 2011 bis 2014 liegt diese bei 6,25 % (BMU, 2011). Ab 2015 erfolgt eine Umstellung von der energetischen Biokraftstoffquote auf eine Klimaschutzquote zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen durch Biokraftstoffe. Die Quoten gestalten sich dann nach dem Biokraftstoff-QuG und dem Gesetzentwurf zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen (FNR, 2012d).

Die Produktion im Jahr 2011 lag in Deutschland mit 2,8 Mio. t auf dem Niveau des Vorjahres. Die

Produktionskapazitäten verringerten sich leicht von 4,9 (2010) auf 4,8 Mio. t (2011); die Auslastung betrug damit rd. 58 % (FNR, 2012a; UFOP, 2012c). Die Biodieselproduktion in Deutschland liegt rd. 400 000 t über dem Biodieselabsatz, der in 2011 rd. 2,43 Mio. t (2010: 2,6 Mio. t) betrug (Abbildung 6). Der Absatz von Biodiesel ist damit im Jahr 2011 weiter zurückgegangen. Die Nachfrage nach Biodiesel für die Beimischung zu fossilem Diesel von bis zu 7 % (B7) verharrte in etwa auf dem Niveau des Vorjahres (minus 20 000 t). Der Reinkraftstoffmarkt (B100) ist dagegen um 80 % eingebrochen (VDB, 2012b). Insgesamt wurden 2,33 Mio. t als Beimischung und rd. 0,1 Mio. t als Reinkraftstoff abgesetzt (FNR, 2012a). Der Grund für diese Entwicklung ist das Quotensystem. Im Jahr 2011 benötigte die Mineralölindustrie nur geringe B100-Mengen, um die vorgeschriebenen Quoten zu erfüllen, wodurch der Markt fast vollständig zum Erliegen kam. Wenn der „Quotenberg“ aus den Vorjahren in den nächsten Jahren aufgebraucht ist, könnte sich wieder eine – mengenmäßig nur schwer absehbare – Absatzsteigerung ergeben (VDB, 2012b).

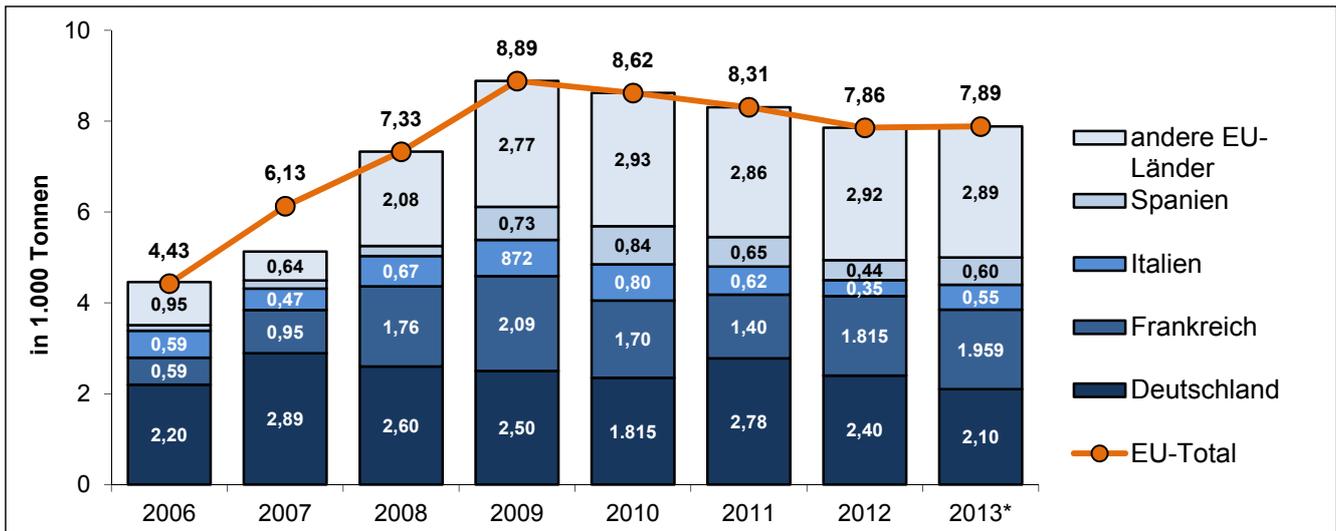
Die europäische Biodieselproduktion sank im Jahr 2011 auf 8,308 Mio. t (2010: 8,623 Mio. t; Abbildung 7) (F.O. LICHT, 2012a). Diese Entwicklung zeigt, dass sich der Konsolidierungsprozess in der europäischen Biodieselbranche weiter fortsetzen wird (UFOP, 2012b). Erste Schätzungen der Produktionsmengen für 2012 (7,86 Mio. t) und 2013 (7,89 Mio. t) unterstreichen dies. Schwerpunktländer der europäischen Biodieselproduktion sind Deutschland (2012: 2,4 Mio. t; 2011: 2,4 Mio. t), Frankreich (2012: 1,75 Mio. t; 2011: 1,4 Mio. t), Spanien (2012:

Abbildung 6. Biodieselproduktion und -absatz in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an FNR (2012a)

Abbildung 7. Biodieselproduktion in der EU (2006-2013)

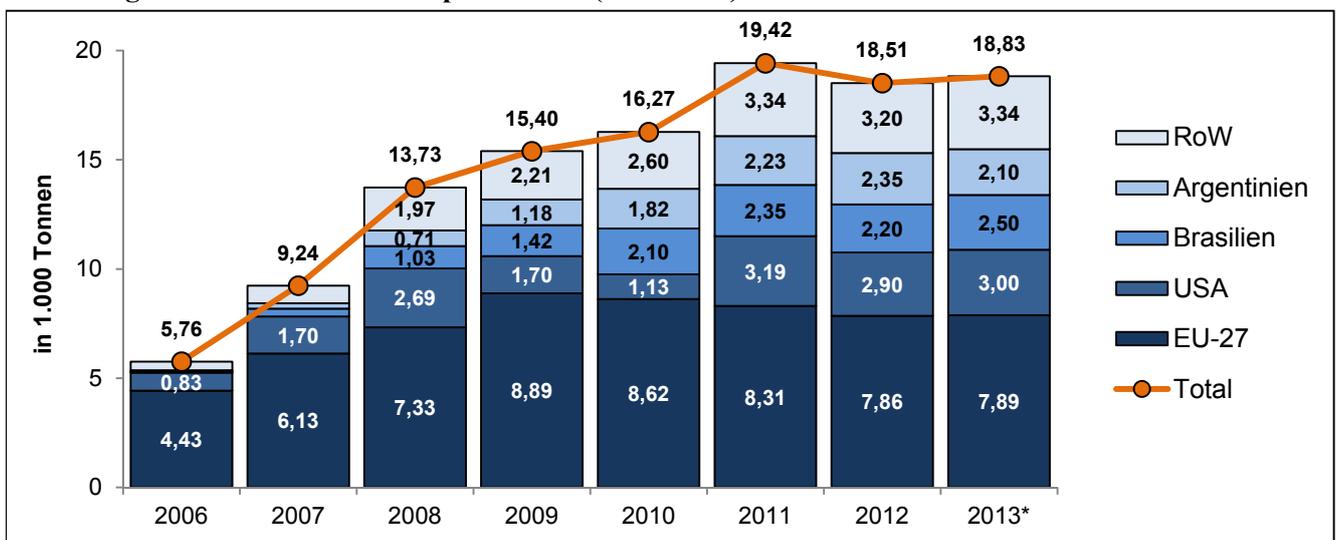


*vorläufige Schätzung
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an F.O. LICHT (2012a)

0,44 Mio. t; 2011 0,65 Mio. t) und Italien (2012: 0,35 Mio. t; 2011: 0,62 Mio. t). In den anderen Mitgliedstaaten wurde die Biodieselproduktion entweder nur in kleinerem Maße ausgebaut oder war leicht rückläufig (F.O. LICHT, 2012a; EUROSERVER, 2012; EBB, 2012). Aktuell liegt die Produktionskapazität für Biodiesel in der EU bei etwa 22,0 Mio. t (Stand: Juli 2011) (EBB, 2012). Tatsächlich produziert wurden laut European Biodieselboard (EBB) aber nur 8,8 Mio. t in 254 Biodieselproduktionsanlagen. Nach aktuellen Schätzungen verringert sich der Verbrauch von Biodiesel von 11,24 Mio. t (2011) auf 10,33 Mio. t (2012). Für 2013 wird mit einem weiteren Rückgang auf ca. 9,69 Mio. t gerechnet (F.O. LICHT, 2012a).

Die globale Biodieselproduktion stieg 2011 um 16,2 % von 16,27 Mio. t auf 19,42 Mio. t (Abbildung 8). Vorläufige Schätzungen prognostizieren für 2012 eine Menge von 18,51 Mio. t und für 2013 von 18,83 Mio. t. Neben der EU (8,31 Mio. t in 2011) sind auf internationaler Ebene die USA mit 3,19 Mio. t (2010: 1,13 Mio. t), Argentinien mit 2,43 Mio. t (2010: 1,81 Mio. t), Brasilien mit 2,35 Mio. t (2010: 2,10 Mio. t) und Indonesien mit 1,25 Mio. t (2010: 0,80 Mio. t) die größten Biodieselproduzenten. Ein großer Anteil der argentinischen und der indonesischen Produktion wird in die EU exportiert (F.O. LICHT, 2012a; EBB, 2012), während die brasilianische Produktion fast ausschließlich für den heimischen Markt bestimmt ist (UFOP, 2012b).

Abbildung 8. Weltweite Biodieselproduktion (2006-2013)



*vorläufige Schätzung
 Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an EBB (2012), F.O.Licht (2012a)

4.1.1 Bioethanolproduktion

Weltweit ist Bioethanol der bedeutsamste Biokraftstoff. Die vermehrte Nutzung von Bioethanol als Ersatz für fossile Kraftstoffe wird in Brasilien und den USA schon seit Jahren vorangetrieben. Die Rahmenbedingungen für eine europäische Bioethanolproduktion hat in der EU erst die Biokraftstoffrichtlinie von 2003 geschaffen, die 2009 durch die Erneuerbare-Energien-Richtlinie angepasst wurde. Vor dem Hintergrund der bestehenden Regulierungen zu Biokraftstoffen in der EU gehen Marktforscher von einem weiteren Wachstum des europäischen Bioethanolmarktes aus; diese Erwartung hat sich in den letzten Jahren bestätigt (EMMANN et al., 2012).

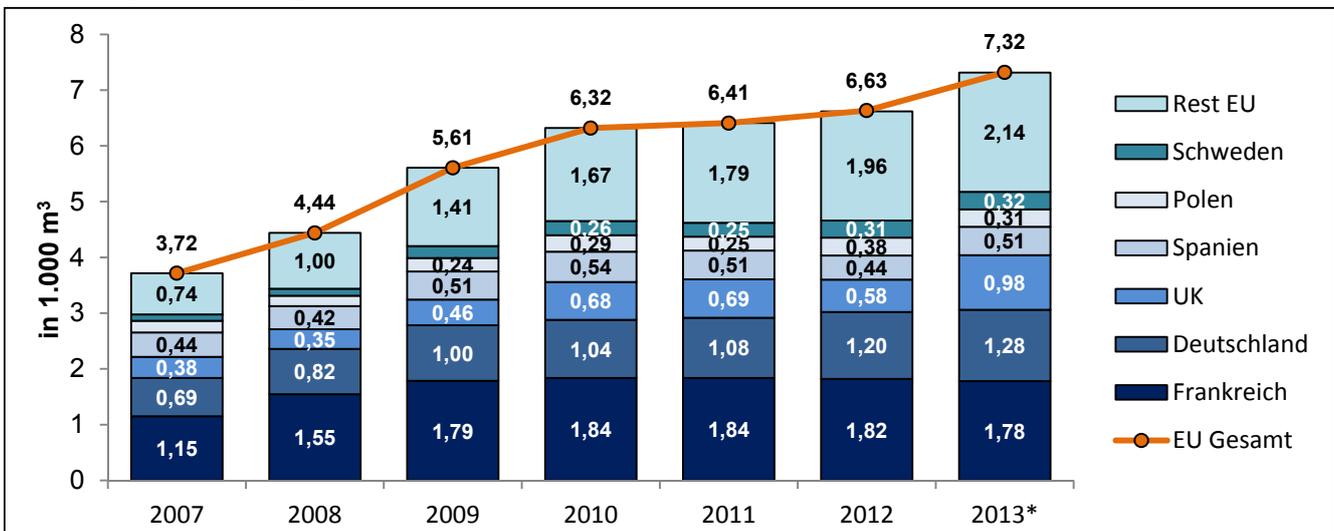
Die Bioethanolbranche konnte in Deutschland in den letzten Jahren weiter an Dynamik gewinnen. Der Bioethanolverbrauch lag hier im Jahr 2011 bei 1,23 Mio. t gegenüber 1,17 Mio. t in 2010 (FNR, 2012a). Dies entspricht einer Steigerung um 6,33 %, sodass Bioethanol erstmals im Benzinmarkt einen volumetrischen Anteil von 6,0 % erreichte (BDBE, 2012b). Im Jahr 2011 wurde in Deutschland weniger Bioethanol produziert als im Vorjahr. Ende 2010 betrug die Produktionskapazität 0,604 Mio. t (2009: 0,591 Mio. t), 2011 lag sie bei 0,577 Mio. t. Mit einem Wachstum um nahezu 33 % ist die Verwendung von ETBE (Ethyltertiärbutylether) von 122 194 t im Jahr 2010 auf 162 484 t im Jahr 2011 angestiegen. Ebenso nahm der Verbrauch der Kraftstoffsorte E85 um 7,4 % von 18 103 t im Jahr 2010 auf 19 437 t in 2011 zu. Der Verbrauch der Kraftstoffsorten Super (E5) und Super E10 ist 2011 nur leicht auf 1 060 626 t

angestiegen (2010: 1 028 122 t) und blieb damit weiter hinter den Erwartungen zurück (BDBE, 2012b).

Die Produktion von Bioethanol aus nachwachsenden Rohstoffen (Getreide und Zuckerrüben) sank um 4,4 % bzw. 26 700 t. Dabei war aufgrund der ab Beginn 2011 relativ hohen Weltmarktnotierungen vor allem der Anteil von Zucker als Rohstoff für Bioethanol rückläufig; er sank von 33 auf 29 %. Die Differenz zwischen Verbrauch und Produktion von Ethanol wird durch Importe aus Frankreich, Spanien und den Niederlanden ausgeglichen (BDBE, 2012b).

Neueste Zahlen zeigen, dass sich die Ethanolproduktion in Deutschland weiter ausdehnen wird; für 2013 wird eine Produktion von 1,28 Mrd. l prognostiziert (F.O. LICHT, 2012b; EUROSERVER, 2011). Die deutsche Bioethanolwirtschaft geht davon aus, dass die Beendigung von „Dumpingangeboten“ aus den USA, wirksam ab dem 1. April 2012 für den europäischen Markt, einen positiven Einfluss haben wird und in einem Umfeld ohne Marktverzerrungen eine höhere Produktion möglich sein wird. Die USA sind der weltweit größte Produzent von Bioethanol und begünstigen diesen steuerlich. Die dadurch sprunghaft gestiegenen US-Importe belasteten in 2011 zunehmend die Preise in Europa. Die sieben deutschen Standorte für die Bioethanolherstellung als Kraftstoff verfügen insgesamt über eine Produktionskapazität von etwa 930 000 t jährlich. Dies bedeutet, dass die Produktion in einem günstigeren Marktumfeld kurzfristig noch um mehr als ein Drittel gesteigert werden könnte (BDBE, 2012b). Experten sehen in Zukunft aufgrund der Erweiterung der verfügbaren Ausgangs-

Abbildung 9. Ethanolproduktion in der EU (2007-2012)



*vorläufige Schätzung; Angaben gerundet
 Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an F.O. LICHT (2012b)

stoffe und der Erhöhung der ökologischen Nachhaltigkeit weitere gute Chancen von Bioethanol. Hier ist aktuell die Entwicklung von sogenanntem Zellulose-Ethanol zu nennen (KIRCHNER, 2012). Die Schweizer Unternehmensgruppe Clariant etwa eröffnete 2012 in Straubing die größte deutsche Zellulose-Ethanolanlage. In der Demonstrationsanlage will das Unternehmen pro Jahr bis zu 1 000 t Zellulose-Ethanol aus Weizenstroh herstellen (CLARIANT, 2012)

Im Jahr 2011 erreichte die Ethanolproduktion in der EU 6,41 Mrd. l (Abbildung 9). Frankreich war mit 1,84 Mrd. l größter Produzent vor Deutschland (1,08 Mrd. l), Großbritannien (690 Mio. l) und Spanien (510 Mio. l). In 2012 zeichnet sich ein ähnliches Bild ab; erwartet wurde eine geringfügige Ausweitung der Produktion auf 6,63 Mrd. l. In den meisten EU-Mitgliedstaaten wird sich die Produktion nach ersten Schätzungen für 2013 in kleinerem Umfang erhöhen, so dass die EU-Produktion in 2013 aufgrund zunehmender Nachfrage auf 7,32 Mrd. l zunehmen wird (F.O. LICHT, 2012b; EUROSERVER, 2011).

Nach zehn Jahren kontinuierlichen Wachstums stagnierte die Welt-Ethanolproduktion in den Jahren 2011 mit 102,92 Mrd. l und 2012 mit 101,99 Mrd. l (Abbildung 10). Führende Produzenten sind die USA mit 52,45 Mrd. l und Brasilien mit 22,40 Mrd. l. Im Vergleich zu 2010 verringerten die USA ihre Produktion um 1,76 Mrd. l (F.O. LICHT, 2012b). Die Gründe waren eine Dürreperiode und die stark gestiegenen Preise für Agrarrohstoffe in den USA. Asien konnte seine Ethanolproduktion in 2012 auf 13,75 Mrd l weiter ausweiten. China ist mit einer Menge von 8,95 Mrd. l

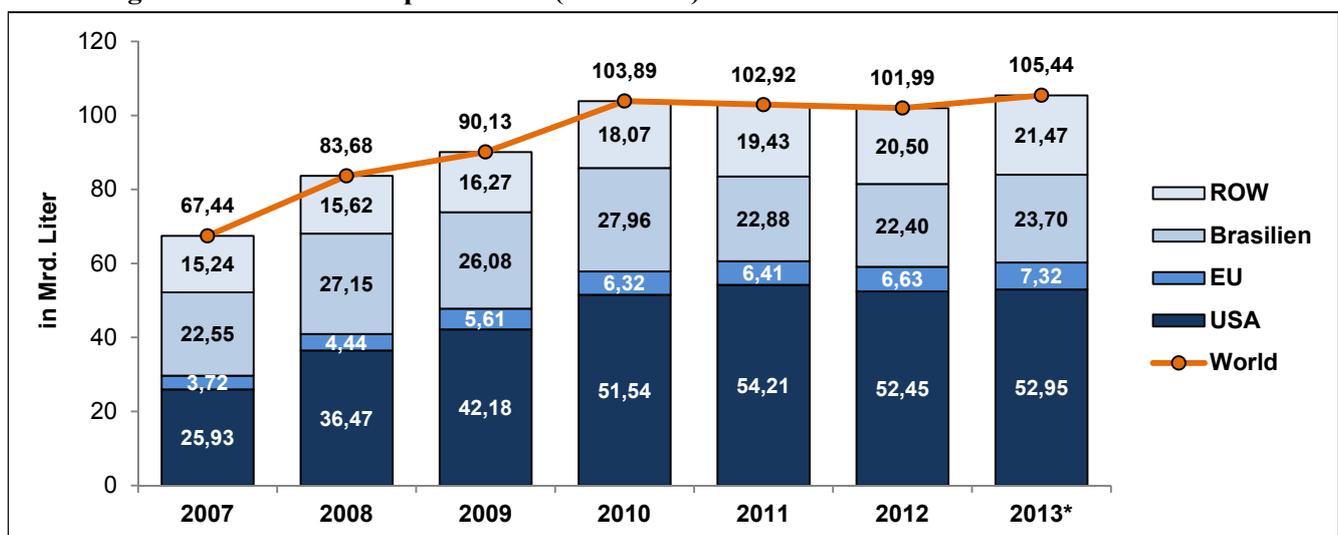
mittlerweile der drittgrößte Ethanolproduzent der Welt. Weiterhin sind Indien mit 2,45 Mrd. l sowie Thailand mit 930 Mio. l zu nennen. Im asiatischen Markt sehen Experten in den kommenden Jahren die größten Wachstumspotenziale (F.O. LICHT, 2012b). Laut aktueller Prognosen für den Zeitraum bis 2020 werden die USA vor Brasilien weiter größter Produzent und Nachfrager von Ethanol bleiben. Dabei wird davon ausgegangen, dass die USA im Prognosezeitraum einen größeren Importbedarf entwickeln und Brasilien seine Ethanolexporte weiter ausbauen wird (SCHMITZ, 2012).

4.3 Strom- und Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen

Im Jahr 2011 entfiel wieder ein hoher Anteil der Energiegewinnung aus Biomasse auf die Strom- und die Wärmeerzeugung aus biogenen Festbrennstoffen (BMU, 2012a). Als biogene Festbrennstoffe werden rezente organische Stoffe bezeichnet, welche zum Zeitpunkt ihrer Nutzung in fester Form vorliegen. Neben gesondert angebauten Energiehölzern gehören vor allem feste Biomassen, Reststoffe und Nebenprodukte aus der Land- und Forstwirtschaft dazu (RAAB et al., 2005; HARTMANN, 2005). Holz ist in Deutschland der wichtigste feste Bioenergieträger. Trotz der stofflichen Nutzung im Umfang von ca. 37 Mio. t_{atro/a} sind noch Potenziale für die Energiegewinnung vorhanden (BUNZEL et al., 2011).

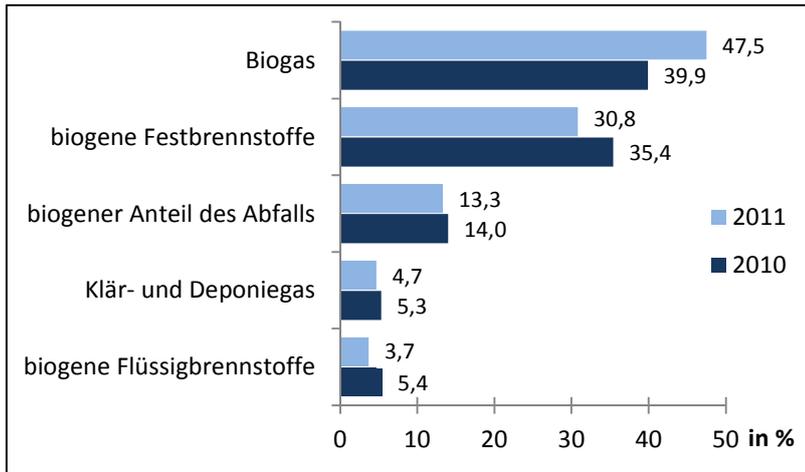
Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist 2011 gegenüber 2010 (103,5 TWh) um 19 % auf 123,2 TWh gestiegen; dies entspricht 20,3 % des deut-

Abbildung 10. Globale Ethanolproduktion (2007-2013)



*vorläufige Schätzung; Angaben gerundet
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an F.O. LICHT (2012b)

Abbildung 11. Stromerzeugung aus Biomasse in Deutschland 2010 und 2011



Quelle: eigene Darstellung nach BMU (2012a), BMU (2012b)

sehen Bruttostromverbrauchs. Von diesen 123,2 TWh werden 9,2 % (11,33 TWh) aus biogenen Festbrennstoffen bereitgestellt. Sie stehen damit auf Rang fünf der erneuerbaren Stromquellen. Betrachtet man allein die Stromerzeugung aus Biomasse (2010: 33,3 TWh; 2011: 36,83 TWh), so rangieren die biogenen Festbrennstoffe auf dem zweiten Platz hinter der Biogasproduktion (Abbildung 11) (BMU, 2012a; BMU, 2012b).

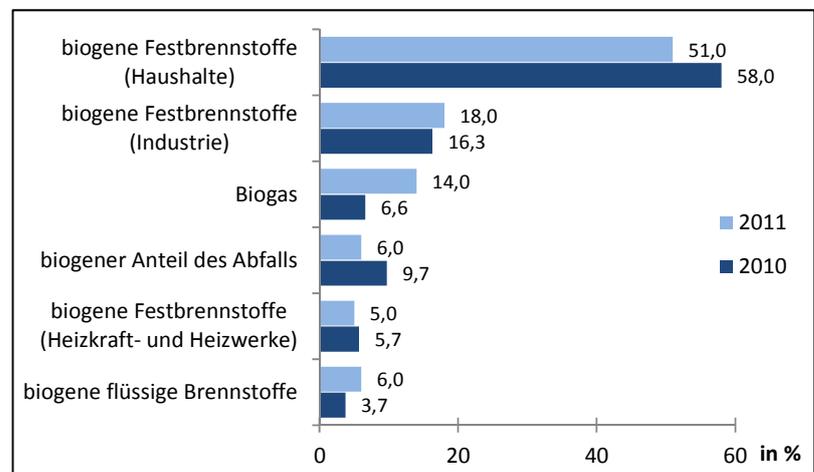
Aus biogenen Festbrennstoffen wird auch Wärme erzeugt. Im Jahr 2011 betrug in Deutschland die Wärmebereitstellung aus regenerativen Energien 143,5 TWh (2010: 136,1 TWh). Dies entspricht einem Anteil von 11 % (2010: 9,5 %) am Wärmeenergieverbrauch. Aus Biomasse wurden 131,44 TWh (2011) bereitgestellt; dies entspricht einem Anteil von 91,5 % (2010: 92 %) an der Wärmeerzeugung aus regenerativen Energiequellen. Innerhalb der Wärmeerzeugung aus Biomasse entfallen auf die biogenen festen Brennstoffe, welche in Haushalten verwandt werden, 51 % (BMU, 2012a; BMU 2012b). Sie werden meist in Scheitholz-, Holzpellet- oder Holz hackschnitzelheizungen, aber auch in offenen Kaminen und Kaminöfen eingesetzt. Genaue Angaben zu diesem Bereich sind schwierig, da der private Brennholzeinschlag statistisch meist nicht erfasst wird und zudem oft im Privatwald stattfindet (BUNZEL et al., 2011). Insgesamt stößt im privaten Bereich die Verfeuerung biogener Festbrennstoffe wieder auf erhöhtes Interes-

se. So wurden in den Jahren 2009 bis 2011 jährlich etwa 15 000 neue Pelletheizungen installiert; 2012 waren insgesamt rund 180 000 dieser Heizungen in Betrieb (DEPI, 2012).

Weitere 23 % der Wärmeerzeugung aus Biomasse stammen aus biogenen Festbrennstoffen, die in industriellen Anlagen oder in Heizkraft- und Heizwerken genutzt werden (Abbildung 12). Im Vergleich zu 2010 hat der Anteil biogener Festbrennstoffe an der Wärmeerzeugung aus Biomasse etwas abgenommen; sein Anteil ist mit 74 % aber weiterhin sehr hoch.

Im Bereich der dezentralen KWK-Anlagen mit geringerer Leistungsausstattung für entsprechende Nahwärmesysteme überwiegt der Anlagentyp des Blockheizkraftwerkes (BHKW). Diese Anlagen werden mit biogenen Feststoffen befeuert und außer zur Stromerzeugung auch zur Nutzung der ausgekoppelten Wärme gebraucht. Am Ende des Jahres 2011 befanden sich ca. 260 Biomasse(heiz)kraftwerke in Betrieb. 30 Anlagen haben eine Leistung von weniger als 0,5 MW_{el}, 160 Anlagen von 0,5 bis 5 MW_{el}, und weitere 70 BHKWs verfügen über 5 MW_{el} und mehr Leistung. Bundesweit stehen in Bayern (62) die meisten Anlagen, gefolgt von Baden-Württemberg (39), Nordrhein-Westfalen (29), Brandenburg (21), Rheinland-Pfalz (18), Hessen, Niedersachsen und Sachsen (je 15). Den höchsten Zubau an Anlagen (5) wie auch an elektrischer Leistung (12,6 MW_{el}) konnte 2010 Bayern vorweisen. Rund die Hälfte der Anlagen wird von der Holzbe- oder -verarbeitenden Industrie betrieben, aber

Abbildung 12. Wärmeerzeugung aus Biomasse in Deutschland



Quelle: eigene Darstellung nach BMU (2012a), BMU (2012b)

auch Energieversorgungsunternehmen und Investoren- und Betreiberverbände zählen zu den Betreibern (DBFZ, 2012).

5 Sozioökonomische Bewertung der Bioenergieproduktion

Nachhaltigkeitsaspekte haben für die land- und forstwirtschaftliche Biomasseproduktion zur energetischen Nutzung in den letzten Jahren stetig an Bedeutung gewonnen. Eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung umfasst hierbei ökonomische, soziale und ökologische Aspekte (HUPPES, 2007; FRIEDRICH und THEUVSEN, 2011; THEUVSEN und FRIEDRICH, 2012). Sozioökonomische Bewertungen wiederum betrachten das Zusammenspiel von wirtschaftlicher Betätigung mit gesellschaftlichen Prozessen, um auf diese Weise die sozioökonomische Realität beschreiben zu können (BACHINGER und MATIS, 2009). Bisherige Studien beschränken sich bei der Bewertung der Bioenergieproduktion in der Regel auf ökologische (bspw. Emissionen) oder ökonomische Aspekte (vor allem Wirtschaftlichkeit). Umfassendere sozioökonomische Fragestellungen werden dagegen allenfalls in Ansätzen betrachtet.

Am Beispiel der Biogasproduktion, der Bioenergieertschöpfungskette mit der am schnellsten gewachsenen gesellschaftlichen Relevanz, zeigen sich die Grenzen einer allein ökologischen oder ökonomischen Bewertung besonders deutlich. So erfuhr die Biogasproduktion im massenmedialen Diskurs zunächst eine sehr positive Bewertung als essentieller Beitrag zur Energiewende. Mittlerweile ist sie jedoch zunehmend in die Kritik geraten; hierbei spielen weniger ökonomische und ökologische, sondern vor allem sozioökonomische Problemfelder eine große Rolle (bspw. Veränderung des Landschaftsbildes, steigende Verbraucherpreise, zunehmende Verkehrsbelastung, Pachtpreiserhöhungen für landwirtschaftliche Flächen, Verdrängung etablierter landwirtschaftlicher Produktionsverfahren) (ZSCHACHE et al., 2010; EMMANN und THEUVSEN, 2012). Diese Fragestellungen sind in der Literatur bislang nur vereinzelt eingehender betrachtet worden.

Übereinstimmend geht die Literatur davon aus, dass eine ganzheitliche sozioökonomische Bewertung den Informationsbedarf aller relevanten Stakeholder berücksichtigen muss. Im Fall der Biogasproduktion sind dies insbesondere Arbeitnehmer, Abnehmer, Lieferanten, die örtliche Bevölkerung (Anwohner), Konkurrenten um Produktionsmittel, die Gesellschaft

und Verbraucher. Probleme existieren jedoch bei der Befriedigung des Informationsbedarfs der Stakeholder. Eine Schwierigkeit besteht in der Identifikation geeigneter sozioökonomischer Bewertungskriterien. Zwar existieren erste Zusammenstellungen von Bewertungskriterien für die industrielle Produktion (GRIEBHAMMER et al., 2007; SPILLEMAECKERS et al., 2004) und die Land- oder Forstwirtschaft (BREITSCHUH et al., 2008; FSC ARBEITSGRUPPE DEUTSCHLAND, 2011), jedoch liegt bislang kein für die Bioenergie relevanter Kriterienatz vor. Ein weiteres Hemmnis ist der Mangel an Instrumenten zur Messung der – oft qualitativen – sozioökonomischen Kriterien (PRAKASH, 2012). Aufgrund dieser und anderer Schwierigkeiten werden bisher partielle Betrachtungen ganzheitlichen sozioökonomischen Bewertungen vorgezogen. Für die Biogasproduktion liegen Untersuchungen etwa zu Emissionsbelastungen der Anwohner durch ein erhöhtes Transportaufkommen (BRAUN et al., 2007), zu Pachtpreissteigerungen (KILIAN et al., 2008; HABERMANN und BREUSTEDT, 2011; EMMANN und THEUVSEN, 2012), zu den Auswirkungen auf extensiv wirtschaftende und Milch produzierende Betriebe (BRONNER, 2010) sowie zur Verdrängung anderer landwirtschaftlicher Produktionsrichtungen (HEIBENHUBER et al., 2008; DE WITTE, 2012) vor. FRITSCHKE et al. (2007) wiederum konnten die Schaffung von Arbeitsplätzen sowohl in der Biogasproduktion als auch im Bereich der Anlagenerstellung und -wartung als positiven regionalwirtschaftlichen Effekt identifizieren. Auch NUSSER et al. (2007) ermittelten einen positiven Nettobeschäftigungseffekt der Biogasproduktion und geben diesen mit 1 600 Erwerbstätigen im Jahr 2010 an. Weiterhin werden positive gesamtwirtschaftliche Effekte, wie beispielsweise erhöhte Staatseinnahmen durch Steuern sowie Sozialabgaben, hervorgehoben. Hingegen haben PFAFFENBERGER et al. (2003) in ihrer Studie einen negativen Gesamtbeschäftigungseffekt für die Gesamtheit aller regenerativen Energien ermittelt. Auch HEIBENHUBER et al. (2008) erkennen als Folge der Verdrängung der arbeitsintensiven Produktionsrichtungen Milch (ca. 100 Akh/ha) und Fleisch durch die arbeitsexensive Biogasproduktion (30 Akh/ha) einen Verlust an Arbeitsplätzen. Hinzu kommen Arbeitsplatzverluste in vor- und nachgelagerten Bereichen. Andere Aspekte sind dagegen noch nicht näher betrachtet worden, so etwa die als Folge der Dominanz einer Kultur in NawaRo-Fruchtfolgen eintretende Verarmung der Landschaftsstruktur, für die es bisher keine valide Erfassungsmethode gibt (GELDERMANN et al., 2012). Dieser Überblick zeigt, dass verschiede-

ne Detailanalysen durchgeführt wurden, eine ganzheitliche Nachhaltigkeitsbewertung der Bioenergie- und speziell der Biogasproduktion bisher jedoch vor allem aus methodischen Gründen noch aussteht.

Als Lösungsvorschlag wird in dieser Situation das Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) diskutiert, welches eine lebenszyklusbasierte ganzheitliche, ökologische, ökonomische und soziale Aspekte berücksichtigende Nachhaltigkeitsbewertung umfasst (KLÖPFFER und RENNER, 2007). Für Lebenszyklusanalysen mit ökologischem und ökonomischem Schwerpunkt liegen hierzu mit dem Life Cycle Assessment (LCA) (SUNDMACHER, 2002; FISCHER, 2006) und dem Life Cycle Costing bereits etablierte Bewertungsverfahren vor, welche auch bereits auf ausgewählte Formen der Bioenergieproduktion angewandt wurden (LUO et al., 2009). Zur Durchführung einer ganzheitlichen sozialen bzw. sozioökonomischen Nachhaltigkeitsbewertung wiederum ist das Social Life Cycle Assessment (SLCA) vorgeschlagen worden (BENOIT und MAZIJN, 2010). Sein Einsatz ist bisher jedoch noch an ungelösten methodischen Problemen, namentlich dem Fehlen von Erfassungsmethoden zur objektiven Messung qualitativer sozioökonomischer Aspekte (z.B. einer als nachteilig empfundenen Veränderung des Landschaftsbildes), gescheitert (PRAKASH, 2012).

Vor diesem Hintergrund haben HENKE und THEUVSEN (2012b) versucht, die methodischen Schwierigkeiten der Durchführung eines SLCA durch ein Verfahren zu lösen, das sich an der standardisierten Vorgehensweise im Rahmen eines LCA orientiert und den Einsatz empirischer Erhebungen sowohl zur Identifikation relevanter Bewertungskriterien als auch zur Messung ihrer Ausprägungen vorsieht. In einer ersten Anwendung dieser Methode konnten 2012 in einer empirischen Erhebung mit 528 Teilnehmern 71 relevante Indikatoren zur Bewertung der Biogasproduktion ermittelt werden. Mittels einer konfirmatorischen Faktoranalyse konnten diese zu 19 nach verschiedenen Stakeholdern getrennten Bewertungsfeldern verdichtet werden. Auf diese Weise konnten bspw. das örtliche Freizeitangebot, die Entgeltsituation sowie die Arbeitsplatzsicherheit als relevante Bewertungsaspekte aus Sicht der Arbeitnehmer identifiziert werden. Für die regionale Bevölkerung spielen Kriterien wie Kommunikation/Bürgerbeteiligung, Schutz bestehender Landschaften sowie regionalwirtschaftliche Effekte eine hervorgehobene Rolle. Die Stakeholder-Gruppen ‚Gesellschaft‘ und ‚Konsumenten‘ wurden aufgrund erheblicher Überschneidungen zusammengefasst; für sie konnten Bewertungskatego-

rien wie Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion, Vermeidung sekundärer Landnutzungseffekte, ethisches Verhalten sowie Beitrag zum Staatshaushalt ermittelt werden (HENKE und THEUVSEN, 2012a; HENKE und THEUVSEN, 2013).

Die Ermittlung der Ausprägung dieser Kriterien erfolgte mittels einer onlinebasierten Expertenbefragung. Diese Erhebung wurde als vergleichende Bewertung durchgeführt, in die neben der Biogasproduktion auch ausgewählte andere erneuerbare Energien (bspw. Windenergie, Kurzumtriebsplantagen) einbezogen wurden. Erste Auswertungen lassen eine deutlich negativere Bewertung der Biogasproduktion im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energien erkennen. Insbesondere werden der erhebliche Einfluss auf das Landschaftsbild durch den ausgedehnten Maisanbau und den damit verbundenen negativen ökologischen Folgen, aber auch die Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion kritisch gesehen.

Bis zum Abschluss einer umfassenden sozioökonomischen Bewertung der Bioenergie-, namentlich der Biogasproduktion können Nachhaltigkeitsbewertungen nur eingeschränkt erfolgen. Dieses Problemfeld ist auch der Politik bekannt. So bestand bereits 2011 ein allgemeiner Konsens dahingehend, dass die Biogasförderung nach erweiterter Prüfung erneut auf den Prüfstand gestellt werden solle, um Fehlentwicklungen im Bereich der Bioenergieförderung zu vermeiden (UMK, 2011). Auch ein Blick auf den massenmedialen Diskurs über erneuerbare Energien zeigt deutlich die gesteigerte Relevanz sozioökonomischer Fragestellungen: So stehen in der aktuellen Diskussion um das EEG neben der reduzierten Stabilität der Stromnetze und der verminderten Sicherheit der Stromversorgung die Wirkungen der Energiewende auf die Strom- und damit die Verbraucherpreise an vorderster Stelle (VAHLENKAMP und GOHL, 2012).

Literatur

- AEE (Agentur für erneuerbare Energien) (2012): Aktuelle Daten und Fakten – Erneuerbare Energien. URL: <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/wirtschaft/aktuelle-daten-und-fakten.html>, Abrufdatum: 01.12.2012.
- AMMERMANN, K. und A. MENGEL (2011): Energetischer Biomasseanbau im Kontext von Naturschutz, Biodiversität, Kulturlandschaftsentwicklung. In: BBSR und BBR (Hrsg.): Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung (5/6): 323-337.
- BACHINGER, K. und H. MATIS (2009): Entwicklungsdimensionen des Kapitalismus – Klassische sozioökonomische Konzeptionen und Analysen. Böhlau-Verlag, Freiburg i.Br.

- BARDT, H., J. NIEHUES und H. TECHERT (2012): Die Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland – Wirkungen und Herausforderungen des EEG. IW-Positionen Nr. 56, Köln.
- BDBE (Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft) (2012a): Fakten zur Diskussion über Landnutzungsänderungen. URL: <http://www.bdbe.de/nachhaltigkeit/oekologie/iluc/>, Abrufdatum: 11.12.2012.
- (2012b): Bioethanol-Report 2011/2012, Stand: Juni 2012. URL: <http://www.bdbe.de>, Abrufdatum: 10.12.2012.
- BENOIT, C. und B. MAZIUN (2010): Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. United Nations Environment Programme, Paris.
- BIOKRAFT-NACHV (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung) (2009): Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – Biokraft-NachV). URL: <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/biokraftnachv/gesamt.pdf>, Abrufdatum 04.12.2012.
- BIOÖKONOMIERAT (2012): Nachhaltige Nutzung von Bioenergie. Berlin.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2007): Unser Wald – Natur und Wirtschaftsfaktor zugleich. Berlin.
- (2011): Agrarpolitischer Bericht der Bundesregierung 2011. Bonn.
- (2012a): Holzmarktbericht 2011. Berlin.
- (2012b): Das Erneuerbare-Energien-Gesetz; Daten und Fakten zur Biomasse - Die Novelle 2012. Berlin.
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2011): Basisinformationen zur Entwicklung des Biokraftstoffsektors bis 2011. In: Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung 3. Berlin.
- (2012a): Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklungen (Stand: Juli 2012). Berlin.
- (2012b): Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2010 – Grafiken und Tabellen. Stand: Juli 2011. URL: http://www.erneuerbare-energie.n.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_in_deutschland_graf_tab.pdf, Abrufdatum: 22.11.2012.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung. Berlin.
- BNetzA (Bundesnetzagentur) (2011): Informationen zur Genehmigung des Szenariorahmens. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/HintergrundinfosPressekonferenzen/111207Szenariorahmen/111207PKSzenariorahmenHintergrundpapier.pdf?__blob=publicationFile, Abrufdatum: 10.12.2011.
- (2012): EEG-Statistikbericht 2010. URL: http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Energie/ErneuerbareEnergienGesetz/Statistikberichte/StatistikberichtEEG2010.pdf.pdf;jsessionid=BD72D3F32E4726C2E51FB1C2AC08465F?__blob=publicationFile, Abrufdatum: 15.11.2012.
- BRAUN, R., M. LAABER, R. MADLENER, E. BRACHTEL und R. KIRCHMAYR (2007): Endbericht – Aufbau eines Bewertungssystems für Biogasanlagen. Universität für Bodenkultur, Wien, Tulln.
- BREITSCHUH, G., H. ECKERT, I. MATTHES und J. STRÜMPFEL (2008): Kritisches System nachhaltige Landwirtschaft (KSNL). KTBL, Darmstadt.
- BRONNER, G. (2010): Biogas und Naturschutz – Ein Spannungsfeld? Kommunalforum Bioenergieregion Südschwarzwald, Lörrach.
- BUNZEL, K., D. THRÄN, U. SEYFERT, V. ZELLER und M. BUCHHORN (2011): Forstwirtschaftliche Biomassepotenziale und Rohstoffpotenziale in Deutschland. In: BBSR und BBR (Hrsg.): Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung (5/6 / 2011): 297-308.
- CLARIANT (2012): Clariant startet Biokraftstoff der Zukunft. URL: [http://www.clariant.ch/C12576850036A6E9/A33B719348F4A059C1257A44004CCC02/\\$FILE/20120720_Clariant_startet_Biokraftstoff_der_Zukunft.pdf](http://www.clariant.ch/C12576850036A6E9/A33B719348F4A059C1257A44004CCC02/$FILE/20120720_Clariant_startet_Biokraftstoff_der_Zukunft.pdf), Abrufdatum: 16.12.2012.
- DBFZ (Deutsches BiomasseForschungszentrum) (2012): Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Zwischenbericht, Stand: März 2012. Leipzig.
- DENA (Deutsche Energie Agentur) (2012): Biogaspartner in Europa. URL: <http://www.biogaspartner.de/europa.html>, Abrufdatum: 18.12.2012.
- DESTATIS (Statistisches Bundesamt) (2010): https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/data.jsessionid=012AC12B7C7E77191A22E4975ADCADC8.tomcat_GO_2_1?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1357741308115&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&selectionname=41141-0016&auswahltext=%23Z-01.01.2010&werteabruf=Werteabruf, Abrufdatum: 18.12.2012.
- DEPI (Deutsches Pelletinstitut) (2012): Gesamtbestand an Pelletheizungen in Deutschland. URL: <http://www.depi.de/download/grafiken/Pelletheizungen-in-Deutschland.jpg>, Abrufdatum: 20.12.2012.
- DE WITTE, T. (2012): Entwicklung eines betriebswirtschaftlichen Ansatzes zur Ex-ante-Analyse von Agrarstrukturwirkungen der Biogasförderung – angewendet am Beispiel des EEG 2009 in Niedersachsen. Dissertation Universität Göttingen.
- EBB (European Biodiesel Board) (2012): Statistics Biodiesel Production. URL: <http://www.ebb-eu.org/stats.php>, Abrufdatum: 04.12.2012.
- EMMANN, C.H. und L. THEUVSEN (2012): Einfluss der Biogasproduktion auf den regionalen Pachtmarkt – Empirische Erhebung in fünf niedersächsischen Landkreisen mit hoher Anlagendichte. In: Berichte über Landwirtschaft 90 (1): 84-112.
- EMMANN C. H., C. SCHAPER und L. THEUVSEN (2012): Die Märkte für Bioenergie 2011. In: German Journal of Agriculture Economics 60 (1), Supplement: 81-100.
- ENERGYCOMMENT (2012): Deutscher Energieverbrauch 2012 – Quartalszahlen (AGEB). URL: <http://www.energiepolitik.de/deutscher-energieverbrauch-2012/>, Abrufdatum: 16.11.2012.
- EUROSERVER (2011): Biofuels Barometer. In: Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables Nr. 204/2011: 69-72.

- (2012): Biofuels Barometer. In: *Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables* Nr. 210/2012: 42-62.
- (2012b): Biogas Barometer. In: *Systemes Solaires – Le Journal des Energies Renouvelables* Nr. 212/2012: 66-79.
- FISCHER, J.E. (2006): Entwicklung eines Methodenkonzeptes zur Umweltbilanzierung und dessen Anwendung am Beispiel kommunaler Kläranlagentechnik. Shaker, Aachen.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2012a): Basisdaten Bioenergie Deutschland. Gülzow.
- (2012b): Biomethan - Bioenergie. Gülzow.
- (2012c): Daten und Fakten zu nachwachsenden Rohstoffen. URL: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten.html>, Abrufdatum: 04.12.2012.
- (2012d): Biokraftstoffquotengesetzes (BioKraftQuG). URL <http://www.bio-energie.de/rahmenbedingungen/gesetzlage/biokraftstoff-quotengesetz/>, Abrufdatum: 11.12.2012.
- F.O. LICHT (2012a): F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report 11 (3) vom 08.10.2012.
- (2012b): F.O. Licht's World Ethanol and Biofuels Report 11 (4) vom 22.10.2012.
- FRIEDRICH, N. und L. THEUVSEN (2011): Stakeholder-Management: Sichtweisen verschiedener Anspruchsgruppen zur Nachhaltigkeit. In: Haunhorst, E. und C. Willers (Hrsg.): Nachhaltiges Management: Sustainability, Supply Chain, Stakeholder. Books on Demand, Norderstedt: 97-121.
- FRICTHE, U., K. HÜNECKE, und K. SCHMIDT (2007): Möglichkeiten einer europäischen Biogaseinspeisungsstrategie. Institut für Energetik und Umwelt, Darmstadt.
- FRONDEL, M., C.M. SCHMIDT und C. VANCE (2012): Germany's Solar Cell Promotion: An Unfolding Disaster. In: Ruhr Economic Papers 309 (353). Bochum.
- FSC ARBEITSGRUPPE DEUTSCHLAND E.V. (Forest Stewardship Council) (2011): Deutscher FSC-Standard. Freiburg i.Br.
- FvB (Fachverband Biogas e.V.) (2012a): Maisanbaufläche 2012. URL: http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_PM-20-12, Abrufdatum: 03.12.2012.
- (2012b): Pressemitteilung 23/11: EEG 2012 wird Biogas bremsen. URL: http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_PM_23_11, Abrufdatum: 18.12.2012.
- (2012c): EuroTier-Presskonferenz: Fachverband Biogas e.V. korrigiert Prognosezahlen für 2012 nach unten. URL: [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_PM-29-12/\\$file/Pressemitteilung%2014.11.12.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_PM-29-12/$file/Pressemitteilung%2014.11.12.pdf), Abrufdatum: 16.12.2012.
- (2012d): Pressemitteilung 23/11: EEG 2012 wird Biogas bremsen. URL: http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_PM_23_11, Abrufdatum: 18.12.2012.
- GELDERMANN, J., M. SCHMEHL und M.-L. ROTTMANN-MEYER (2012): Ökobilanzielle Bewertung von Biogasanlagen unter Berücksichtigung der niedersächsischen Verhältnisse. Arbeitsbericht Universität Göttingen.
- GRIEBHAMMER, R., M. BUCHERT, C. GENSCH, C. HOCHFELD, A. MANHART und I. RÜDENAUER (2007): PROSA – Product Sustainability Assessment. Ökoinstitut e.V., Freiburg i. Br.
- HABERMANN, H. und G. BREUSTEDT (2011): Der Einfluss der Biogaserzeugung auf landwirtschaftliche Pachtpreise in Deutschland. In: *German Journal of Agricultural Economics* 60 (2): 85-100.
- HARTMANN, H. (2005): Produktion, Bereitstellung und Eigenschaften biogener Festbrennstoffe. In: FNR (Hrsg.): Leitfaden Bioenergie. Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow: 52-90.
- HAUCAP, J. und J. KÜHLING (2012): Eine Quote für den Grünstrom. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Nr. 238, 12.10.2012: 12.
- HEIBENHUBER, A., M. DEMMELER und S. RAUH (2008): Auswirkungen der Konkurrenz zwischen Nahrungsmittel- und Bioenergieproduktion auf Landwirtschaft, Gesellschaft und Umwelt. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* 17 (2): 23-31.
- HENKE, S. und L. THEUVSEN (2012a): Sozioökonomische Bewertung der Wertschöpfungskette Biogas. In: 33. ÖGA-Jahrbuch (under review).
- (2012b): Social Life Cycle Assessment: Erweiterter Qualitätsbegriff und sozioökonomische Analysemethode. In: Woll, R. und M. Uhlemann (Hrsg.): Vielfalt Qualität – Tendenzen im Qualitätsmanagement. Shaker, Aachen: 271-292.
- (2013): IT-gestützte Durchführung eines Social Life Cycle Assessments am Beispiel der Wertschöpfungskette Biogas. In: Clasen, M., K.-C. Kersebaum, A. Meyer-Aurich und B. Theuvsen (Hrsg.): Massendatenmanagement in der Agrar- und Ernährungswirtschaft: Erhebung – Verarbeitung – Nutzung. Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn (im Druck).
- HUPPES, G. (2007): Why We Need Better Eco-Efficiency Analysis. From Technological Optimism to Realism. In: *Technikfolgenabschätzung* 16 (3): 38-45.
- IEA (International Energy Agency) (2011): *Renewables Information 2011*. Paris.
- (2012): *Renewables Information 2012*. Paris.
- KALTSCHMITT, M., H. HARTMANN und H. HOFBAUER (2009): *Energie aus Biomasse. Grundlagen, Techniken und Verfahren*. 2. Aufl. Springer, Heidelberg.
- KALTSCHMITT, M., D. THRÄN und J. PONITKA (2010): Holz als Energieträger – Möglichkeiten und Grenzen im Kontext von globalen Entwicklungen. In: *Forst und Holz* 12/2010: 18-25.
- KAPHENGST, T. (2009): Zertifizierung von Biokraftstoffen. URL: <http://www.ecologic.eu/download/vortrag/2009/kaphengst-vortrag-zertifizierung.pdf>, Abrufdatum: 16.12.2012.
- KERN, M. (2011): Perspektiven der Stromerzeugung aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Vortrag BMELV-Konferenz „Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung“, 17.02.2011, Berlin.
- KERN, M. und T. RAUSSEN (2012): Bioabfallvergärungsanlagen in Deutschland: Stand und Potentiale. URL: http://www.biogas-atlas.de/biogasanlagen_in_deutschland.pdf, Abrufdatum: 17.12.2012.
- KERN, M. und W. SPRICK (2012): Bioabfallvergärung in Deutschland. URL: <http://www.witzenhausen-institut.de/downloads/Kern%20und%20Sprick%20Biomasseforum.pdf>, Abrufdatum: 17.12.2012.
- KILIAN, S., J. ANTON und K. RÖDER (2008): Impacts of 2003 CAP Reform on Land Prices: From Theory to Empirical Results. Vortrag 109. EAAE Seminar, Viterbo, Italien.

- KIRCHNER, R. (2012): Bioethanol Artikelsammlung. URL: <http://www.biomasse-nutzung.de/bioethanol>, Abrufdatum: 11.12.2012.
- KLÖPFER, W. und I. RENNER (2007). Lebenszyklusbasierte Nachhaltigkeitsbewertung von Produkten. In: Technikfolgenabschätzung 16 (3): 32-38.
- LEHR, U., C. LUTZ, D. EDLER, M. O'SULLIVAN, K. NIENHAUS, S. SIMON, J. NITSCH, B. BREITSCHOPF, P. BICKEL und M. OTTMÜLLER (2011): Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt. Studie im Auftrag des BMU. Osnabrück u.a.
- LEIBLE, L., S. KÄLBER, G. KAPPLER, S. LANGE, E. NIEKE, P. PROPESCH, D. WINTZER und B. FÜRNIß (2007): Kraftstoff, Strom und Wärme aus Stroh und Waldrestholz – Eine systemanalytische Untersuchung. Arbeitsbericht Nr. 7170. FZKA (Forschungszentrum Karlsruhe), Karlsruhe.
- LEOPOLDINA (Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina) (2012): Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. URL: http://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/201207_Bioenergie_Stellungnahme_kurz_de_e_n_Okt2012.pdf, Abrufdatum: 15.11.2012.
- LUO, L., E. VAN DER GOET und G. HUPPES (2009): Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of Bioethanol from Sugarcane in Brazil. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews 13 (6/7): 1613-1619.
- MANTAU, U. (2010): Reicht das Nadelholz für die Nachfrage der Holz verarbeitenden Industrie? Vortrag Tagung: „Sicherung der Nadelrohholzversorgung“, 12.11.2010, Göttingen.
- (2012): Holzrohstoffbilanz Deutschland. Entwicklungen und Szenarien des Holzaufkommens und der Holzverwendung 1987 bis 2015. Informationssysteme für Rohstoffe, Hamburg.
- MÖHRING, B. (2012): Zukunft der Energiewende. Die erneuerbaren Energien – Königs- oder Holzweg. Vortrag 28.11.2012, Universität Göttingen.
- MÖHRING, B. und N. GRAF VON HATZFELDT (2011): Forstwirtschaft im Sog der Energiewende. In: AFZ – Der Wald 23/2011: 4.
- NUSSER, M., P. SHERIDAN, R. WALZ, S. WYDRA und P. SEYDEL (2007): Makroökonomische Effekte von nachwachsenden Rostoffen. In: Agrarwirtschaft 56 (5/6): 238-248.
- o.V. (2012a): Kein Ende der Strompreiserhöhungen in Sicht. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 296 vom Mi., 19.12.2012: 9.
- (2012b): Polen wehrt deutschen Windstrom ab. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung Nr. 299, 22.12.2012: 13.
- PFÄFFENBERGER, W., K. NGUYEN und J. GABRIEL (2003): Ermittlung der Arbeitsplätze und Beschäftigungswirkungen im Bereich Erneuerbarer Energien. Bremer Energie Institut, Bremen.
- PRAKASH, S. (2012). Introduction to the UNEP/SETAC Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products. International Workshop on Practical Aspects of Social Life Cycle Assessment, 25.05.2012, Berlin.
- PROGNOS (2012): Regionale Potenziale von Bio- und Grünabfall zur Vergärung – Beiträge zur regenerativen Energieerzeugung und zum Ressourcenschutz. URL: http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/aktuelles/Folder_Regionale_Potenziale_Bio-und_Gruenabfaelle_final.pdf, Abrufdatum: 18.12.2012.
- PWC (Pricewaterhouse Coopers) (2012): Der Markt für erneuerbare Energien in China. URL: <http://www.pwc.de/de/internationalisierung/der-markt-fuer-erneuerbare-energien-in-china.jhtml>, Abrufdatum: 13.11.2012.
- 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.
- REDCERT GmbH (2012): Internetauftritt der REDcert GmbH. URL: http://www.redcert.org/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=74&lang=de, Abrufdatum: 04.12.2012.
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) (2012): Renewables 2012 – Global Status Report. URL: http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf, Abrufdatum: 13.11.2012.
- RETTENMAIER, N. (2011): Umweltwirkungen der Erzeugung und Nutzung von Strom aus Biomasse. BMELV-Konferenz „Anspruch der Bioenergie an die EEG-Novellierung“, 17.02.2011, Berlin.
- RMG (Renewables – Made in Germany) (2012): Ausblick Biokraftstoffe. URL: <http://www.renewables-made-in-germany.com/de/start/bioenergie/biokraftstoffe/ausblick.html>, Abrufdatum: 04.12.2012.
- SCHAPER, C., C.H. EMMANN und L. THEUVSEN (2011): Der Markt für Bioenergie 2011. In: German Journal of Agricultural Economics 60, Supplement: 111-130.
- SCHMITZ, M. (2012): Vorstudie – Bestimmungsgründe für das Niveau und die Volatilität von Agrarrohstoffpreisen auf internationalen Märkten – Implikationen für Welt-ernährung und Politikgestaltung. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen, Berlin.
- SEINTSCH, B. (2010): Holznutzungspotentiale und Holzversorgung in Deutschland. Vortrag 12.11.2010, Universität Göttingen.
- SEYFERT, U., K. BUNZEL, D. THRÄN und J. ZEDDIES (2011): Biomassepotenziale aus dem Energiepflanzenanbau in Deutschland. In: BBSR und BBR (Hrsg.): Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung (5/6 / 2011): 287-295.
- SPILLEMAECKERS, S., G. VANHOUTTE, L. TAVERNIERS, L. LAVRYSEN, D. VAN BRAECKEL, B. MAZIJN und J. RIVERA (2004): Final Report – Integrated Product Assessment – The Development of the Label ‘Sustainable Development’ for Products. Ecological, Social and Economical Aspects of Integrated Product Policy. Belgian Science Policy, Brüssel.
- STATISTA NIELSEN (2012): Biomethan – Anzahl der Anlagen nach Ländern Europas 2011. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/215697/umfrage/anzahl-der-biogas-anlagen-zur-produktion-von-biomethan-in-europa/>, Abrufdatum 18.12.2012.
- SUNDMACHER, T. (2002): Das Umweltinformationsinstrument Ökobilanz (LCA). Lang, Peter, Frankfurt a. Main.
- THEUVSEN, L. und N. FRIEDRICH (2012): Vom Qualitäts- zum Nachhaltigkeitsmanagement: Wo steht das deutsche Agribusiness? In: Woll, R. und M. Uhlemann (Hrsg.): Vielfalt Qualität – Tendenzen im Qualitätsmanagement. Shaker, Aachen: 319-338.

- THIERING, J. (2010): Förderung der Biogasproduktion in Deutschland – Rahmenbedingungen, Folgen und alternative Gestaltungsmöglichkeiten unter besonderer Berücksichtigung der Wirtschaftsdüngernutzung. Dissertation Universität Göttingen.
- THIERING, J. und E. BAHRS (2010): Umwelt- und Fördereffekte des EEG – eine Betrachtung des Güllebonus im Rahmen der Biogasproduktion. In: Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht 33 (1): 109-131.
- THRÄN, D. (2012): Bioenergie heute und morgen. Vortrag 04.10.2012, Universität Göttingen.
- UFOP (Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen) (Hrsg.) (2012a): iLUC – indirekte Landnutzungsänderung. URL: <http://www.ufop.de/iluc/einfuehrung/>, Abrufdatum: 11.12.2012.
- (2012b): UFOP-Marktinformation Ölsaaten und Biokraftstoffe 02.11.2012 URL: http://www.ufop.de/files/6613/5185/1162/RZ_MI_1112.pdf, Abrufdatum: 11.12.2012.
- (2012c): Internationale Biodieselmärkte – Produktions- und Handelsentwicklungen. Berlin.
- UMK (Umweltministerkonferenz) (2011): Ergebnisprotokoll. 77. Umweltministerkonferenz, 04.11.2011, Dessau-Roßlau.
- VAHLENKAMP, T. und M. GOHL (2012): Energiewirtschaftliche Tagesfragen 62 (12), Energiewende-Index Deutschland 2020 – Fokusthema Wirtschaftlichkeit: 27-30.
- VDB (Verband der deutschen Biokraftstoffindustrie) (2012a): Willkürlicher Entwurf: EU-Kommission will Biokraftstoffproduktion stützen. URL: <http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/detail/items/willkuerlicher-entwurf-eu-kommission-will-biokraftstoffproduktion-stuetzen.html>, Abrufdatum: 11.12.2012.
- (2012b). Informationen: Biokraftstoffe in Deutschland. Stand: Januar 2012. URL: <http://www.biokraftstoffverband.de/index.php/biodiesel.html?file=tl...>, Abrufdatum: 04.12.2012.
- WACKER, A. und L. PORSCHE (2011): Alles im grünen Bereich? Bioenergie: Beitrag zu bundespolitischen Zielen und Anforderungen an die räumliche Entwicklung. In: BBSR und BBR (Hrsg.): Biomasse: Perspektiven räumlicher Entwicklung (5/6 / 2011): 265-277.
- ZEHM, A. und B. BILITEWSKI (2008): Biokraftstoffe aus Bioabfall. 6. Fachtagung: Anaerobe biologische Abfallbehandlung, September 2008.
- ZSCHACHE, U., S. VON CRAMON-TAUBADEL und L. THEUVSEN (2010): Öffentliche Deutungen im Bioenergiegediskurs. In: Berichte über Landwirtschaft 88 (3): 502-512.

Kontaktautor:

PROF. DR. LUDWIG THEUVSEN

Georg-August-Universität Göttingen

Dept. für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung

Platz der Göttinger Sieben 5, 37073 Göttingen

E-Mail: theuvsen@uni-goettingen.de