Elektrizitätserzeugung

Peter Hawighorst*

Andreas Feige**

* Dr. Peter Hawighorst, Meo Carbon Solutions, Köln
** Andreas Feige, Meo Carbon Solutions, Köln

11 Elektrizitätserzeugung

Übersicht

11.1 Marktbeschreibung 2011 ... 794
11.1.1 Rechtliche Bestimmungen und Einflußfaktoren ... 796
11.1.2 Marktsegmente und Produkte ... 797
11.1.3 Rohstoffe und Zwischenprodukte ... 799
11.1.3.1 Biogas ... 799
11.1.3.2 Biogene Festbrennstoffe ... 800
11.1.3.3 Biogene Flüssigbrennstoffe ... 800
11.1.4 Technologie und Konversionsverfahren ... 801
11.1.4.1 Biogas ... 801
11.1.4.2 Biogene Fest- und Flüssigbrennstoffe ... 801
11.1.5 Angebot und Nachfrage, Preise ... 803
11.1.5.1 Biogas ... 803
11.1.5.2 Biogene Festbrennstoffe ... 805
11.1.5.3 Biogene Flüssigbrennstoffe ... 808
11.1.6 Einflussparameter auf die Marktentwicklung ... 811
11.1.7 Rechtliche Rahmenbedingungen und Marktsituation in EU-Ländern ... 812
11.1.7.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Einflussparameter ... 812
11.1.7.2 Entwicklung des Marktes ... 815
11.1.7.3 Schlussfolgerungen ... 823
11.1.8 Internationale Erfahrungen ... 823
11.1.8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Einflussparameter ... 823
11.1.8.2 Entwicklung des Marktes ... 824
11.1.8.3 Schlussfolgerungen ... 826
11.2 Vergleich mit 2004 ... 828
11.2.1 Beschreibung des Marktes in 2004 ... 828
11.2.2 Wesentliche Änderungen und ihre Treiber ... 829
11.2.3 Erklärung der Marktentwicklung ... 830
11.3 Vergleich mit der Prognose aus 2004 für 2010 ... 836
11.3.1 Aufbereitung der Prognosedaten und Annahmen ... 836
11.3.2 Vergleich mit Ist-Situation und Abweichungsanalyse ... 837
11.3.3 Schlussfolgerungen für das Prognosemodell ... 842

11.4 Prognose für das Jahr 2020 842
11.4.1 SWOT-Analyse 843
11.4.2 Ziele der Bundesregierung 846
11.4.3 Grundannahmen für den Strommarkt 850
11.4.4 Szenarien und Real Case 858
11.5 Zusammenfassende Bewertung und strategische Optionen 873
11.6 Quellenverzeichnis 877

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 414: Stromverbrauch in Deutschland 2000 – 2011 794
Abb. 415: Strompreisentwicklung für einen Musterhaushalt 795
Abb. 416: Anteile von Energieträgern an der Stromerzeugung in Deutschland 2011..... 796
Abb. 417: Zusammensetzung der Stromproduktion aus Biomasse 2011..... 798
Abb. 418: Erzeugte Strommenge aus Biomasse 2004 - 2011 799
Abb. 419: Vereinfachte Darstellung des Wirkprinzips der KWK-Technologie..... 802
Abb. 420: Markt für Biogas in Deutschland 2011..... 803
Abb. 421: Entwicklung der Stromproduktion aus Biogas bis 2011 804
Abb. 422: Substratzusammensetzung und Flächenbedarf für Biogasanlagen in Deutschland 2011..... 805
Abb. 423: Markt für biogene Festbrennstoffe 2011..... 806
Abb. 424: Index der Erzeugerpreise für Energieholzsortimente in Deutschland im Zeitraum 2010 - 2011 808
Abb. 425: Übersicht Verstromung von biogenen Flüssigbrennstoffen im Jahr 2011 809
Abb. 426: Preisentwicklung von Pflanzenölen 2004 und 2010/11..... 810
Abb. 427: Übersicht zur Umsetzung wichtiger Regularien zur Förderung von erneuerbaren Energien..... 815
Abb. 428: Biogasproduktion in Europa 2011 818
Abb. 429: Produktion von Stromenergie aus fester Biomasse in relevanten europäischen Länder..... 820
Abb. 430: Stromproduktion aus Biomasse 2005 - 2010 in EU-27 820
Abb. 431: Entwicklung der Stromproduktion aus fester Biomasse in relevanten EU-27 Ländern 821
Abb. 432: Regularien zur Förderung von Biogasanlagen im Zeitraum 2004 - 2010..... 829
Abb. 433: Entwicklung der Produktion von Biogas 2004 - 2010 830
Abb. 434: Marktbeschreibung des Marktes für Biogas 2010..... 831
Abb. 435: Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland 2004 - 2010 832
Abb. 436: Übersicht für den Markt der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen 2010..... 833
Abb. 437: Entwicklung der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen 2004 – 2010 834
Abb. 438: Markt für biogene Flüssigbrennstoffe in Deutschland 2010 835
Abb. 439: Entwicklung der Weltmarktpreise für Pflanzenöle 2004 - 2010..... 836
Abb. 440: Entwicklung der Biogasproduktion 2004 - 2010 und Vergleich mit der Prognose 838
Abb. 441: Entwicklung des Marktes für Biogas 2004 - 2010..... 838

Abb. 442: Entwicklung der Stromproduktion aus fester Biomasse inkl. Altholz 2004 - 2010 ... 839
Abb. 443: Beschreibung der Entwicklung des Marktes 2004 - 2010 ... 840
Abb. 444: Vergleich der Prognose für 2010 mit der Marktentwicklung für biogene Flüssigbrennstoffe ... 841
Abb. 445: Beschreibung der Marktentwicklung von 2004 bis 2010 ... 841
Abb. 446: SWOT-Analyse Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen zur Stromproduktion ... 844
Abb. 447: SWOT-Analyse biogene Festbrennstoffe zur Stromproduktion ... 845
Abb. 448: SWOT-Analyse biogener Flüssigbrennstoffe zur Stromproduktion ... 846
Abb. 449: Herleitung des Anteils der Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland im Jahr 2020 ... 848
Abb. 450: Herleitung des Endenergieverbrauchs im Strom- und Wärmemarkt im Jahr 2020 ... 849
Abb. 451: Herleitung der Ziele der Bundesregierung für den Strom- und Wärmemarkt 2020 ... 850
Abb. 452: Treiber und Beschränkungen für die zukünftige Entwicklung im Strommarkt ... 851
Abb. 453: Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung im Marktsegment Biogas ... 852
Abb. 454: Ableitung der vier Szenarien für die Marktentwicklung im Marktsegment Biogas ... 853
Abb. 455: Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Festbrennstoffe ... 854
Abb. 456: Ableitung der vier Szenarien für die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Festbrennstoffe ... 855
Abb. 457: Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Flüssigbrennstoffe ... 856
Abb. 458: Ableitung der vier Szenarien für die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Flüssigbrennstoffe ... 857
Abb. 459: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario A ... 859
Abb. 460: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario B ... 860
Abb. 461: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario C ... 861
Abb. 462: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario D ... 862
Abb. 463: Real-Case Szenario für das Marktsegment Biogas im Jahr 2020 ... 863
Abb. 464: Real-Case Szenario für den Markt für Biomethan im Jahr 2020 ... 864
Abb. 465: Flächenverbrauch für den Anbau von Substraten für die Produktion von Biogas bzw. Biomethan ... 864

Abb. 466: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario A 865

Abb. 467: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario B 866

Abb. 468: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario C 867

Abb. 469: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario D 868

Abb. 470: Real-Case Szenario das Marktsegment biogene Festbrennstoffe im Jahr 2020 869

Abb. 471: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario A 870

Abb. 472: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario B 870

Abb. 473: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario C 871

Abb. 474: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario D 872

Abb. 475: Real-Case Szenario für die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffe im Jahr 2020 873

Abb. 476: Vergleich Real Case Szenario, Prognosen mit den Zielen der Bundesregierung 875

Tabellenverzeichnis:

Tab. 82: Durchschnittspreise für Energieholzprodukte in Deutschland 2011..... 807

Tab. 83: Ziele der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten zum Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 812

Tab. 84: Produktion von Strom aus Biomasse und insgesamt aus erneuerbaren Energie 2010 in relevanten europäischen Ländern..... 816

Tab. 85: Übersicht Biogasanlagen in relevanten EU-Ländern..... 819

Tab. 86: Übersicht Stromproduktion aus Biomasse (Biogas, biogene Festbrennstoffe) in EU-27 im Jahr 2010..... 822

11.1 Marktbeschreibung 2011

Gesamtmarkt

Der Stromverbrauch in Deutschland stagnierte in den vergangenen Jahren. Der Stromverbrauch lag in den Jahren 2010/2011 bei knapp über 600 TWh. (s. folgende Abb.).[1217] Im Vergleich zur Wärmeproduktion konnte der Stromverbrauch trotz Effizienzsteigerungen seit 2004 nicht signifikant verringert werden.

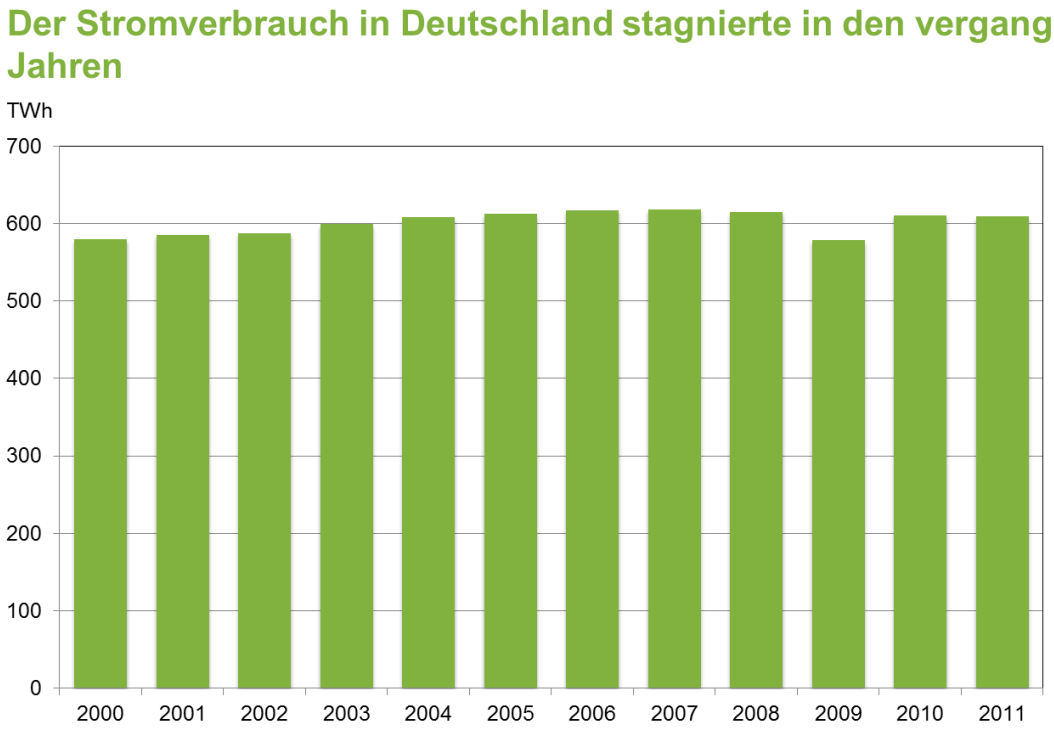


Abb. 414: Stromverbrauch in Deutschland 2000 – 2011[1218]

Im selben Zeitraum ist der Strompreis jährlich gestiegen. Seit 2000 ist der durchschnittliche Strompreis für Privatkunden (Musterhaushalt, 3.500 kWh Verbrauch/a) von ca. 14 c/kWh auf fast 25 c/kWh im Jahr 2011 gestiegen (s. folgende Abb.).[1219]

[1217] AGEE-Stat: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, BMUB, Daten Stand: Juli 2012, Abruf: 05.09.2012.
[1218] AGEE-Stat 2012 a.a.O. (in TWh)
[1219] BDWE: Strompreisentwicklung, http://bdew.de/internet.nsf/id/DE_20100311_PM_46_Prozent_des_Strompreises_sind_Steuern_und_Abgaben, Abruf 23.11.2011.

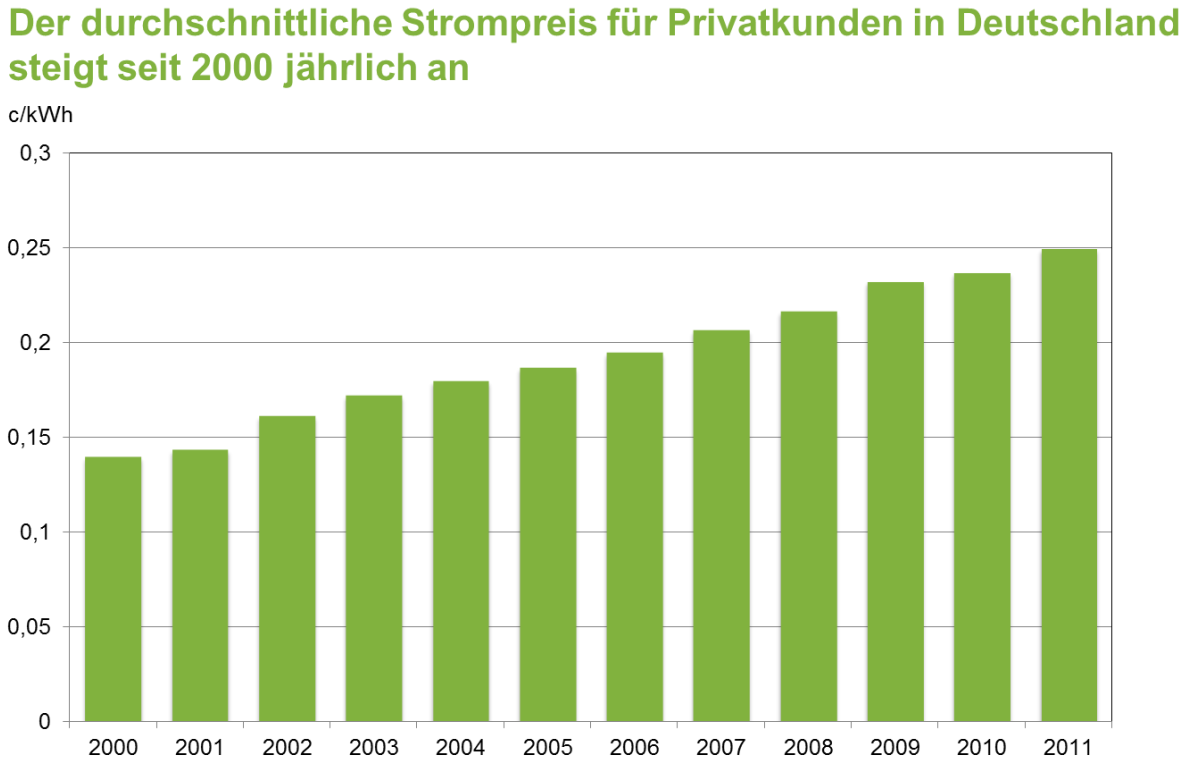
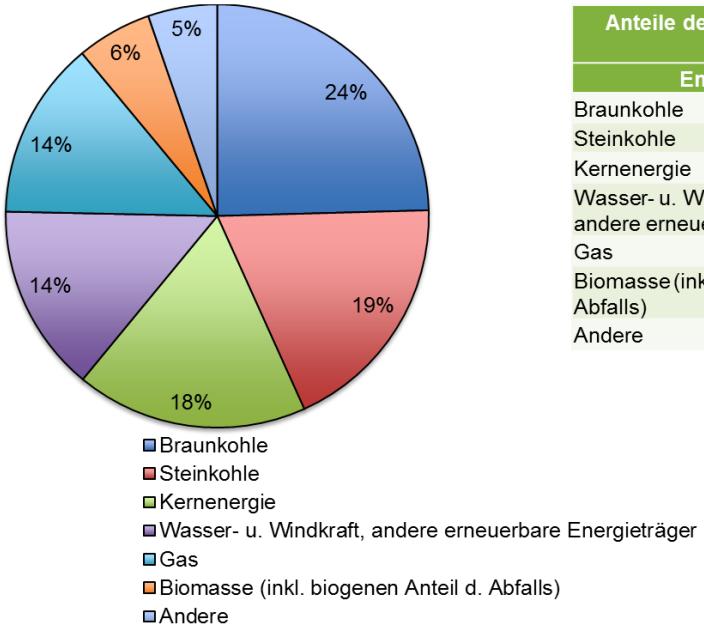


Abb. 415: Strompreisentwicklung für einen Musterhaushalt[1220]

Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung ist von 9,2% im Jahr 2004 auf 20,3% im Jahr 2011 gestiegen. Die Anteile von Stein- und Braunkohle, Erdgas sowie Kernenergie sind jeweils leicht rückläufig, allerdings haben diese fossilen Energieträger weiterhin ca. 75% Marktanteil in Deutschland (s. folgende Abb.). In den kommenden Jahren werden bei der Zusammensetzung der Energieträger zur Stromproduktion wesentliche Veränderungen stattfinden, da die Bundesregierung zugesagt hat, aus der Nutzung der Kernenergie bis spätestens 2022 auszusteigen und alle Kernkraftwerke in Deutschland stillzulegen. Die Stromproduktion aus Biomasse hat 2011 einen Anteil von ca. 6% am Gesamtmarkt. Die Stromproduktion aus Biomasse umfasst die Stromproduktion aus Biogas, biogenen Festbrennstoffe, biogenen Flüssigbrennstoffen und dem biogenen Anteil des Abfalls.[1221]

[1220] BDEW 2011 a.a.O., Privathaushalt, Verbrauch 3.500 kWh/a
[1221] AGEE-Stat 2012 a.a.O.

Die fossilen Energieträger haben 2011 einen Anteil von ca. 75 % an der Stromerzeugung



Anteile der Energieträger an der Stromproduktion in Deutschland 2011	
Energieträger	**Energie [TWh]**
Braunkohle	150,5
Steinkohle	114,5
Kernenergie	108,5
Wasser- u. Windkraft, Photovoltaik, andere erneuerbare Energieträger	88,0
Gas	83,5
Biomasse (inkl. biogenen Anteil d. Abfalls)	35,2
Andere	32,4

Abb. 416: Anteile von Energieträgern an der Stromerzeugung in Deutschland 2011[1222]

11.1.1 Rechtliche Bestimmungen und Einflußfaktoren

Die Politik der Bundesregierung hat entscheidenden Einfluss auf den Strommarkt in den Jahren 2004 - 2011. Im Abschnitt B „Rechtliche Bestimmungen für die energetische Nutzung von Biomasse in Deutschland 2004 - 2011“ wird der Einfluss des EEG, welches maßgeblich für die Entwicklung des Strommarktes im Zeitraum 2004 - 2010 war, ausführlich beschrieben.

Im Jahr 2000 wurde von der rot-grünen Regierung der Ausstieg aus der Kernkraft beschlossen. Im Herbst 2010 nahm die schwarz-gelbe Regierung diesen Beschluss wieder zurück (Laufzeitverlängerung). Letztendlich wurde diese Entscheidung im Zuge der Eindrücke des Unfalls in einem Atomkraftwerk in Fukushima im März 2011 abermals revidiert. Diese Entscheidung hat großen Einfluss auf die im Folgenden beschlossenen Änderungen der Regularien für den Strommarkt und die Förderung der erneuerbaren Energien über das EEG.

Seit der Liberalisierung der Strommärkte in vielen Ländern Europas ist Strom eine Handelsware, die auch über Ländergrenzen hinweg gehandelt werden kann. In Deutschland gibt es seit 2002 die Leipziger Strombörse (European Energy Exchange - EEX), auf der u.a. Strom und CO_2-Zertifikate gehandelt werden. Der Handel an der Strombörse hat wesentlichen Einfluss auf die Marktpreise im Beobachtungszeitraum. Eine Studie von Ockenfels kam zu dem Schluss, dass „die Strompreiserhöhungen und die resultierenden Gewinnsteigerungen der Anbieter im Jahr 2005 nicht auf die Ausübung von Marktmacht zurückgeführt werden können,

[1222] BWMi: Energiedaten – Nationale und Internationale Entwicklung, http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energiedaten.html, Version vom 19.04.2012, Abruf 18.09.2012; AGEE-Stat 2012 a.a.O.

sondern vielmehr vornehmlich die direkte Folge des Emissionshandelspolitik einschließlich der Ausgestaltung des Nationalen Allokationsplans sind“. [1223]

11.1.2 Marktsegmente und Produkte

Die Stromerzeugung aus Biomasse wird in verschiedene Marktsegmente unterteilt, die sich aufgrund ihrer Energieträger bzw. eingesetzten Technologie unterscheiden.

Biogasanlagen vergären Biomasse, hauptsächlich landwirtschaftliche Nutzpflanzen und Gülle, und produzieren mit dem entstehenden Gas Strom- und Wärmeenergie. Alternativ kann nach einem weiteren Aufbereitungsschritt Biomethan produziert werden. Dieses kann in das Erdgasnetz eingespeist werden.

Biogene Flüssigbrennstoffe und biogene Festbrennstoffe werden in Biomasseheizkraftwerken verbrannt und die entstehende Energie über die KWK-Technologie in elektrische Energie und Wärmeenergie umgewandelt. Bei der Biomassevergasung wird die Biomasse unter aeroben Bedingungen erhitzt und in Brenngas umgewandelt. Hauptrohstoff für diese Form der Energienutzung sind zur Zeit Holzbrennstoffe bzw. Holzprodukte, weshalb häufig der Begriff Holzvergasung genutzt wird.

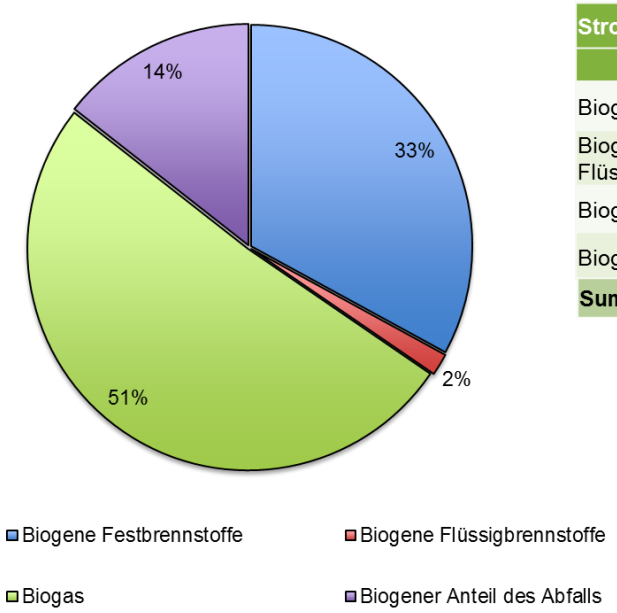
Außerdem wird noch die Stromproduktion aus dem biogenen Anteil des Abfalls zur Stromproduktion aus Biomasse hinzugezählt. Die Zusammensetzung der Stromproduktion aus Biomasse hat sich seit 2004 wesentlich geändert. Während 2004 78% des produzierten Stroms aus biogenen Festbrennstoffen produziert wurde, hat sich dieser Anteil 2011 auf 33% reduziert. Biogas hat mit 51% den größten Anteil an der Stromproduktion aus Biomasse (Vgl. 2004: 18 %) (s. folgende Abb.). Die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen liegt zwischen 0,55 TWh und 1,4 TWh.[1224] Dies entspricht einem Anteil von ca. 2%. Die Stromproduktion aus dem biogenen Anteil des Abfalls hat einen Anteil von ca. 14% an der Stromproduktion aus Biomasse im Jahr 2011.[1225] Insgesamt liegt die Stromproduktion aus Biomasse im Jahr 2011 bei 34,3 TWh - 35,2 TWh.

[1223] Ockenfels, Axel: Strombörse und Marktmacht, http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/403782/data/403722/2/rwe/presse-news/so-ensteht-der-strompreis/Stromboerse-und-Marktmacht.pdf, Abruf 2.03.2012, Köln, 2007.

[1224] Quellen: AGEE-Stat 2012 a.a.O. mit 1,4 TWh; Witt et al. Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Berichte_Projektdatenbank/3330002_Stromerzeugung_aus_Biomasse_Endbericht_Veröffentlichung_FINAL_FASSUNG.pdf, Abruf am 22.06.2012 mit 0,55 TWh

[1225] AGEE-Stat 2012 a.a.O., Witt et al. 2012;

Biogas hat den größten Anteil am aus Biomasse produzierten Strom in Deutschland 2011



Stromproduktion aus Biomasse in Deutschland 2011	
Biomasse	**Strom [TWh]**
Biogene Festbrennstoffe	11,3
Biogene Flüssigbrennstoffe(*)	0,55 – 1,4
Biogas	17,5
Biogener Anteil des Abfalls	4,95
Summe	**34,3 - 35,2**

Abb. 417: Zusammensetzung der Stromproduktion aus Biomasse 2011[1226]

Nach Angaben der AGEE-Stat ist die erzeugte Strommenge aus Biomasse seit dem Jahr 2000 konstant steigend und liegt bei 35,2 TWh im Jahr 2011 inkl. der Stromproduktion aus dem biogenen Anteil am Abfall mit 4,95 TWh (s. folgende Abb.). Der Anteil der Strommenge aus Biomasse am Gesamtmarkt ist von ca. 1,1% im Jahr 2004 auf 4,5% im Jahr 2010 bzw. ca. 6% im Jahr 2011 angewachsen.[1227]

[1226] AGEE-Stat 2012 a.a.O.; Witt et al. 2012 a.a.O.; (*) Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen nach AGEE-Stat 2012 a.a.O. bei 1,4 TWh, nach Witt et al. 2012 a.a.O. bei 0,55 TWh

[1227] BMWi 2012 a.a.O.; AGEE-Stat 2012 a.a.O.; Wert inklusive der Stromproduktion aus dem biogenen Anteil des Abfalls.

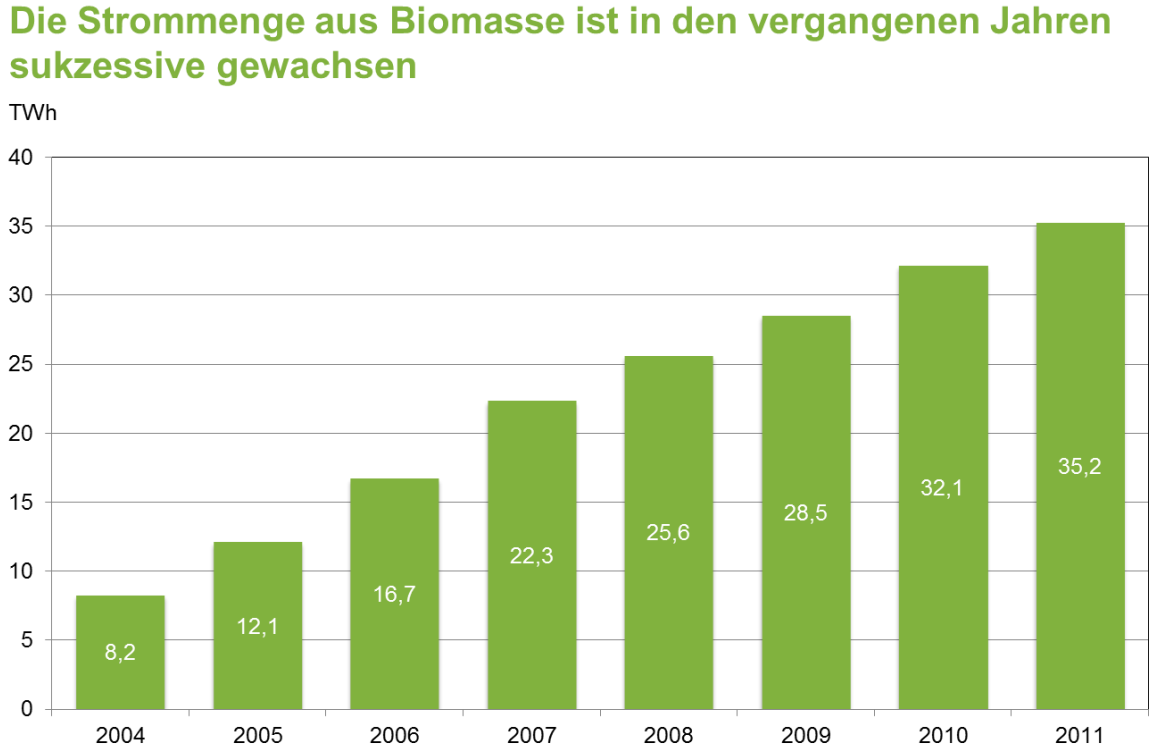


Abb. 418: Erzeugte Strommenge aus Biomasse 2004 - 2011[1228]

11.1.3 Rohstoffe und Zwischenprodukte

11.1.3.1 Biogas

Biogas ist ein Mischgas, welches durch die anaerobe Vergärung von Biomasse entsteht. Dabei bauen Mikroorgansimen organische Stoffe, im Wesentlichen unter Bildung des energiereichen Methans, ab. Das produzierte Gasgemisch wird anschließend aufbereitet (vor allem durch Entschwefelung) und durch Verbrennung in einem BHKW zur Produktion von Wärme- und Stromenergie eingesetzt. In Biogasanalagen können Substrate wie beispielsweise Wirtschaftsdünger (Gülle, Jauche), vorkonditionierte Energiepflanzen (z.B. Mais, Rüben), Pflanzenreste (Stroh), Zwischenfrüchte oder organische Abfallstoffe (z.B. Küchenabfälle) eingesetzt werden.

Für die in der Biogasanlage eingesetzten Energiepflanzen (besonders Mais) besteht fast immer eine Flächenkonkurrenz zu Nahrungsmittelpflanzen, da auf den landwirtschaftlichen Flächen grundsätzlich Nutzpflanzen sowohl zur energetischen Nutzung als auch zur Nutzung als Nahrungs- und Futtermittel angebaut werden können. Diese Nutzungskonkurrenz führt, besonders in Zeiträumen mit steigenden, weltweiten Marktpreisen für Nahrungsmittel, zu grundlegenden gesellschaftlichen Diskussion über Landnutzungsentscheidungen. Außerdem wird bei steigenden Nahrungsmittelpreisen der Anbau bzw. die Nutzung der Pflanzen als Nahrungs- und Futtermittel ökonomisch attraktiver als die Umwandlung in Strom- und Wärmeenergie, was zu einem Produktionsrückgang und Stilllegung von Biogasanlagen führen kann.

[1228] AGEE-Stat 2012 a.a.O.; BMWi 2012 a.a.O.

11.1.3.2 Biogene Festbrennstoffe

Die wichtigsten biogenen Festbrennstoffe zur Energieerzeugung in Deutschland sind Holz und Holzprodukte. Holz kann nach der Ernte im Wald zu Hackschnitzeln oder Stückholz (Scheitholz) aufgearbeitet und so energetisch genutzt werden. Außerdem fallen bei der stofflichen Nutzung von Holz in einem Sägewerk Nebenprodukte an (Sägemehl, Sägespäne, Schwarten, Industriehackschnitzel,...), die sowohl stofflich (siehe Abschnitt 10) als auch energetisch genutzt werden können. Da Holz als Energieträger im Sektor der Wärmeproduktion eine bedeutende Rolle spielt, werden die einzelnen Produkte und in diesem Abschnitt näher beschrieben.

Neben Holz können aber auch landwirtschaftliche Produkte (Energiepflanzen: Miscanthus, Switchgras, etc.), Nebenprodukte (Getreidestroh), Reststoffe und Abfälle energetisch verwendet werden. Bei der Ernte werden die biogenen Festbrennstoffe häufig direkt aufgearbeitet (z.B. Häckseln bei Miscanthus), so dass sie anschließend energetisch verwendet werden können.

Außerdem kann feste Biomasse zu Gas umgewandelt und energetisch genutzt werden. Derzeit kommt allerdings fast ausschließlich Holz als Energieträger zum Einsatz, was einerseits mit dem Aufkommen von Holz und andererseits mit der chemischen Zusammensetzung von Holz (Lignin, Cellulose) zu tun hat. Außerdem hat derzeit Stroh als Rohstoff (Strohvergasung) eine relevante wirtschaftliche Bedeutung in Deutschland. Weitere mögliche Rohstoffe sind getrocknete Energiepflanzen wie beispielsweise Miscanthus.

11.1.3.3 Biogene Flüssigbrennstoffe

Biogene Flüssigbrennstoffe sind in ihrer Herstellung und in ihren Eigenschaften vergleichbar mit den Biokraftstoffen, die in Automobilen eingesetzt werden (siehe Abschnitt 13). Für die Produktion von Biodiesel und Pflanzenöle werden in Deutschland hauptsächlich Palmöl, Raps und Soja als pflanzlicher Rohstoffe eingesetzt. Weitere Rohstoffe für die Biodieselproduktion sind Jatropha- sowie Sonnenblumenöl. Die Produktion von Biodiesel aus Algen besitzt aufgrund der effektiven Biomasseproduktion großes Potential, spielt im heutigen Markt aber noch keine relevante Rolle.

Das pflanzliche Öl wird hauptsächlich durch Pressen oder Extraktion der ölhaltigen Samen (z.B. Raps) bzw. Bohnen (z.B. Soja) gewonnen. Das so produzierte Pflanzenöl kann einerseits als reines Pflanzenöl energetisch genutzt werden, oder es ist Ausgangsstoff für die Weiterverarbeitung zu Biodiesel. Die beim Pressen bzw. Extrahieren gewonnen Nebenprodukte wie Schrot werden ebenfalls aufgearbeitet und können als Rohstoff in der Tierernährung weiterverwendet werden.

Für die Produktion von Biodiesel werden die relevanten pflanzlichen Rohstoffe raffiniert und durch die Umesterung mit Methanol zur Nutzung als Biodiesel aufbereitet. Durch weitere Produktionsschritte wird das durch die Umesterung abgetrennt Glycerin sowie das überschüssige Methanol gewonnen und kann einer weiteren Nutzung zugeführt werden.

Für die Produktion von Bioethanol sind Zuckerrübe, Weizen und Mais in Deutschland die bedeutendsten Nutzpflanzen. Andere kohlenhydratreiche Nutzpflanzen (Roggen, Gerste, Triticale, Cassava, Zuckerrohr, etc.) können ebenfalls für die Produktion genutzt werden. Je nach Art des Kohlenstoffes können stark zuckerhaltige Rohstoffe wie Melasse (Zuckerrohr) direkt fermentiert (alkoholische Vergärung) werden. Stark stärkehaltige Rohstoffe (z.B. alle Getreidearten) werden erst zu Maische verarbeitet, um die vorliegende Stärke in Zucker umzuwandeln

(enzymatischer Aufschluss). Die Maische oder die Melasse werden in Fermentern zu Ethanol verarbeitet. Durch Destillation und Entwässerung wird das produzierte Bioethanol aufkonzentriert (bis zu 99 %). Die beim gesamten Produktionsprozess anfallenden Nebenprodukte z.B. (Schlempe, Bagasse) können als Substrate für Biogasanlagen, als Tierfutter oder Düngemittel weiterverwendet werden.

11.1.4 Technologie und Konversionsverfahren

11.1.4.1 Biogas

Das Biogassubstrat wird aus einer Vorgrube in einen Fermenter transportiert. In diesem findet der eigentliche Gärprozess statt. Die in der Biomasse enthaltenen organischen Verbindungen werden in Abwesenheit von Licht und Sauerstoff durch Mikroorganismen u.a. in Wasser, Methan und Kohlendioxid umgewandelt. Das entstehende Gasgemisch wird im Gasspeicher temporär gesammelt. Die in diesem Gemisch enthaltene Gase Ammoniak (Stickstoff) und Schwefelwasserstoff (Schwefel) werden mit Hilfe eines Aufbereitungsverfahrens entfernt, um frühzeitige Korrosionserscheinungen am BHKW-Modul zu verhindern. Der feste Rückstand dieses Verarbeitungsprozesses (Gärrest) wird in regelmäßigen Abständen aus dem Fermenter entfernt. Die Gärreste können in der landwirtschaftlichen Produktion als Wirtschaftsdünger eingesetzt werden. [1229]

Das gewonnene Mischgas kann nun in einem BHKW unter Nutzung der KWK-Technologie in Strom und Wärmeenergie umgewandelt werden. Die entstehende Wärmeenergie wird häufig als Prozesswärme zur Erhitzung des Fermenters genutzt oder in nahegelegene Wärmenetze eingespeist. Die entstandene elektrische Energie wird in das Stromnetz eingespeist und vergütet.

Eine alternative Nutzungsmöglichkeit ist die Aufbereitung des Biogases zu Biomethan. Biomethan kann in das Erdgasnetz eingespeist werden und flexibel zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Alternativ kann es an Tankstellen weitervermarktet und als Kraftstoff im mobilen Bereich eingesetzt werden.

11.1.4.2 Biogene Fest- und Flüssigbrennstoffe

Bei der energetischen Nutzung von Brennstoffen besteht die Möglichkeit, die eingesetzte Energie in zwei Energieformen umzuwandeln. Durch den Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) können Brennstoffe gleichzeitig zur Wärmeproduktion und zur Erzeugung von elektrischer Energie genutzt werden (s. folgende Abb.). Die KWK ist eine Technologie, deren Nutzung durch Förderung über die BAFA, das KWK-Gesetz (KWKG) und über das EEG (KWK-Bonus bis einschließlich 2011), mit staatlichen Zuschüssen in größerem Maße unterstützt wurde. Durch die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in einer Anlage (beispielweise Biomasseheizkraftwerk und Biogasanalage mit BHKW) wird der eingesetzte Rohstoff effektiver genutzt als bei Anlagen, in denen nur eine Energieform produziert wird.[1230] Die Energieverluste beim Umwandlungsprozess innerhalb des Kraftwerkes werden minimiert. Es wird durch

[1229] Agentur für erneuerbare Energien (AEE): Wie funktioniert eine Biogasanlage?, http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/103/wie-funktioniert-eine-biogasanlage.html, Abruf: Nov. 2011a.

[1230] BAFA: Kraft-Wärme-Kopplung, http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/index.html, Abruf am 28.02.2012.

diese Technologie weniger Brennstoff zur Produktion von mehr Energie verwendet, die Anlagen arbeiten also effizienter und setzen beim Verbrennungsprozess weniger CO_2-Emissionen (pro Energieeinheit) frei. Erstmals wurde im Jahr 2002 das „Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung“ erlassen, welches den Ausbau dieser Technologie zum Ziel hatte. Mit Jahresbeginn 2009 trat die Novellierung des Gesetzes in Kraft mit dem Ziel, den Klimaschutz in Deutschland zu verbessern und Energieeinsparungen zu erzielen. Ferner wurde über den Technologie-Bonus im EEG bis einschließlich 2011 die Nutzung der KWK gefördert.[1231]

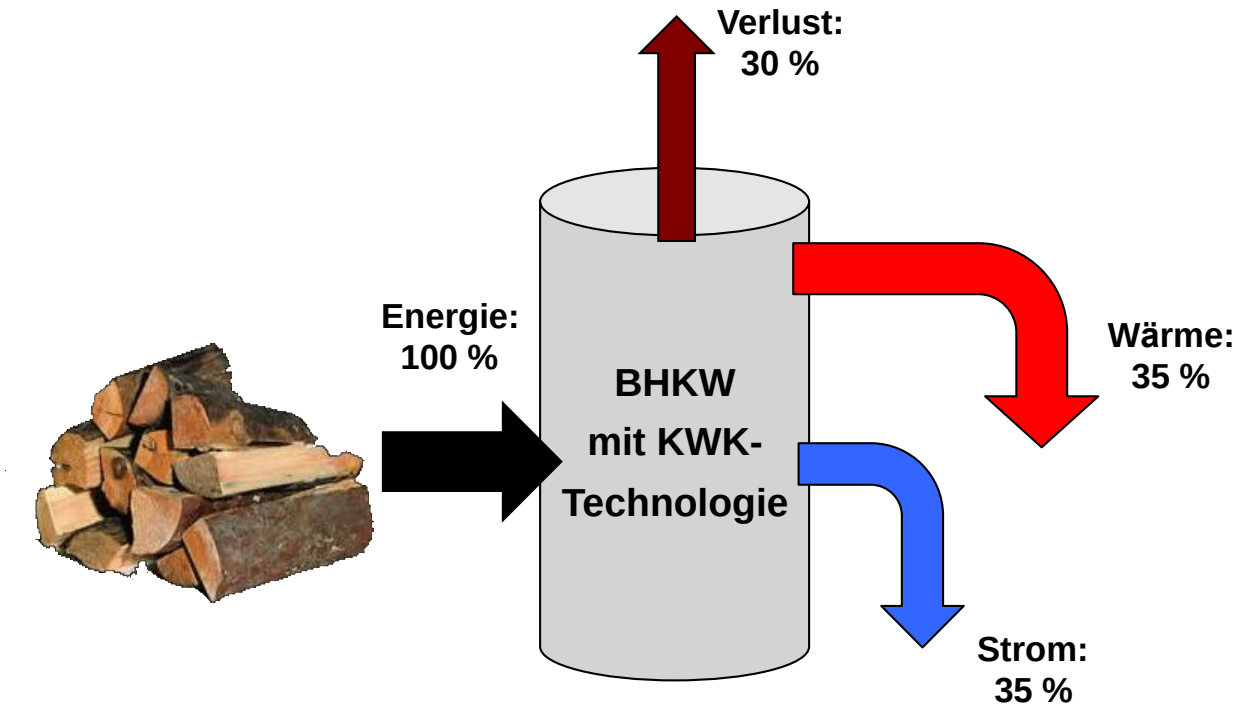


Abb. 419: Vereinfachte Darstellung des Wirkprinzips der KWK-Technologie[1232]

In herkömmlichen Kraftwerken werden elektrische Wirkungsgrade zwischen 30 bis 40% der eingesetzten Primärenergie erreicht. Durch Nutzung der KWK-Technologie kann der Gesamtnutzungsgrad auf bis zu 80% verbessert werden.[1233] Eingesetzt werden kann die Technologie überall dort, wo es Abnehmer bzw. Kunden für die entstehende Wärmeenergie gibt. Dies kann in großen Industrieanlagen sein, welche die Wärmeenergie im Produktionsprozess wieder einsetzen, die Nutzung im Bereich der Gebäudeheizung sowie der Warmwasseraufbereitung in nahegelegenen Industrie- oder Wohngebieten oder die Einspeisung ins Fernwärmenetz. Der erzeugte Strom kann ebenfalls direkt am Ort der Entstehung eingesetzt oder in das Stromnetz eingespeist werden.

[1231] Küffner, Georg: Schlechter als ihr Ruf, http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/kraft-waerme-kopplung-schlechter-als-ihr-ruf-1578989.html, Abruf: 28.02.2012,
FAZ Artikel vom 16.01.2011.
[1232] Eigene Darstellung mit beispielhaften Nutzungsgraden
[1233] BKWK: Bundesverband der Kraft-Wärme-Kopplung, http://www.bkwk.de, Abruf: 28.02.2012.

11.1.5 Angebot und Nachfrage, Preise

11.1.5.1 Biogas

Im Jahr 2011 wurden in Deutschland in etwa 7.215 Biogasanlagen 17,5 TWh Strom produziert (s. folgende Abbildung).[1234] Die über KWK-Technologie produzierte Wärmeenergie wird auf 17 TWh geschätzt.[1235] Die Anzahl der Biogasanlagen ist damit im Jahr 2011 um über 1.300 neue Anlage gestiegen. Die installierte Leistung aller Biogasanlagen in Deutschland liegt Ende 2011 bei etwa 2.900 MW_{el}. Der Marktwert des produzierten Stroms beträgt, bei einem durchschnittlichen Strompreis für Privathaushalte von 24,95 c/kWh, ca. 4,5 Mrd. €. Die Biogasanlagebetreiber erhalten durchschnittlich über die EEG-Zulagen 16,86 c/kWh Vergütung für den eingespeisten Strom.[1236]

2011 produzierten ca. 7.200 Biogasanlagen Strom mit einem Marktwert von 4,5 Mrd. €

Kriterien	Strom aus Biogas
Produktion 2011	• 17,5 TWh Endenergie Stromproduktion • 17,0 TWh Endenergie Wärmeproduktion
Marktwert 2011	• Marktwert Strom: ca. 4,5 Mrd. €
Durchschnittl. Vergütung	• 16,86 c/kWh (Vergütung EEG „Biomasse“) • Vergütung Stromproduktion: 2,95 Mrd. €
Preise	• Strompreis Privatkunden: 24,95 c/kWh • Davon EEG-Umlage: 3,530 c/kWh
Erläuterungen	• 2011: 7.215 Biogasanlagen, Tendenz weiter steigend (Prognose 2012: 7.400 Anlagen) • 77 Biogasanlagen bereiten Biomethan auf; Einspeisung: 275,1 Mio. m^3 Biomethan (ca. 2,74 TWh) • Mobiler Bereich: ca. 90.000 CNG Fahrzeuge (Erdgas 2010: 2,7 TWh) • Entstehung von Güllebörsen in den vergangenen Jahren

Abb. 420: Markt für Biogas in Deutschland 2011[1237]

Die erzeugte Strommenge aus Biogas ist seit 2004 von ca. 1 TWh auf über 17 TWh im Jahr 2011 gestiegen (s. folgend Abb.).

[1234] AGEE-Stat 2012 a.a.O.; Fachverband Biogas e.V.: Branchenzahlen, http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/12-06-01_Biogas%20Branchenzahlen%202011-2012-2013.pdf, Abruf: 21.06.2012.

[1235] AGEE-Stat 2012 a.a.O.

[1236] EEG-Mengentestat: http://www.eeg-kwk.net/de/file/EEG_2010_Public.pdf, Abruf: 07.12.2011; Bundesnetzagentur: Biogas Monitoringbericht 2012, http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Berichte/2012/BioGasMonitoringbericht2012pdf.pdf?__blob=publicationFile, Abruf: 21.06.2012.

[1237] Bundesnetzagentur 2012 a.a.O.; EEG-Mengentestat 2011 a.a.O.; Fachverband Biogas 2012 a.a.O.; Peters, Dirk et al.: Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix, ISBN: 978-3-9813760-5-0aktualisierte Fassung vom September 2011; (*) Berechnung Marktwert bei einem Strompreis von 24,95 c/kWh für Privatkunden.

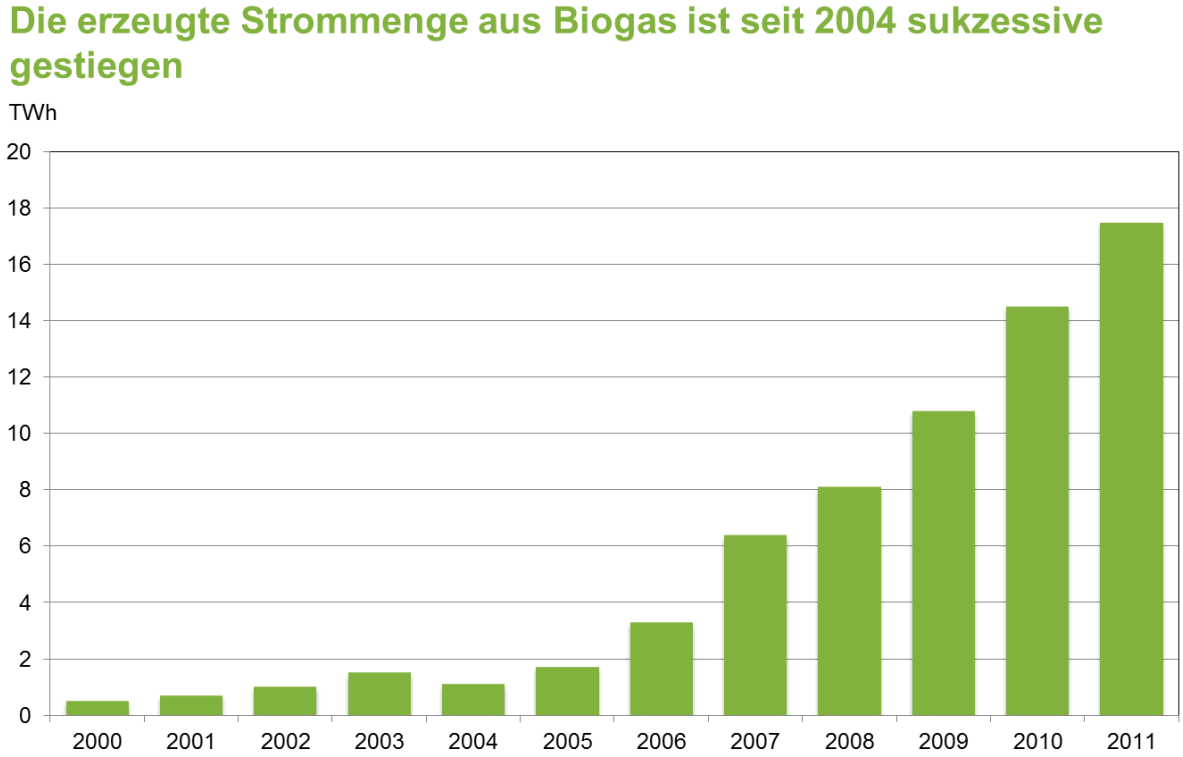


Abb. 421: Entwicklung der Stromproduktion aus Biogas bis 2011[1238]

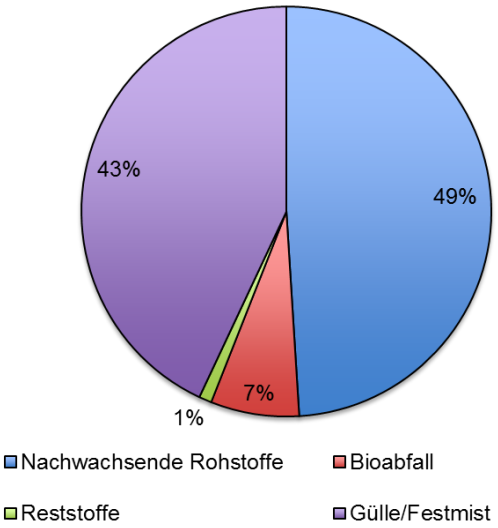
77 Biogasanlagen speisten 2011 aufbereitetes Biomethan ins Gasnetz ein. Die eingespeiste Menge lag 2011 bei 275,1 Mio. m^3 Biomethan, was 2,74 TWh Energie entspricht. Die Zahl der Anlagenbetreiber, die ihr Gas aufbereiten, ist in den vergangenen Jahren gestiegen. Allerdings muss für eine Einspeisung ins Gasnetz die infrastrukturellen Gegebenheiten, also eine Verbindung zum Netz, gegeben sein. Dies ist für die Mehrzahl der ländlich gelegenen, dezentralen Anlagen nicht gegeben. [1239]

Der Rohstoffeinsatz für Biogasanlagen steigt mit der Entwicklung der Stromproduktion und Anlagenzahl weiter an. Im Jahr 2011 wurden rund 1 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche in Deutschland für den Anbau von Nutzpflanzen für Biogasanlagen benötigt (s. folgende Abb.). Der Anteil von nachwachsenden Rohstoffen am eingesetzten Substrat beträgt ca. 77% (energetisch), wobei davon Maissilage (79% massebezogen, 31,2 Mio. t Maissilage) den bedeutendsten Anteil vor Grassilage (9%, 3,5 Mio. t), Getreide (8%, 0,79 Mio. t Getreidekorn, 2,4 Mio. t Ganzpflanzensilage (GPS)) und anderen Substraten (4%) hat. Dies entspricht einer Fläche von ca. 0,65 Mio. ha Mais, 0,16 Mio. ha Grünland, 0,2 Mio. ha Getreide. Andere eingesetzte Substrate waren Gülle (11% energetisch) und organische Abfallstoffe.[1240]

[1238] AGEE-Stat 2012 a.a.O.; Fachverband Biogas 2012 a.a.O. (in TWh).
[1239] Bundesnetzagentur 2012 a.a.O.
[1240] Kliebisch, Christoph et al.: Erhebung statistischer Daten zu Anbau & Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe, Zwischenbericht 2012, überarbeitete Fassung vom 17.09.2012; Witt et al. 2012.

Maissilage ist unter den nachwachsenden Rohstoffe das bedeutendste Substrat für Biogasanlagen in Deutschland 2011

Substrate für Biogasanlagen in Deutschland 2011[1]



Nachwachsende Rohstoffe

Nawaro Biogassubstrateinsatz und Flächenbedarf in Deutschland 2011

	Nawaro Substrateinsatz (massebezogen, %)	Flächen-bedarf (ha)
Maissilage	79	649.969
Getreide (Korn)	2	121.513
Grassilage	9	161.557
Ganzpflanzensilage (Getreide)	6	67.700
Zuckerrübe	1	5.266
Andere	3	ca.15.000
Summe	**100**	**1.021.005**

Abb. 422: Substratzusammensetzung und Flächenbedarf für Biogasanlagen in Deutschland 2011[1241]

11.1.5.2 Biogene Festbrennstoffe

Im Jahr 2011 wurden in 255 Anlagen biogene Festbrennstoffe zur Produktion von Strom- und Wärmeenergie verbrannt und nach dem EEG gefördert. Die Leistung der betriebenen Anlagen betrug insgesamt ca. 1.366 MW_{el}. Unter diesen 255 Anlagen waren 6 Anlagen aus der Zellstoffindustrie sowie 40 Anlagen aus der Sägeindustrie, die Strom in das Netz eingespeist haben. Die Gesamtleistung der 40 BMHKWs im Bereich der Sägeindustrie lag bei ca. 150 MW_{el}. In der Zellstoffindustrie lag die installierte, elektrische Leistung der BMHKWs, die nach EEG vergütet werden, bei ca. 130 MW_{el} (die tatsächliche Leistung inklusive Eigenbedarf, Drosselung war 230 MWel). Im Vergleich zu 2010 stieg der Neubau von Anlagen von 14 (2010) auf 30 BMHKWs an. Die durchschnittliche Leistung pro betriebene Anlage ging auf ca. 3,6 MW_{el} weiter zurück. Dies zeigt einen Trend hin zu kleineren, dezentralen Verbrennungsanlagen.[1242]

Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen lag 2011 bei 11,3 TWh_{el} (s. folgende Abb.). Vergleicht man die Stromproduktion der vergangenen Jahre, so ist zu erkennen, dass seit 2008 die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen jährlich zwischen 11 - 12 TWh liegt.[1243]

[1241] Witt et al. 2012 a.a.O., Kliebisch et al. 2012 a.a.O. (Angaben Flächenbedarf in ha).
[1242] Koop , Dittmar: Sägewerker unzufrieden mit EEG-Entwurf, http://www.erneuerbareenergien.de/saegewerker-unzufrieden-mit-eeg-entwurf/150/482/31069/, Abruf am 24.09.2012; Thrän, Daniela et al.: IEA Bioenergy Task 40: Country Report Germany 2011, Leipzig/Darmstadt, Januar 2012; Witt et al. 2012 a.a.O.; Koop , Dittmar: Sägewerker unzufrieden mit EEG-Entwurf, http://www.erneuerbareenergien.de/saegewerker-unzufrieden-mit-eeg-entwurf/150/482/31069/, Abruf am 24.09.2012; Witt et al. 2012 a.a.O.
[1243] AGEE-Stat 2012 a.a.O.

Die durchschnittliche Vergütung aus EEG-Mitteln pro kWh_{el} lag bei 16,86 Cent. Dies entspricht einer Gesamtvergütung von 1,9 Mrd. €. Der Marktwert des produzierten Stroms war 2,81 Mrd. € (Annahme Strompreis 24,95 c/kWh).

Kriterien	Strom aus Biogenen Festbrennstoffen
Produktion 2011	• 11,3 TWh Strom
Marktwert 2011	• 2,81 Mrd. € (Marktwert Strom)
Durchschnittl. Vergütung	• 16,86 c/kWh (Vergütung EEG „Biomasse“) • Gesamt: 1,9 Mrd. €
Preise	• Strompreis Privatkunden: 24,95 c/kWh • Davon EEG-Umlage: 3,53 c/kWh
Erläuterungen	• Rohholzeinsatz insgesamt 34 Mio. m^3 • Altholz (ca. 6,4 Mio. m^3) wird nicht als nachwachsender Rohstoff betrachtet • Großteil der Anlagen mit KWK-Technologie, nur 5 % reine Stromanalgen • Sortimente: Schwachholz, Landschaftspflegematerial

Abb. 423: Markt für biogene Festbrennstoffe 2011[1244]

Strom aus biogenen Festbrennstoffen wird sowohl in BMHKWs als auch in Betrieben der Forst- und Holzindustrie (z.B. aus dem Bereich der Zellstoff-, Papierindustrie oder der Holzwerkstoffindustrie) produziert und ins Netz eingespeist. In Kraftwerken wurden zur energetischen Nutzung ca. 12,5 Mio. m^3 Holz eingesetzt. Innerhalb von Betrieben der Forst- und Holzindustrie waren es im Jahr 2011 21,5 Mio. m^3 Holz.

Von diesen insgesamt 34 Mio. m^3 waren 6,4 Mio. m^3 Altholz. Es wurden 2011 ca. 16,6 Mio. m^3 weitere biogene Brennstoffe zur Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt (siehe Abschnitt 12). Die restlichen ca. 10,3 Mio. m^3 Holz kommen aus anderen Quellen (Waldrestholz, Landschaftspflegematerial, KUP, etc.) und wurden größtenteils als Hackgut in den BMHKWs eingesetzt.[1245]

Maßgeblich für den Einsatz der einzelnen Sortimente bzw. Energieholzprodukte in Kraftwerken war die Vergütungsstruktur des EEG in der Fassung von 2009. Um den Strom wirtschaftlich zu produzieren, strebten die Betreiber der BMHKWs an, eine Vollversorgung der Anlage mit Material zu erreichen, welches die Anforderungen zur Vergütung des Nawaro-Bonus erfüllt. Die Preise für die einzelnen Energieholzprodukte unterlagen im Jahresverlauf 2011 teilweise deutlichen regionalen Differenzen. Diese auf Unterschiede sind auf die Rohstoffverfügbarkeit zurückzuführen. Somit sind die hier angegebenen Preise als Durchschnittswerte über den gesamten Jahresverlauf in ganz Deutschland anzusehen.

[1244] AGEE-Stat 2012 a.a.O., eigene Berechnung auf Grundlage mehrer Quellen, siehe Anhang 1 des Quellenverzeichnisses.
[1245] Eigene Berechnung auf Grundlage mehrerer Quellen, siehe Anhang 1 des Quellenverzeichnisses.

Die Preise für Waldhackschnitzel lagen im Jahresverlauf bei durchschnittlich ca. 95 €/t (WG 35, Lieferung bis 20 km). Hackschnitzel (Hackgut) werden hauptsächlich als Einsatzstoff für BMHKWs genutzt. Die Preise für Waldhackschnitzel sind regional stark unterschiedlich und zeigen beispielsweise große Unterschiede zwischen Nord- und Süddeutschland auf (Preisunterschiede Ende 2010 bis zu 15 €/t).[1246] Der Grund für die regionalen Schwankungen ist das Aufkommen von Hackgut, bei dem es große Differenzen zwischen waldreichen Regionen im Süden Deutschlands und waldarmen Regionen, wie beispielsweise der Lüneburger Heide, im Norden gibt. Hackgut hat aufgrund der geringen Energiedichte nur eine sehr geringe Transportwürdigkeit. Daher ist der Handel mit dem Rohstoff stets auf bestimmte Regionen im Umkreis von einigen Kilometern (bis zu 30 km Süddeutschland, bis zu 120 km Norddeutschland, mündliche Auskunft Marktteilnehmer) beschränkt, was die Bildung überregionaler Märkte bisher verhindert. Die Preise für Waldhackschnitzel waren im Jahr 2011 relativ stabil. Seit 2009 sind die Preise langsam von ca. 80 €/t auf knapp über 90 €/t gestiegen.[1247]

Die Preise für unbehandeltes Altholz (Altholzklasse I) lagen 2011 zwischen 30 - 45 €/t. In den vergangenen zwei Jahren kam es aufgrund der guten Konjunktur zu einem sehr stabilen, hohen Altholzaufkommen. Diese gute Versorgungslage der aufbereitenden Betriebe wirkte sich stabilisierend auf die Preise aus. Die Preise für Altholz der Klasse I lagen 2011 zwischen 30 und 45 €/t. Die Preise für Altholz der Klassen II-III lagen bei 15 - 30 €/t. (s. folgende Abb.) Sägespäne wurde mit 10 - 15 €/rm gehandelt.[1248]

Durchschnittspreise für relevante Energieholzprodukte 2011 in Deutschland

Energieholzprodukt	Einheit	Durchschnittspreis 2011	Erläuterung
Sägespäne	€/rm	10-15	exkl. Lieferungskosten
Industriehackschnitzel	€/rm	12-18	exkl. Lieferungskosten
Waldhackschnitzel	€/t	94,59	Qualität WG 35 (35 % Wasser), Lieferung bis 20 km
Industriepellets	€/t	127,5	APX Endex - Börsenpreise
Holzpellets	€/t	225-242	ENplus A1, Endkundenpreise
Altholz A I	€/t	30-45	
Altholz A II-III	€/t	15-30	

Tab. 82: Durchschnittspreise für Energieholzprodukte in Deutschland 2011[1249]

Betrachtet man die Preise für weitere relevante Energieholzprodukte, so sind diese seit 2010 angestiegen. Der Preisindex für Hackschnitzel aus Nadelholz stieg beispielsweise von Jahresbeginn 2010 zum Jahresende 2011 um über 10 Prozent (s. folgende Abb.).[1250]

[1246] CARMEN – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.: Marktdaten, http://www.carmen-ev.de/dt/energie/hackschnitzel/hackschnitzelpreis.html, Abruf 21.03.2012.
[1247] CARMEN 2012 a.a.O.
[1248] BAV (Bundesverband der Altholzaufbereiter u. –verwerter), pers. Mitteilung U. Schieferstein; EUWID 2012 a.a.O; Stat. Bundesamt 2012 a.a.O.; Witt, Janet et al. 2011 a.a.O.
[1249] APX ENDEX 2012 a.a.O.; EUWID 2012 a.a.O.; Witt et al. 2012 a.a.O.
[1250] BAV (Bundesverband der Altholzaufbereiter u. –verwerter), pers. Mitteilung U. Schieferstein; EUWID 2012 a.a.O; Stat. Bundesamt 2012 a.a.O.; Witt, Janet et al. 2011 a.a.O.

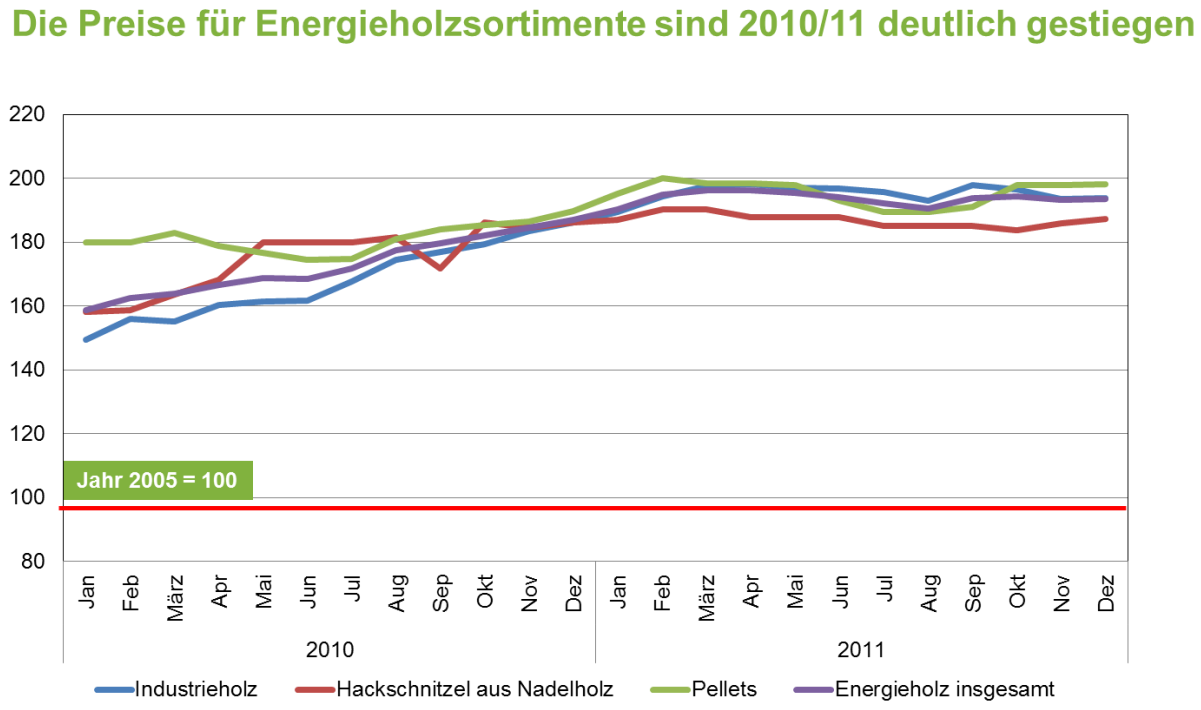


Abb. 424: Index der Erzeugerpreise für Energieholzsortimente in Deutschland im Zeitraum 2010 - 2011[1251]

In Deutschland wird die Technologie der Vergasung von festen Biobrennstoffen seit der Novellierung des EEG 2004 wieder nachgefragt. Das erste größere Holzgaskraftwerk (4,5 MW_{el} Leistung) wird 2013 in der Nähe von Ulm ans Netz gehen und jährlich bis zu 40.000 t Holz (Rest- und Altholz) nutzen. Weitere größere Anlagen >1 MW sind in Senden, Herten, Chiemgau und Geislingen geplant oder bereits im Bau. Ansonsten wird der Markt im Jahr 2011 hauptsächlich von Anlagen kleiner bis mittlerer Leistung dominiert. Insgesamt gibt es im Jahr 2011 179 Anlagen mit einer installierten elektrischen Gesamtleistung von über 23 MW_{el}.[1252]

Neben Holz werden auch weitere biogene Festbrennstoffe zur Stromproduktion eingesetzt. In Anlagen mit einer Leistung von über 1 MW wurden 2011 insgesamt 1,4 Mio. t nicht holzige Biomasse eingesetzt. Der größte Teil dieser Biomasse war Ablauge (1,3 Mio. t). Außerdem wurden 0,1 Mio. t andere biogene Festbrennstoffe, beispielsweise Maissilage oder organische Abfallstoffe wie Speisereste, Fette genutzt.[1253] Der Einsatz anderer biogener Festbrennstoffe wird im Abschnitt 12.1.5.4 beschrieben.

11.1.5.3 Biogene Flüssigbrennstoffe

Für die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen gibt es für das Jahr 2011 unterschiedliche Angaben. Die AGEE-Stat gibt eine Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen von 1,4 TWh an.[1254] Der EEG-Monitoringbericht gibt eine deutlich geringere Strompro-

[1251] Stat. Bundesamt 2012 a.a.O.
[1252] FEE (Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V.: Homepage – Aktuelles, http://www.fee-ev.de/aktuelles.html, Abruf am 24.09.2012; Witt et al. 2011 a.a.O.
[1253] Weimar, Holger et al.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring. Einsatz von Holz in Biomasse-Großfeuerungsanlagen 2011. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der holz- und Forstwirtschaft. Hamburg 2012.
[1254] AGEE-Stat. 2012 a.a.O.

duktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen an.[1255] Beide Quellen benutzen unterschiedliche Methoden zur Berechnung der Daten, was die Abweichungen erklärt. Die Daten der AGEE-Stat beruhen auf den Angaben und Mitteilungen zahlreicher Forschungsinstitute, offiziellen Statistiken und wissenschaftlichen Publikationen. Die Daten für den EEG-Monitoringbericht werden auf Basis einer Befragung von Herstellern und Installateuren, die insgesamt über 1.000 Pflanzenöl BHKW in Deutschland installiert haben, sowie einer Befragung von ca. 100 Betreibern von Pflanzenöl BHKWs ermittelt. Außerdem werden die im Rahmen der Energiestatistik erhobenen Angaben aller Heizkraftwerke über 1 MW berücksichtigt. Durch die Befragung der Anlagenbetreiber und aufgrund der großen Stichprobenzahl werden belastbare Werte ermittelt. In der vorliegenden Studie basieren die Marktdaten für das Marktsegment „Biogene Flüssigbrennstoffe“ für das Jahr 2011 auf den Angaben des EEG-Monitoringberichtes.[1256]

Die Produktion von Strom aus biogenen Flüssigbrennstoffen lag im Jahr 2011 bei 0,55 TWh (s. folgende Abb.). Der Markt für den stationären Einsatz von biogenen Flüssigbrennstoffen ist seit drei Jahren rückläufig und wird voraussichtlich auch im kommenden Jahr weiter schrumpfen. Insgesamt wurden 2011 ca. 350.000 t Pflanzenöl, hauptsächlich Palmöl, mit einem geschätzten Marktwert von 350 Mio. € zur Produktion von Strom- und Wärmeenergie (KWK-Technologie) eingesetzt. Der Marktwert des produzierten Stroms liegt bei ca. 137 Mio. €.[1257]

In Deutschland waren 2011 ca. 560 Anlagen mit einer installierten Leistung von 100 MW_{el} aktiv.[1258] Davon hatten nur zehn Anlagen eine Leistung von mehr als 1 MW_{el}. Damit setzt sich die Entwicklung von 2010 fort und zahlreiche Anlagen werden stillgelegt bzw. sind nicht mehr aktiv oder wurden auf andere Energieträger (Heizöl) umgestellt.

Die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen ging 2011 auf 0,55 TWh zurück

Kriterien	Biogene Flüssigbrennstoffe
Produktion 2011	• 0,55 TWh
Marktgröße	• Ca. 350.000 t Pflanzenöl (für Strom- & Wärmeproduktion; hauptsächlich Palm- u. Rapsöl) • ca. 350 Mio. €/a
Preise	• Palmöl: 822,38 €/t (Vorjahr: 679,08 €/t) • Rapsöl: 994,45 €/t (Vorjahr: 766 €/t)

Erläuterungen	• ca. 560 Anlagen mit 100 MW_{el} installierte Leistung aktiv; 10 Anlage mit Leistung > 1 MW
	• 80-90 % der 2010 still gelegt (Schätzung), Trend ging 2011 weiter
	• rentable Anlagen:
	  • ausgereiftes Wärmenutzungskonzept
	  • Betrieb nicht wirtschaftlich motiviert (Pilotanlagen, Insellösungen)
	  • Anlagen, die Prozeßwärme für Anwendungen in Gewerbe, LW und Gartenbau abgeben
	  • Anlagen, die Wärmeversorgungsverträge besitzen

Abb. 425: Übersicht Verstromung von biogenen Flüssigbrennstoffen im Jahr 2011[1259]

[1255] Witt et al. 2012.
[1256] Meo Projektworkshop 25.10.2012: Bestätigung durch die Marktteilnehmer, dass aufgrund der Methodik der durchgeführten Studien die Angaben des EEG-Monitoringberichtes genauer als die AGEE-Stat sind.
[1257] Witt et al. 2012 a.a.O., eigene Berechnung auf Basis Strompreis: 24,95 c/kWh.
[1258] Thrän et al. 2012 a.a.O.
[1259] AMI 2011 a.a.O.; Dreher et al. 2012 a.a.O.; Thrän et al. 2012 a.a.O.; Witt et al. 2012 a.a.O.

Grund für diese Entwicklung sind die steigenden Rohstoffpreise bzw. die steigenden Preise für Pflanzenöl (s. folgende Abb.). Der durchschnittliche Preis für Palmöl, dem Haupteinsatzstoff in BHKWs, ist im Vergleich zum Vorjahr um fast 150 €/t auf einen Jahresdurchschnittspreis von 822,38 €/t gestiegen.[1260] Eine vergleichbare Preissteigerung in den vergangenen Jahren ist auch bei den Preisen für andere Pflanzenöle (Raps-, Sonnenblumenöl) zu beobachten. Palmöl ist weiterhin das kostengünstigste Pflanzenöl für den Einsatz in BHKWs. Eine Substitution durch andere Pflanzenöle ist nicht wirtschaftlich. Die steigenden Preise machen die Nutzung zahlreicher Anlagen, insbesondere solche, die kein ausgereiftes Wärmenutzungskonzept haben und die entstehende Wärmeenergie nicht wirtschaftlich absetzen können, unrentabel.[1261]

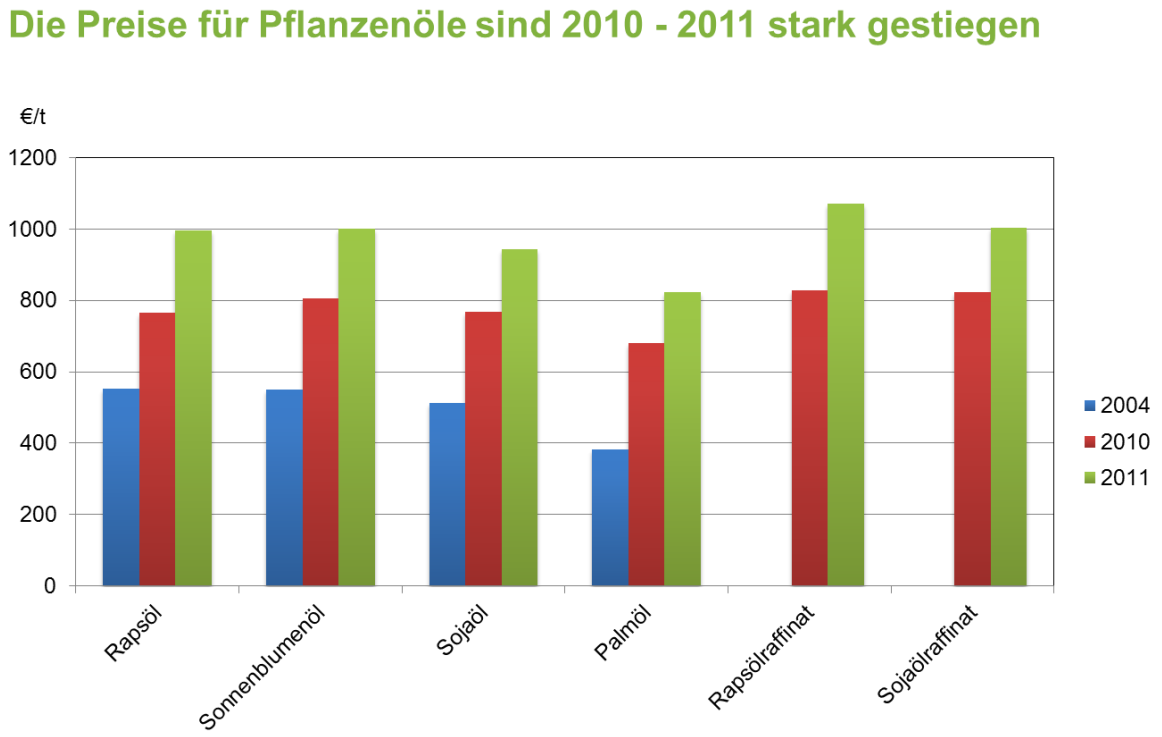


Abb. 426: Preisentwicklung von Pflanzenölen 2004 und 2010/11[1262]

Außerdem können die Pflanzenöle grundsätzlich auch im Kraftstoffbereich eingesetzt werden. Da hier die höheren Rohstoffpreise für Pflanzenöle über steigende Dieselpreise an die Verbraucher weitergegeben werden können und ein Einsatz in diesem Energiesektor rentabler ist, werden große Mengen Pflanzenöl im Kraftstoffbereich eingesetzt.

Ein weiterer Grund für die aktuelle Entwicklung war die im Jahr 2011 geforderten Nachhaltigkeitsnachweise für Pflanzenöle im Rahmen der EEG-Vergütung. Insbesondere die zu Jahresbeginn vorherrschende Unsicherheit, ob ausreichende Menge an zertifizierten Pflanzenölen

[1260] AMI: Abfrage Marktdaten vom 10.10.2011.
[1261] Dreher, Marion et al.: Bioenergie – Datengrundlagen für die Statistik der erneuerbaren Energie und Emissionsbilanzierung, Ergebnisbericht zum Workshop vom Juli 2011, http://www.uba.de/uba-info-medien/4251.html, Abruf am 19.02.2012, Februar 2012.; Thrän et al. 2012 a.a.O.; Witt et al. 2011 a.a.O.
[1262] AMI 2011 a.a.O. (in €/t).

auf dem Markt erhältlich sind und die Ungewissheit über die Höhe der mit der Zertifizierung verbundenen zusätzliche Kosten, hatten einen negativen Einfluss auf den Markt. Dies führte zu Stilllegungen von zahlreichen Anlagen.[1263]

11.1.6 Einflussparameter auf die Marktentwicklung

Das EEG in seiner jeweils gültigen Fassung ist das wichtigste Gesetz der Bundesregierung zur Steuerung und Förderung des Ausbaus der Erneuerbaren Energien und hatte einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der einzelnen Märkte (siehe Abschnitt B „Energetische Nutzung von Nachwachsenden Rohstoffen“).[1264] Dabei spielen die Dauer der Förderung durch das EEG, die Höhe der Einspeisevergütung, die Anforderungen an die Effizienz der Anlagen sowie die Größeneinteilungen und die damit verbundene Höhe der ggf. zusätzlich ausgezahlten Boni eine wesentliche Rolle für die Marktentwicklung. Außerdem sind beim EEG 2009 die Definition des eingesetzten Materials bzw. im nachfolgenden EEG 2012 die Einteilung der Biomasse in Einsatzstoffvergütungsklassen entscheidend für die Vergütung bzw. Rohstoffverfügbarkeit und letztendlich für den wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen. Im Bereich der Biogasanlagen hatten die Deckelung des Maisanteils sowie die Vorgaben zum Gülleanteil am Substratmix bei Kleinanlagen Einfluss auf die Entwicklung des Marktes.

Der Markt für den stationären Einsatz von biogenen Flüssigbrennstoffen ist seit Anfang des Jahres 2011 weiterhin rückläufig. Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung sind die in den vergangen Jahren steigenden Weltmarktpreise für Pflanzenöl. Die Preisentwicklung in den Jahren 2010/11 sorgt dafür, dass der wirtschaftliche Betrieb von Anlagen kaum noch möglich ist und zahlreiche Anlagen still gelegt werden.

Außerdem spielen die Preise für die fossilen Brennstoffe, und besonders der Ölpreis, eine große Rolle für die Marktentwicklung. Der Einsatz von Biomasse zur energetischen Nutzung kann häufig durch fossile Energieträger substituiert werden. Durch einen steigenden Ölpreis wird der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen zunehmend attraktiver und hat einen positiven Einfluss auf die Marktentwicklung. Gleichzeitig jedoch verteuern die steigenden Ölpreise auch die Produktionskosten zur Bereitstellung der eingesetzten Rohstoffe (Düngemittelpreise, steigende Transportkosten, etc.) und senken somit die Markteintrittschancen für nachwachsende Rohstoffe.

Die gesellschaftliche Diskussion um die „Vermaisung“ der Landschaft und die „Tank vs. Teller“ Diskussion, die insbesondere bei steigenden Agrarrohstoffpreisen große Teile der Bevölkerung erreicht, hatten einen wesentlichen Einfluss auf die Marktentwicklung. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die öffentliche Meinung der Bevölkerung vor allem einen großen indirekten Einfluss auf die Politik bzw. auf die den Markt beeinflussenden Regularien ausübt. Der große Einfluss der öffentlichen Meinung auf politische Entscheidungen hat sich im Nachgang der Nuklearkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 gezeigt, in Folge dessen die Bundesregierung den Ausstieg aus der Nukleartechnologie beschlossen hat.

[1263] Thrän et al. 2012 a.a.O.

[1264] Bundesregierung: Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich, http://www.bmub.bund.de/energiewende/beschluesse_und_massnahmen/doc/47465.php, Abruf 22.03.2012, 06.06.2011.

11.1.7 Rechtliche Rahmenbedingungen und Marktsituation in EU-Ländern

11.1.7.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Einflussparameter

In der Richtlinie 2009/28/EG werden durch die EU Kommission verbindliche Ziele für die Anteile von erneuerbaren Energien am Energieverbrauch in der EU bzw. in den einzelnen Ländern festgelegt. Außerdem werden spezifische Ziele für den Kraftstoffsektor festgelegt. Ziel für die gesamte EU ist es, bis 2020 den Anteil der erneuerbaren Energie am Gesamtenergieverbrauch auf 20 % zu steigern. Aufgrund der unterschiedlichen Ausgangsituationen der einzelnen Ländern und der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit haben die einzelnen Länder unterschiedliche Ziele gesetzt bekommen, die summiert das Gesamtziel von 20 % ergeben.

Bis zum Jahr 2010 mussten die einzelnen EU-Länder nationale Aktionspläne (National Renewable Energy Action Plans) ausarbeiten, in denen sie die individuellen Ziele für die einzelnen Energiesektoren sowie die Pläne und Wege zum Erreichen dieser Ziele darlegen (s. folgende Abb.). Diese Pläne haben großen Einfluss auf die nationale Gesetzgebung bzw. Förderung einzelner Marktsegmente in den Bereichen Strom- und Wärmeenergiemarkt und müssen länderspezifisch betrachtet werden.

Anteile erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 2005 und Ziele für 2020

Anteil Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendenergieverbrauch [%]					
Land	Anteil 2005	Ziel 2020	Land	Anteil 2005	Ziel 2020
Belgien	2,2	13	Luxemburg	0,9	11
Bulgarien	9,4	16	Ungarn	4,3	13
Tschechische Republik	6,1	13	Malta	0,0	10
Dänemark	17,0	30	Niederlande	2,4	14
Deutschland	5,8	18	Österreich	23,3	34
Estland	18,0	25	Polen	7,2	15
Irland	3,1	16	Portugal	20,5	31
Griechenland	6,9	18	Rumänien	17,8	24
Spanien	8,7	20	Slowenien	16,0	25
Frankreich	10,3	23	Slowakische Republik	6,7	14
Italien	5,2	17	Finnland	28,5	38
Zypern	2,9	13	Schweden	39,8	49
Lettland	32,6	40	UK	1,3	15
Litauen	15,0	23			

Tab. 83: Ziele der einzelnen EU-Mitgliedsstaaten zum Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch[1265]

Frankreich

In Frankreich wurde 2007 unter Beteiligung aller relevanter Stakeholder eine nationale Konsultation ausgearbeitet („Grenelle Environment Forum“), die ein Szenario zur Erreichung des 23 %igen Anteils von erneuerbaren Energien am gesamten Energiemarkt im Jahr 2020 beinhaltet. Wichtiger Baustein zum Erreichen des Zieles ist der Ausbau der erneuerbaren Energien aus Biomasse. Um die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien zu fördern, unterstützt die

[1265] Diekmann, Jochen: Erneuerbare Energie in Europa: Ambitionierte Ziele jetzt konsequent verfolgen, Wochenbericht des DIW, Nr. 45/2009, S. 784 - 792, Berlin 2009; laut Richtlinie 2009/28/EG.

Regierung durch die Energy Regulation Commission (CRE) größere regionale und kommunale Projekte (bspw. Windfarmen, Biomassezentren). Außerdem wurde im Stromsektor ein Feed-in Tarif installiert, der neben einer Grundförderungen für jede kWh eingespeisten Stroms auch Bonusvergütungen beinhaltet.[1266] Trotz großem landwirtschaftlichen Potentials ist die jährliche Stromproduktion aus Biogas im Vergleich mit Deutschland deutlich geringer. Das Beispiel Frankreich zeigt, dass ohne eine Förderung der Stromproduktion aus Biomasse sich dieses Marktsegment nur langsam entwickelt.

Großbritannien

Das Ziel für den Anteil erneuerbarer Energie in Großbritannien an der gesamten Energieproduktion liegt bei 15 % im Jahr 2020. Um dieses zu erreichen wurde 2010 der „National Renewable Energy Action Plan (NREAP) verabschiedet, der genaue Ziele für die einzelnen Marktsegmente bis 2020 festlegt. Dabei kommt der Energieproduktion aus Biomasse nach der Windkraft die größte Bedeutung zur Erreichung der Ziele zu.

Wichtigstes Instrument zur Zielerreichung ist das System der Renewable Obligation (RO). Jährlich werden an die Stromproduzenten verbindliche Vorgaben zum Anteil erneuerbarer Energien am Strommix (obligation level) ausgegeben (Quotenmodell). Diese Vorgaben müssen durch entsprechende Zertifikate erfüllt werden. An Produzenten von Stromenergie aus erneuerbaren Energien werden Zertifikate ausgegeben (Renewable Obligation Certificates – ROC), welche diese dann andere Stromproduzenten, die noch nicht ausreichend Zertifikate haben, verkaufen können. Produzenten, welche die Vorgaben nicht erfüllen, müssen Strafzahlungen leisten, die wiederum anteilsmäßig an die ROC-Produzenten weitergeleitet werden.

Da zahlreiche Stromproduzenten auf die Erfüllung der Quoten verzichteten und die Strafzahlungen in Kauf genommen haben, konnten die jährlichen Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien am Strommix nicht erfüllt werden. Außerdem wurde durch das Quotenmodell vor allem der Ausbau der kostengünstigsten Technologie (Windkraft) gefördert.[1267] Im Vergleich zur Entwicklung in Deutschland (Übertreffen der Ziele, technologieoffene Förderung) zeigt sich in Großbritannien aufgrund des Quotenmodells eine deutlich langsamere Entwicklung der Stromproduktion aus Bioenergie. In Großbritannien wird in den kommenden Jahren die Förderung erneuerbarer Energien auf ein Model mit Einspeisevergütung, vergleichbar dem EEG, schrittweise umgestellt.

Dänemark

Durch die Regierung wurde in Dänemark 2011 eine „Energy Strategy 2050“ verabschiedet, welche die Ziele für einzelne Marktsegmente bis zum Jahr 2020 bzw. 2050 definiert. Hinter der Windkraft ist die Energie aus Biomasse die wichtigste erneuerbare Energiequelle für Dänemark.

Im Strommarkt sollen die definierten Ziele durch eine Preisregulation erreicht werden. Bei diesem System erhalten die Produzenten von erneuerbarem Strom zusätzlich zum erzielten Marktpreis Boni. Dabei soll der so erzielte Gesamterlös einen bestimmten Höchstpreis, der

[1266] Eurob'server: Policy files for all EU-27 Member States, http://www.eurobserv-er.org/policy.asp, Abruf: 30.08.2012.
[1267] Eurob'server (2012) a.a.O.

abhängig von Einspeisedauer und der Quelle ist, nicht überschreiten. Dieser Bonus wird auf 10 - 20 Jahre zugesichert.[1268]

Schweden

Bis 2020 hat die schwedische Regierung das Ziel ausgegeben, den Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch auf 49% zu steigern. Langfristiges Ziel bis zum Jahr 2050 ist die Netto-THG-Emissionen ganz zu vermeiden. Deshalb wurde in Schweden für den Strommarkt ein Quotensystem eingeführt, welche den Stromproduzenten bis 2035 einen jährlich zu erfüllenden Anteil von erneuerbaren Energien am Strommix vorschreibt. Um diesen Quoten zu erfüllen gibt es handelbare „Green Certificates“, welche Energieproduzenten für Strom aus erneuerbaren Energien erhalten. Indirekt wird dies Quotensystem durch hohe steuerliche Abgaben auf fossile Energieträger ergänzt.[1269]

Spanien

Von der spanischen Regierung wurde der „Plan de Energias Renovables en Espana – PER“ ausgearbeitet, der die Strategie zum Ausbau von erneuerbaren Energien in Spanien beschreibt. Die Stromproduktion aus Biomasse spielt aufgrund der natürlichen Ressourcen des Landes hinter der Photovoltaik und der Windenergie nur eine untergeordnete Rolle. Die Strategie sieht vor, bis 2020 einen Anteil von 22,7% erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch zu erreichen. Am Strommarkt soll der Anteil erneuerbarer Energien im Jahr 2020 42,3% betragen. Produzenten von Strom aus erneuerbaren Energien können bei der Vergütung des Stroms jährlich zwischen zwei Systemen wählen. Einerseits können sie ihren Strom zu vorher festgelegten Tarifen (Feed-In-Tarife) einspeisen, wobei die Höhe der Tarife von der Art der genutzten Technologie abhängig ist. Dieses System ist vergleichbar mit dem EEG, welches in Deutschland die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien fördert. Andererseits kann der produzierte Strom auf dem Strommarkt frei verkauft werden, wobei die Produzenten einen zusätzlichen Bonus zum erzielten Marktpreis erhalten, dessen Höhe, je nach Stand des aktuellen Strompreises, variiert. Zur Absicherung der Stromproduzenten wurden, abhängig von der Stromquelle, eine Unter- und Obergrenze für die Zahlung des Bonus eingeführt, so dass bei hohen Strommarktpreisen die Zahlungen eines Bonus eingestellt werden.[1270]

Italien

Der Markt für erneuerbare Stromenergie in Italien wird über eine jährlich festgelegte Quote, einen parallel dazu aufgebauten System mit handelbaren Zertifikaten sowie „Feed-In“-Tarife für die Produzenten von Strom aus Kleinanlagen unter 1 MW Leistung reguliert. Mit diesen Rahmenbedingungen soll das Ziel erreicht werden, 2020 einen Anteil erneuerbarer Energien am Strommarkt von 25% zu erreichen. Der wichtigste Mechanismus im Strommarkt ist der jährlich festgeschriebene Anteil von erneuerbaren Energien am Strommix, der von Stromproduzenten über die Zertifikate nachgewiesen werden muss. Außerdem werden Stromproduzen-

[1268] Eurob’server (2012) a.a.O.
[1269] Eurob’server (2012) a.a.O.
[1270] Eurob’server (2012) a.a.O.

ten Feed-in Tarife gezahlt. Die Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien beruht damit in Italien auf einer Kombination von Quoten- und Einspeisetarifsystem.[1271]

Im Markt für Biogas versuchen zahlreiche europäische Länder, durch Regularien und Förderung die Produktion von Strom aus Biogasanalagen zu erhöhen. In Österreich wird über das Ökostromgesetz eine Einspeisevergütung für Strom aus Biogas geregelt, die vergleichbar mit dem deutschen EEG-Modell ist. Eine Einspeisevergütung gibt es außerdem in Frankreich, wo zusätzlich Steuergutschriften für die Investition in Anlagen die Marktentwicklung fördern soll (s. folgende Abb.). In Dänemark gibt es sowohl eine Bonusvergütung als auch eine Steuer auf fossile Energieträger. Großbritannien hat eine „Klimaschutzabgabe“ auf fossile Brennstoffe eingeführt. Außerdem wurde eine Kombination aus Mengenregelung und Einspeisetarife entwickelt, um die Nutzung erneuerbarer Stromenergieträger zu fördern. Zusätzlich soll der Bau von Biogasanlagen bis 2013 mit 536 Mio. Pfund Investitionszuschüssen gefördert werden.

Nutzung von Regularien zur Förderung von erneuerbaren Energien in relevanten Ländern

Übersicht der Methoden zur Förderung von erneuerbaren Energien in relevanten Ländern					
	Feed-in tarife	Quoten-system Strommark t	Bio-kraftstoff-quote	Wärme Obligations	Handelbare Credits
Deutschland					
Dänemark					
Frankreich					
Italien					
Schweden					
Spanien					
Großbritannien					
Österreich					
Niederlande					
Finnland					
USA					
China					
Brasilien					
Kanada					
Australien					
Japan					

wird nicht umgesetzt

teilweise in einzelnen Bundesstaaten, Regierungsbezierken, etc. umgesetzt

wird umgesetzt

Abb. 427: Übersicht zur Umsetzung wichtiger Regularien zur Förderung von erneuerbaren Energien[1272]

11.1.7.2 Entwicklung des Marktes

Die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energien ist in Europa in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Im Jahr 2004 lag die Gesamtproduktion von Strom aus erneuerbaren Energien bei 447,8 TWh, was einen Anteil am Bruttostromverbrauch von 13,6% bedeutet. Wichtigste Quelle war dabei Wasserkraft mit einer Produktion von 323,2 TWh Strom. Aus Biomasse wurden 2004 insgesamt 58,9 TWh Strom produziert. Diese Menge konnte bis 2010 auf insgesamt 123,3 TWh Strom mehr als verdoppelt werden (s. folgende Tab.). Die Gesamts-

[1271] Eurob'server (2012) a.a.O.
[1272] Eigene Darstellung nach REN21: Renewabler 2011 – Global Status Report, Paris 2011, REN21 (2012) a.a.O.

tromproduktion aus erneuerbaren Energien wurde auf 667,8 TWh gesteigert. Wasserkraft war mit 366,2 TWh die wichtigste erneuerbare Stromquelle. Insgesamt lag der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Europa im Jahr 2010 bei 19,9%.[1273]

Deutschland ist im Jahr 2010 europaweit der wichtigste Produzent von Strom aus Biomasse bzw. erneuerbaren Energien

Produktion von Strom aus Biomasse bzw. insgesamt aus erneuerbaren Energien [TWh] in relevanten EU-27 Ländern in 2010		
	Biomasse	Gesamt EE
Deutschland	33,7	103,6
Frankreich	4,7	77,8
Spanien	3,9	97,4
UK	11,9	25,7
Italien	9,4	77,0
Dänemark	4,6	12,5
Niederlande	7,0	11,2
Österreich	4,6	45,1
Polen	6,3	10,9
Belgien	4,3	6,5
Schweden	12,2	82,1
Finnland	11,0	24,2
Andere EU-27	9,7	93,8

Tab. 84: Produktion von Strom aus Biomasse und insgesamt aus erneuerbaren Energie 2010 in relevanten europäischen Ländern[1274]

Biogas

Die Gesamtproduktion von Strom aus Biogasanlagen lag im Jahr 2010 in der EU-27 bei 30,34 TWh. Dabei war Deutschland der mit großem Abstand bedeutendste Produzent von Strom aus Biogas gefolgt von Großbritannien, Italien und Frankreich.[1275] Die Produktion von Strom aus Biogasanlagen in Europa ist im Zeitraum 2004 - 2009 gestiegen, allerdings ist die Dynamik der Produktionssteigerungen in Deutschland deutlich höher als in den anderen Ländern.[1276]

In Österreich ist die Stromproduktion aus Biogas im Zeitraum 2004 – 2009 ungefähr um das Sechsfache von ca. 0,3 TWh auf 1,92 TWh gestiegen. Ende 2011 gab es in Österreich ca. 500 Biogasanlagen, von denen ein Großteil Kleinanlagen mit einer Leistung unter 500 kW waren. Ca. 300 Biogasanlagen wurden von landwirtschaftlichen Betrieben geführt und setzen nachwachsende Rohstoffe als Substrat ein. Ca. 200 Anlagen wurden auf Basis von Bioabfällen, Klärgasanlagen und Deponiegas betrieben. Wesentliche Treiber des Wachstums sind einerseits die Rohstoffpreise für fossile Energieträger und andererseits das österreichische Ökostromgesetz, welche die Produktion von Biogas bzw. Strom aus Biogas fördert.[1277]

[1273] BMUB: Erneuerbare Energie in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung, Juli 2012.
[1274] BMUB 2012 a.a.O.
[1275] Eurobserver: The State of Renewable Energies in Europe 2011, ISSN 2101-9622, Dezember 2011.
[1276] Eurobserver: Solid Biomass Barometer, Nr. 182, 2007; Eurobserver: Solid Biomass Barometer, Nr. 206, 2011.
[1277] Klimaaktiv: Biogas in Österreich, http://www.klimaaktiv.at/article/archive/13807/, Abruf am 07.12.2011; Strauch, Sabine und Krassowski, Joachim: Overview of biomethane markets and regulations in

Die ca. 80 Biogasanlagen in Dänemark (Stand Ende 2009) produzieren ca. 1,2 TWh Energie, was gegenüber dem Jahr 2004 nur eine geringfügige Steigerung (2004: 1,16 TWh) bedeutet. Biogasanlagen werden in Dänemark bereits seit mehreren Jahren gefördert, so dass ein entsprechender Biogasboom, verbunden mit einem starken Kapazitätsausbau, bereits Anfang der 2000er Jahre stattgefunden hat. Gefördert wird diese Entwicklung durch garantierte Einspeisevergütung von Strom aus Biogas, vergleichbar mit der deutschen Regelung. Bis 2020 soll die Strommenge aus Biogas vervierfacht werden, was einen intensiven Ausbau der derzeitigen Kapazitäten nach sich ziehen würde.[1278]

In Großbritannien spielt die Produktion von Biogas bis 2009 keine Rolle. Erste Biogasanlagen wurden erst im Jahr 2010 gebaut bzw. in Betrieb genommen. Die meisten Biogasanlagen werden im Bereich von Deponien oder Klärwasseranlagen genutzt. Bis Ende 2011 wurden über 360 Anlagen in Betrieb genommen, wovon nur 60 Anlagen für landwirtschaftliche Substrate ausgelegt waren. Bis 2020 sollen landesweit 100 große und 1.000 kleine Biogasanlagen entstehen, um das in Großbritannien vorhandene Potential auszuschöpfen. Bis 2013 stehen über 500 Mio. Pfund Fördermittel für die Anlagenbauer zur Verfügung, um den Ausbau der Biogasnutzung zu fördern.[1279]

Die Biogasproduktion zur Stromerzeugung spielt in Schweden nur eine untergeordnete Rolle. Da die Strompreise in Schweden relativ niedrig sind, ist die Nutzung von Biogas zur Stromproduktion ökonomisch nicht sinnvoll und wird daher kaum genutzt. Trotzdem wurde die Biogasproduktion in Schweden von 0,41 TWh in 2004 auf 1,27 TWh in 2009 ausgebaut. Ende 2011 gab es 229 Biogasanlagen, wovon 32 landwirtschaftliche Anlagen waren (außerdem 135 Klärgasanlagen, 57 Deponiegasanlagen, 5 Industrieanlagen). Hauptsächlich wird das produzierte Biogas in Schweden zu Biomethan aufbereitet und als Kraftstoff in Automobilen eingesetzt (50 - 60 Biogasaufbereitungsanlagen). 2010 wurden ca. 0,6 TWh Biomethan produziert, von denen über 90 % im mobilen Bereich eingesetzt wurden. Der Anteil von Biomethan in CNG-Automobilen in Schweden liegt bei ca. 60 %.[1280]

Frankreich ist der europaweit größte Agrarproduzent und hat daher ein sehr großes Potential zur Nutzung von Biogas. Landesweit gab es 2011 nur 40 landwirtschaftliche Biogasanlagen. 2011 wurden die Einspeisetarife für Strom aus Biogas erhöht, um die Produktion stärker zu fördern und höhere Anreize zum Ausbau der Kapazitäten zu setzen. Das Ziel ist es, die Kapazitäten bis 2020 auf 625 MW zu steigern. Aufgrund der günstigen Strompreise in Frankreich

partner countries, http://www.greengasgrids.eu/sites/default/files/files/120325_D2_2_Overview_of_biomethane_markets_final(1).pdf, Abruf 30.08.2012, Oberhausen, März 2012.

[1278] Wellinger, Arthur: Biogaserzeugung und -nutzung: Sind wir auf dem richtigen Weg?, Vortrag am 28.01.2011 in Graz, http://www.biomasseverband.at/uploads/tx_osfopage/PSVI_1_Wellinger.pdf, Abruf: 07.12.2011.

[1279] B2B: Marktanalyse: Biogas im Vereinigten Königreich, http://www.renewablesb2b.com/ahk_germany/de/portal/index/marketstudies/show/728cf62d473cc320, Abruf: 07.12.2011a.; Kirchner, Ron: Bioenergie und Biomasse-Strategie in Großbritannien durch Kampagne gestärkt, http://www.biomasse-nutzung.de/biokraftstoff-biomasse-biogas-england/, Abruf: 07.12.2011; Strauch u. Krassowski 2012 a.a.O.

[1280] Bensmann, Martin: Biogasverstromung uninteressant, BIOGAS Journal 2/2012, S. 93-97, 2012; Energytech: Schweden – Biogas als leistungsgebundener Energieträger und Kraftstoff für Kraftfahrzeuge, http://www.energytech.at/biogas/results.html?id=4064&menulevel1=3&menulevel2=4, Abruf: 07.12.2011; Strauch u. Krassowski 2012 a.a.O.

(„billiger Atomstrom“) ist der Markteintritt für die Produzenten von Strom aus Biogas, ohne staatliche Förderung, schwierig.[1281]

Europaweit ist Deutschland größter Produzent von Strom aus Biogas (s. folgende Abb.). Dahinter folgt Großbritannien, wobei hier zahlreich Klär- und Deponiegasanlagen in die Biogasproduktion mit hineingerechnet werden (siehe folgende Tab.). Aufgrund der Größe der landwirtschaftlichen Produktion in den einzelnen Ländern bestehen insbesondere in Italien und Frankreich noch große Potentiale für den Ausbau der Biogasproduktion.

Deutschland ist EU-weit das bedeutendste Land für die Produktion von Biogas

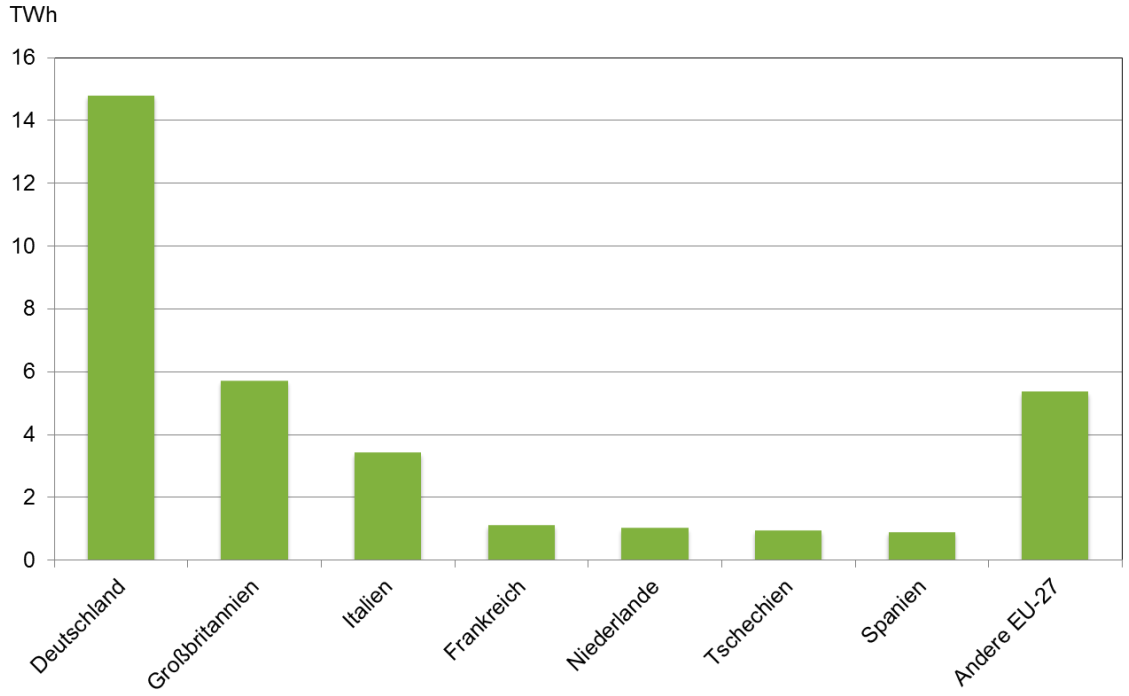


Abb. 428: Biogasproduktion in Europa 2011[1282]

[1281] BMWi: Factsheet Biogas, http://www.exportinitiative.bmwi.de/EEE/Redaktion/Events/2010/Geschaeftsreisen/Downloads/2010-04-28-AHK-Geschaeftsreise-Frankreich-Factsheet-Biogas,property=pdf,bereich=eee,sprache=de,rwb=true.pdf, Abruf 06.12.2011, Berlin 2010; REN21 2011 a.a.O.; Strauch u. Krassowski 2012 a.a.O.

[1282] Eurob’server: Biogas Barometer, http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biogas.pdf, Abruf: 26.02.2013, 2012; AGEE-Stat 2012 a.a.O.; Fachverband Biogas 2012 a.a.O.

In Großbritannien gibt es nur wenige landwirtschaftliche Biogasanlagen. Klärgas- und Deponieanlagen haben eine größere Bedeutung

Übersicht Biogasanlagen in relevanten EU-Ländern (Stand: März 2012)							
Land	Biogasanlagen insgesamt	Landwirtschaftliche Anlagen	Biomethananlagen	Biomethananlagen mit Netzanschluss	Bioabfallanlagen	Klärgasanlagen	Deponieanlagen
Österreich	503	ca. 300	10	7	55	134	14
Kroatien	4	2				1	1
Frankreich	283	40	3	1	98	74	71
Deutschland	8.792	ca. 7.000	84	82	92	1.700	
Ungarn	58	36	1			14	8
Italien	667	ca. 300			32	135	200
Niederlande	130		13	13			
Polen	219	17			2	ca. 200	
Slowakei	24	12				12	
UK	360	max. 60	2	2		100	>200
Schweden	229	14	47	8	23	135	57
Schweiz	600		17	15		450	

Tab. 85: Übersicht Biogasanlagen in relevanten EU-Ländern[1283]

Biogene Festbrennstoffe

Die Stromproduktion aus fester Biomasse ist im Zeitraum 2005 - 2010 von knapp 40 TWh auf über 69 TWh gestiegen.[1284] Wichtigste Produzenten von verstromter Biomasse waren Deutschland (11,8 TWh) und die waldreichen skandinavischen Länder Finnland (10,6 TWh) und Schweden (10,3 TWh) (s. folgende Abbildungen).[1285]

[1283] Strauch u. Krassowski 2012 a.a.O., Stand März 2012.
[1284] Eurobserver 2011 a.a.O.
[1285] Eurobserver 2011 a.a.O., AGEE-Stat 2012 a.a.O.

Deutschland, Schweden und Finnland führend in EU-27 im Bereich der Stromproduktion aus Biomasse 2010

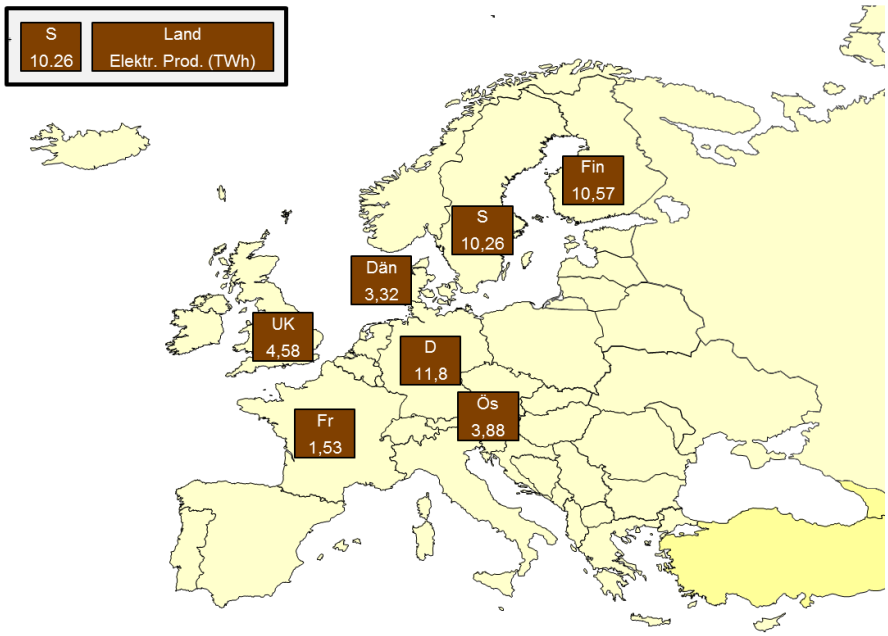


Abb. 429: Produktion von Stromenergie aus fester Biomasse in relevanten europäischen Länder[1286]

Von 2005 – 2010 wurden die Kapazitäten zur Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen europaweit um 26 TWh ausgebaut

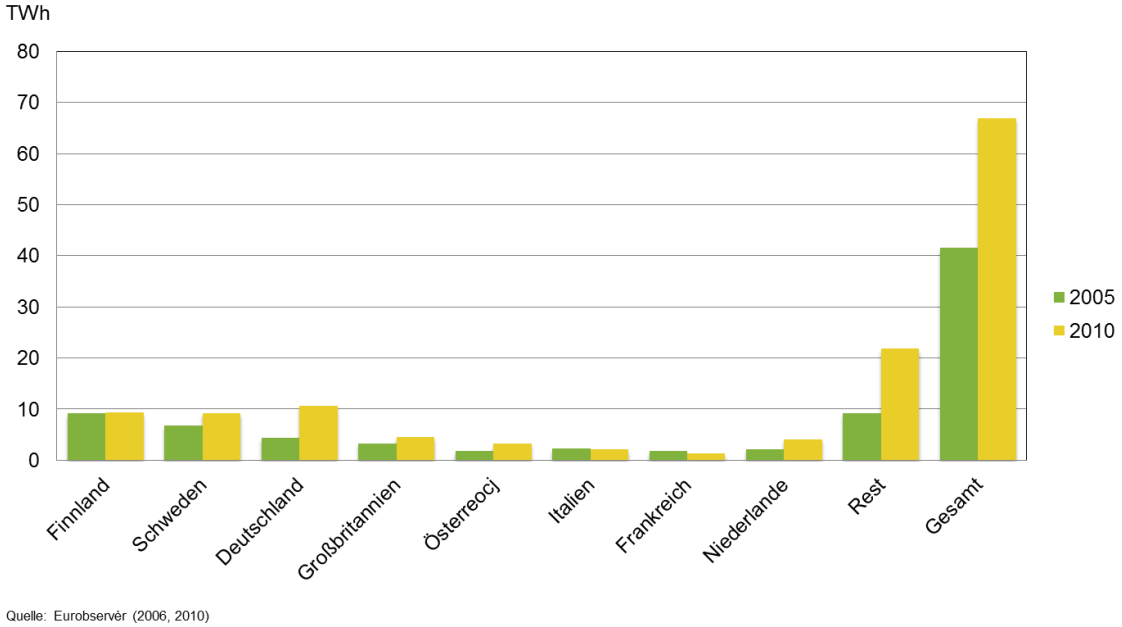


Abb. 430: Stromproduktion aus Biomasse 2005 - 2010 in EU-27[1287]

[1286] Eigene Darstellung auf Datenbasis Eurobserver 2011 a.a.O., AGEE-Stat 2012 a.a.O.
[1287] Eurobserver 2007 a.a.O.; Eurobserver 2011 a.a.O. (in TWh)

Die Produktion von Strom aus fester Biomasse basiert in ganz Europa fast ausschließlich auf Holz als biogenen Rohstoff. Andere biogene Feststoffe (z.B. Stroh) spielen eine untergeordnete Rolle.

Deutschland hat im Zeitraum 2005 – 2010 seine Stromproduktion aus fester Biomasse von ca. 4,5 TWh auf 10,7 TWh ausgebaut (s. folgende Abbildungen). Deutschland hat europaweit die größten Holzvorräte und nach Österreich den höchsten Zuwachs pro Fläche, weshalb das eingesetzte Holz für die Intensivierung der Stromproduktion größtenteils in heimischen Wäldern eingeschlagen wird.

In Finnland stagniert die Produktion von Strom aus fester Biomasse im Zeitraum 2005 - 2010 bei ca. 10,6 TWh/a. Aufgrund der bereits sehr intensiven Nutzung seit in der vergangenen Dekade stößt die Verstromung von Holz in Finnland an seine nachhaltigen Grenzen.

Die Verstromung von Holz nahm in Österreich in den vergangenen fünf Jahren deutlich zu (von 1,93 TWh auf 3,3 TWh). Treiber für diese Entwicklung ist die Förderung der Bioenergie in Österreich. Auch in Schweden wurde die Produktion von Strom im Beobachtungszeitraum signifikant gesteigert (6,8 TWh - 10,3 TWh). Aufgrund der landeseigenen, großen Ressourcen ist die Nutzung von Holz zur Verstromung kostengünstig und wird durch die hohe staatliche Besteuerung von fossilen Energieträgern gefördert.

Aufgrund der geringen Produktivität der eigenen Wälder und der geringen Waldfläche ist die Menge des 2010 produzierten Strom aus festen biogenen Brennstoffen in Großbritannien vergleichsweise hoch (Vgl. Frankreich: Produktion 1,5 TWh bei 17,1 Mio. ha Waldfläche[1288]). Hintergrund dieser intensiven Nutzung der Ressource Holz ist die staatliche Förderung insbesondere des Co-firing von Holz in Kraftwerken und die hohe Importquote von Holz nach Großbritannien.

Großbritannien ist trotz geringer Waldfläche europaweit einer der größten Stromproduzenten aus Biomasse

Kriterien	Deutschland	Finnland	Österreich	Schweden	Großbritannien
Einwohner	• 81,7 Mio.	• 5,3 Mio.	• 8,4 Mio.	• 9,4 Mio.	• 61,7 Mio.
Waldfläche	• 11,1 Mio. ha • Zuwachs: 305 m^3/ha	• 23,3 Mio. ha • Zuwachs: 93 m^3/ha	• 3,95 Mio. ha • Zuwachs: 317 m^3/ha	• 30,7 Mio. ha • Zuwachs: 125 m^3/ha	• 2,8 Mio. ha • Zuwachs: 115 m^3/ha
Strom 2005 - 2010	• 2005: 4,46 TWh • 2010: 10,73 TWh	• 2005: 9,25 TWh • 2010: 10,6 TWh	• 2005: 1,93 TWh • 2010: 3,3 TWh	• 2005: 6,88 TWh • 2010: 10,3 TWh	• 2005: 3,38 TWh • 2010: 4,58 TWh

Abb. 431: Entwicklung der Stromproduktion aus fester Biomasse in relevanten EU-27 Ländern[1289]

[1288] Eurostat 2011 a.a.O.; Eurobserver 2011 a.a.O.
[1289] Eurostat 2009 a.a.O ; Eurostat 2011 a.a.O.; Eurobserver 2011 a.a.O.

Stroh wird bisher energetisch in großen Kraftwerken nur in wenigen Ländern und Gebieten Europas (Skandinavien, England, Spanien) sowie in China genutzt. Die Kraftwerke sind auf die Wärmeproduktion ausgelegt. Die Energieproduktion aus Stroh betrug weltweit im Jahr 2010 4 TWh_{el} (geschätzt ca. 12 TWh_{th}). In Dänemark gibt es derzeit sechs Strohkraftwerke mit einer jährlichen Stromproduktion von ca. 1,3 TWh_{el}. In England (0,27 TWh_{el}/a) und Spanien (0,2 TWh_{el}/a) steht jeweils ein größeres Strohkraftwerk. In Skandinavien wird Stroh durch Co-firing gemeinsam mit Holz in großen Kraftwerken energetisch genutzt. In China sind 13 Strohkraftwerke mit einer Jahresproduktion von ca. 2,2 TWh_{el} in Betrieb.[1290]

Deutschland ist europaweit der wichtigste Produzent von Strom aus Biomasse 2010

Stromproduktion aus Biomasse in relevanten EU-Ländern 2010 [TWh]		
Land	**Biogas**	**Biogene Festbrennstoffe**
Deutschland	16,2	10,7
UK	5,7	4,6
Italien	2,1	2,3
Frankreich	1,1	1,5
Niederlande	1,0	4,2
Spanien	0,6	2,5
Österreich	0,6	3,9
Finnland	0,1	10,6
Schweden	0,04	10,3
Andere EU-27	2,9	19,3

Tab. 86: Übersicht Stromproduktion aus Biomasse (Biogas, biogene Festbrennstoffe) in EU-27 im Jahr 2010[1291]

Biogene Flüssigbrennstoffe

Ein Markt für die Verstromung von biogenen Flüssigbrennstoffen entstand erstmals in Europa im Jahr 2002 in den Niederlanden. Bis zum Jahr 2005 entwickelte sich innerhalb Europas nur in Deutschland ein weiterer Markt. Erst ab dem Jahr 2005, als das in Deutschland durch die Neuregulierung des EEG ausgelöste Marktwachstum begann, kam mit Belgien ein weiteres Land hinzu. Bis 2006 wuchs in diesen drei Länder die Nettoleistung auf über 800 MW an, wobei die Niederlande 2006 mit fast 500 MW der mit Abstand größte Produzent waren. Zum Jahr 2007 hin ging die Produktion in den Niederlanden auf 32 MW zurück. Im Jahr 2011 wurden in den Niederlanden insgesamt 12.000 t biogene Flüssigbrennstoffe zur energetischen Nutzung eingesetzt. Diese stammen vollständig aus inländischer Produktion und wurden nur in kleineren Anlagen bzw. in Haushalten eingesetzt.[1292]

[1290] Stern, Willem B.: Stroh als Quelle erneuerbarer Energie, SwissBull. Angew. Geol., Vol 15/1, 95 - 103, 2010.
[1291] Eurobserver 2011 a.a.O., Werte sind teilweise geschätzt.
[1292] Goh, Chun Sheng et al.: IEA Bioenergy Task 40 – Country Report The Netherlands 2011, http://www.bioenergytrade.org/downloads/iea-task-40-country-report-2011-the-netherland.pdf, Abruf am 8.10.2012, August 2012.

In Italien wurde die energetische Nutzung von biogenen Flüssigbrennstoffen im Zeitraum von 2008 - 2010 deutlich ausgebaut. Die Produktion lag im Jahr 2008 noch bei 65 GWh und wurde bis 2010 auf 3.078 GWh ausgebaut. Mit der Preissteigerung für biogene Flüssigbrennstoffe in den vergangenen Jahren ging die Stromproduktion im Jahr 2011 deutlich zurück. 2010 lag der Anteil von importierten biogenen Flüssigbrennstoffen bei über 95%, wobei große Mengen aus Übersee (USA, Brasilien, Argentinien, Malaysia, Indonesien) stammen. Da die höchsten Feed-In Tarife allerdings nur für europäische Pflanzenöle gezahlt werden, stieg deren Preis gegenüber den aus Übersee importierten Pflanzenölen zusätzlich an. Eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung von biogenen Flüssigbrennstoffen zur Stromproduktion war 2011 nur noch in wenigen Anlagen möglich.[1293]

11.1.7.3 Schlussfolgerungen

Aufgrund der innerhalb der EU festgelegten klimapolitischen Ziele haben die Regularien in allen Marktsegmenten des Strommarktes großen Einfluss auf die Marktentwicklung. Dabei sind die spezifischen Auswirkungen auf die einzelnen Märkte in den jeweiligen Ländern aufgrund der landesspezifischen Umsetzung der europäischen Vorgaben sowie der Struktur der Wirtschaft und der natürlichen Ressourcen sehr unterschiedlich.

Als Vorlage für die regulativen Rahmenbedingungen in den einzelnen EU Mitgliedsländern diente oftmals das EEG. Das in Deutschland eingeführte Gesetz mit den Mechanismen der Feed-in-Tarife zur Förderung der erneuerbaren Energien wurde in zahlreichen Ländern übernommen bzw. diente als Vorlage.

Für die Nutzung von Biogasanlagen besteht in fast allen europäischen Ländern noch großes Ausbaupotential. Insbesondere Frankreich als größter Agrarproduzent in Europa hat noch enormes Potential zum Ausbau bzw. zur Nutzung von Strom aus Biogasanlagen. Allerdings ist der Markteintritt in Frankreich aufgrund des kostengünstigen Stroms aus Kernenergie, nur über gezielte staatliche Fördermaßnahmen möglich. Großbritannien und Dänemark nutzen intensiv den Energieträger Holz zur Stromproduktion. Allerdings gibt es in beiden Ländern nicht ausreichende Waldressourcen, um Holz in dieser Menge nachhaltig zur Stromproduktion bereit zu stellen. Beide Länder sind sehr stark auf Importe von Biomasse angewiesen, welche aber nur dann rentabel sind, wenn sich BHKW Standorte im Umfeld von See- bzw. Flusshäfen befinden. Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen spielt nur in wenigen Ländern eine relevante Rolle, wobei die aktuelle Preisentwicklung bei den Rohstoffen eine stationäre Nutzung von Pflanzenölen ökonomisch unattraktiv macht.

11.1.8 Internationale Erfahrungen

11.1.8.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Einflussparameter

International

Ende des Jahres 2011 hatten weltweit 109 Länder Regelungen und Gesetze zur Förderung von erneuerbaren Energien erlassen, was gegenüber 2010 eine Steigerung von 13 Ländern bedeutet. Dies dokumentiert die weltweit steigende Bedeutung von erneuerbaren Energien.

[1293] Cocchi, Maurizio: IEA Bioenergy Task 40 – Country profile Italy 2011, http://www.bioenergytrade.org/downloads/iea-task-40-country-report-2011-italy.pdf, Abruf am 6.10.2012, April 2012.

Mit dem Unfall im Atomreaktor in Fukushima (Japan) im Jahr 2011 und der Ankündigung des UN Generalsekretärs, den Anteil der erneuerbaren Energie bis 2030 noch weiter zu steigern, haben einige Länder ihre Politik und Implementierung von Gesetzen zum Strommarkt im Jahr 2011 stark verändert.[1294] Ein Beispiel für wesentliche Änderungen sind die Beschlüsse des Bundeskabinetts zur Energiewende vom 6. Juni 2011, welche den Ausstieg aus der Kernenergie bis 2022 festlegen.[1295]

Um den Anteil von Biomasse an der Stromerzeugung zu erhöhen, benutzen zahlreiche europäische Länder sogenannte „Feed-in“ Tarife. Weltweit wird dieser Fördermechanismus in 65 Ländern angewandt. Ziel dieses Mechanismus ist es, den Produzenten von erneuerbarer Energie eine Kostenerstattung für die, im Vergleich zu fossilen Energieträgern, höheren Investitionskosten für Anlagen zu garantieren. Die Ausgestaltung dieses Mechanismus beinhaltet zumeist langfristige Zusicherungen von festen Grundvergütungen sowie eine Regelung, welche die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien gegenüber Strom aus fossilen Energieträgern bevorzugt. Außerdem wird häufig eine festgeschriebene Degression der Förderung festgelegt, da man von einer langfristigen Effizienzsteigerung der geförderten Technologien ausgeht. Das deutsche EEG ist ein Beispiel für diesen regulativen Mechanismus, den sich zahlreiche Länder in Europa und weltweit zum Vorbild genommen haben.

International setzen u.a. China und Japan Feed-in Tarife ein. In Japan wurden kurz nach der Katastrophe in Fukushima (Japan) ebenfalls Feed-in Tarife eingeführt. Allerdings werden in beiden asiatischen Ländern hauptsächlich Wind und Sonnenenergie gefördert. Die Stromproduktion aus Biomasse (v.a. Biogas) hat hier nur geringe Marktanteile.

In China hat die Nutzung nachwachsender Rohstoffe durch das Kyoto-Protokoll 2005 und dem 2007 ratifizierten „Chinese Renewable Energy Law“ eine steigende Bedeutung erlangt. Die Gründe für die verstärkte Förderung nachwachsender Rohstoffe in China ist einerseits der steigende Abhängigkeit von fossilen Energieträgern zu entgegnen und andererseits der ländlichen Bevölkerung eine verbesserte Wertschöpfung für ihre Produkte zu ermöglichen. Ziel der Regularien ist es, die Kapazitäten für Biomassekraftwerke auf 5,5 GW im Jahr 2010 bzw. 30 GW im Jahr 2020 auszubauen.[1296]

In den nordamerikanischen Ländern USA und Kanada spielen nachwachsende Rohstoffe im Markt für Biokraftstoffe eine bedeutende Rolle. Der Einsatz von Biomasse im Bereich der Strom- und Wärmeproduktion wird staatlich kaum gefördert. Nur vereinzelte bundesstaatliche Programme subventionieren die energetische Nutzung nachwachsender Energieträger.

11.1.8.2 Entwicklung des Marktes

Biogas

In China wurden die Kapazitäten für Biogasanlagen in den vergangenen Jahren stark ausgebaut (2005: 30 MW, 2008: 173 MW) wobei die aktuelle Daten hauptsächlich auf Schätzungen beruhen. Derzeit gibt es in China ca. 6.000 Biogasanlagen. Allerdings sind die meisten ineffi-

[1294] REN21: Renewables 2012 – Global Status Report, Paris 2012.
[1295] Bundesregierung: Eckpunktepapier zur Energiewende, http://www.bmub.bund.de/energiewende/downloads/doc/47467.php, Abruf am 21.6.2012.
[1296] Gibson, Lisa: Bioenergy World Leaders, The Biomass Magazin, 2010, http://biomassmagazine.com/articles/3301/bioenergy-world-leaders, Abruf 09.12.2011; Ren, Hai et al.: Bioenergy: Future Direction of China’s Energy and Environment Integrated Strategy?, Ambio Vol. 37, No. 2, März 2008.

zient und besitzen eine veraltete Technik. Außerdem ist die Kapazität der Anlagen häufig sehr gering. Trotz der aktuell hohen Steigerungsraten und des staatlich unterstützten Ausbaus, ist das Potential in China noch lange nicht erreicht. Ziel der Regierung ist es, dass bis 2015 insgesamt 70.000 kleine und 8.000 große Biogasanalagen zusätzlich entstehen. Nachteilig für diese Entwicklung des Kapazitätsausbaus ist, dass die Stromkosten in China sehr niedrig sind und der Betrieb von Biogasanalagen ohne Förderung nicht wettbewerbsfähig ist. Daher wird der Bau von Anlagen durch staatliche Subventionen gefördert.

Im Gegensatz zu Deutschland werden in China nur organische Abfälle aus der Landwirtschaft bzw. aus Haushalten als Substrat für Biogasanlagen eingesetzt. Den Anbau von Energiepflanzen zum Einsatz in Biogasanlage gibt es bisher nicht. In ländlichen Gebieten in China soll es Schätzungen zufolge ca. 5 Millionen Kleinstbiogasanlagen geben, die vor vielen Jahren zur Verbesserung der Infrastruktur des ländlichen Raums gebaut wurden. Inwieweit diese Anlagen aktuell noch genutzt werden, kann nicht beurteilt werden.[1297]

Biogene Brennstoffe

Erneuerbare Energien hatten 2009 in den USA einen Anteil von 8 % am Gesamtenergieverbrauch. Von diesen 8% haben Biokraftstoffe mit 20 % und Holz mit 24 % eine große Bedeutung. Die Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse konzentriert sich aktuell sehr stark auf den Bereich der Kraftstoffe, da von staatlicher Seite das Ziel vorgegeben wurde, bis 2022 insgesamt ca. 136 Mrd. l (36 Mrd. Gallonen)[1298] Biokraftstoffe zu produzieren. Holz als Energieträger hat vor allem im industriellen Bereich und als traditioneller Brennstoff eine Bedeutung. Im industriellen Bereich wurden 2010 ungefähr 0,66 TWh[1299] (2.249 Milliarden BTU) Energie aus Biomasse verbraucht. Dabei entfiel der Großteil auf Holz bzw. Holznebenprodukte (0,328 TWh, davon 0,049 TWh Stromenergie), von denen die energetische Nutzung von Schwarzlauge mit ca. 0,23 TWh die größte Bedeutung hatte. Nur ca. 10% der aus Biomasse produzierten Energie werden im häuslichen Bereich genutzt. Fast 60% der Energie werden im industriellen Bereich, ca. 30 % im Transportsektor verbraucht. Insgesamt wurden 2010 ca. 0,54 TWh Strom aus Biomasse verbraucht. Wachsende Bedeutung hat auch die Produktion und die Nutzung von Holzpellets, wobei diese hauptsächlich für den Export produziert werden.[1300]

Die energetische Nutzung von Biomasse spielt im ressourcenreichen Kanada nur eine untergeordnete Rolle. Hauptenergieträger im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe ist Holz. Neben der Pelletproduktion für den Export spielt Holz als Brennstoff in der Industrie und als Energieträger zur Verfeuerung in Kraftwerken eine Rolle. Mitte 2011 waren 16 Kraftwerke mit einer Kapazität von 466 MW_{el} (und zusätzlich 20 MW_{th}) aktiv. Für die kommenden Jahre ist eine Steigerung dieser Kapazitäten wahrscheinlich, da sich mehrere Anlagen aktuell im Baustatus befinden. Im Bereich der Holzindustrie (Papier und Pappe, Sägewerke) waren Mitte

[1297] Gibson 2010 a.a.O.; REN21: Background Paper: Chinese Renewables Status Report, Paris 2009; Tentscher, Wolfgang: Biogas und Biogasanlagen in China, Vortrag im Rahmen der 7. Asien-Pazifik-Wochen 2009, http://www.zab-brandenburg.de/files/documents/5_Tentscher_Vortrag_Biogas_und_Biogasanlagen_in_China_NEU.pdf, abruf: 07.12.2011; Trentmann, Nina: Deutschland soll Chinas Gülle zu Geld machen, Artikel vom 26.08.2012, http://www.welt.de/108806940, Abruf am 05.09.2012.

[1298] Umrechnung: 1 US Gallone entspricht ca. 3,7854 l.

[1299] Umrechnung: 1 BTU entspricht 0,000293047 kWh.

[1300] Hess, J. Richard et al.: International Energy Agency (IEA) Task 40: Country Report – United States 2010, INL/EXT-09-16132, Idaho USA, 2012.

2011 39 Anlagen mit einer Gesamtkapazität von 1.349 MW_{el} und 5.331 MW_{th} aktiv. Außerdem sind zwei Anlagen zur Holzvergasung aktuell in der Planungs- bzw. Bauphase.[1301]

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtenergieverbrauch in Brasilien ist traditionell sehr hoch. Im Jahr 2007 hatten erneuerbare Energien einen Anteil von fast 46% am Primärenergieverbrauch, wobei die energetische Nutzung von Biomasse einen Anteil von fast 30% hatte. Ein bedeutender Markt für Energie aus Biomasse ist der Kraftstoffbereich mit einer Produktion von fast 28 Mrd. Liter Bioethanol im Jahr 2008. Holz und Bagasse sind die bedeutendsten biogenen Energieträger in Brasilien. Fast 50% der Holzenergie wird im häuslichen Bereich genutzt.

Im Bereich der Stromproduktion haben Wasserkraftwerke mit 85 % Anteil an der Gesamtproduktion eine herausragende Bedeutung. Biomasse als Energieträger hat nur einen Anteil von 4% (installierte Kapazität: 5.441 MW_{el}) an der Gesamtproduktion, wobei Bagasse, ein Nebenprodukt der Zuckerrohrnutzung, mit einer Kapazität von fast 4.000 MW_{el} (270 Anlagen) und Schwarzlauge (ca. 1.150 MW_{el} 14 Anlagen) größere Relevanz haben.[1302]

In China lag die Kapazität 2008 bei 3,1 GW. Biogene Energieträger bzw. Brennstoffe sind Bagasse, Stroh, andere landwirtschaftliche Reststoffe (z.B. Reisspelze), Holz und Holznebenprodukte. Der stationäre Einsatz von biogenen Flüssigbrennstoffen spielt keine relevante Rolle. Der Anteil von Bioenergie an der gesamten Energienutzung in China lag 2008 bei ca. 14%, wobei hier die traditionelle Nutzung von Holz und Stroh zur Wärmeproduktion in ländlichen Gegenden, in denen kein Strom verfügbar ist, eine bedeutende Rolle spielt. In China leben ca. 100 Mio. Menschen, die aktuell auf diese Form der Energienutzung angewiesen sind. Nachteil dieser Bioenergienutzung ist die sehr geringe Nutzungseffizienz.[1303]

11.1.8.3 Schlussfolgerungen

In zahlreichen Ländern wurde das deutsche Modell der Einspeisevergütung für erneuerbare Energien übernommen bzw. diente als Vorbild. Ausschlaggebend hierfür ist vor allem der auf dem EEG basierende erfolgte Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland. Außerdem hat die Entwicklung in Deutschland gezeigt, dass die Einspeisevergütung gegenüber einem Quotenmodell signifikante Vorteile hat. Ein Vorteil der Einspeisevergütung ist, dass die Höhe der Vergütung nach Technologien differenziert werden kann. Somit können unterschiedliche Quellen erneuerbarer Energien adäquat gefördert werden. Außerdem sorgen degressive Vergütungssätze für hohen Innovationsdruck, der zu technischer Weiterentwicklung führt. Ein weiterer wichtiger Vorteil der Einspeisevergütung ist u.a. die vorhandene Planungssicherheit für Anlagenbetreiber, da die Höhe der Vergütung für mehrere Jahre festgelegt ist.

Der Markt für Biogasanlagen ist außerhalb Europas kaum entwickelt. In Ländern mit großem Potential (ländliche Gebiete ohne Strom; Rohstoffvorkommen) stehen keine Förderinstrumente zur Verfügung, die den Markteintritt von Biogasanlagen, der mit hohen Investitionskosten verbunden ist, fördert. Diese Entwicklung zeigt deutlich, dass die Stromproduktion durch Biogasanlagen ohne Fördermaßnahmen nicht wirtschaftlich ist. In den einzelnen Ländern entwickelt sich das Marktsegment signifikant weiter, sobald ein staatliches Fördersystem den Aus-

[1301] Bradley, Douglas et al.: IEA Bioenergy Task 40: Country Report Canada 2011, 30. März 2012.
[1302] Walter & Dolzan 2009 a.a.O.
[1303] Gibson 2010 a.a.O.; Ren et al. 2008 a.a.O.

bau unterstützt. Ein Beispiel für diese Entwicklung ist Deutschland, das als Vorbild für andere Länder zum Ausbau und Förderung des Biogasmarktes diente.

Die stationäre Nutzung von biogenen Flüssigbrennstoffen spielt in relevanten internationalen Märkten aufgrund der aktuell hohen Pflanzenölpreise keine Rolle. Hier werden flüssige biogene Energieträger hauptsächlich im mobilen Bereich eingesetzt. Die Ressource Holz ist in zahlreichen europäischen Ländern in ausreichenden Mengen vorhanden und die regionalen Holzpreise sind in den vergangenen Jahren stabil geblieben. Diese Länder setzen Holz bzw. Nebenprodukte der stofflichen Holznutzung intensiv als Bioenergieträger ein, um Strom aus nachwachsenden Rohstoffen zu produzieren.

11.2 Vergleich mit 2004

11.2.1 Beschreibung des Marktes in 2004

Biogas

Im Jahr 2004 gab es in Deutschland ca. 2.000 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von 250 MW_{el}. Es wurden insgesamt 1,1 TWh elektrische Energie produziert, wobei nachwachsende Rohstoffe mit einen Marktwert von ca. 12 Mio. € eingesetzt wurden. Der produzierte Strom hatte einen Marktwert von 0,25 Mrd. € (bei einem durchschnittlichen Strompreis für Privathaushalte von 17,96 c/kWh), wobei der Marktanteil am Gesamtstrommarkt bei 0,4% lag. Die Förderung durch das EEG sicherte den Betreibern der Biogasanlagen für 20 Jahre eine Förderung von 16 - 21 c/kWh zu.[1304]

Biogene Festbrennstoffe

Die Verstromung von Waldholz war eine etablierte Technologie, in der 2004 vor allem Waldhackschnitzel eingesetzt wurden. Die verwendete Menge belief sich auf 50.000 t_{atro} und hatte einen Marktwert von 2,5 Mio. €. Die Menge entsprach in etwa 0,2% des gesamten Holzeinschlages. Neben frischem Waldholz wurden auch ca. 6 Mio. t Altholz zur Stromproduktion eingesetzt. Der Einsatz von Altholz ist, aufgrund der geringeren Rohstoffkosten im Vergleich mit Waldholz, ökonomisch attraktiv. Trotz Förderung durch das EEG war die Verstromung von Waldholz nur unter sehr günstigen Voraussetzungen (kurze Transportwege, niedrige Rohstoffpreise, große installierte Leistung, hoher Umfang Wärmenutzung) ökonomisch sinnvoll.[1305]

Biogene Flüssigbrennstoffe

Von den biogenen Flüssigbrennstoffen war für die Stromerzeugung nur Biodiesel und Pflanzenöl relevant. Bioethanol wurde nicht eingesetzt. Durch Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK-Technologie) konnte sowohl Strom- als auch Wärmeenergie produziert werden. Der stationäre Einsatz von biogenen Flüssigbrennstoffen in BHKWs war ökonomisch nur sinnvoll, wenn sowohl Strom als auch Wärme produziert wurde. 2003 wurde in ca. 130 Biomasseheizkraftwerken (BHKW) mit einer Leistung von insgesamt 9 MW_{el} Pflanzenöl zur Produktion von elektrischer Energie eingesetzt. Außerdem wurden in neun BHKWs mit einer Gesamtleistung von 2 MW_{el} Biodiesel eingesetzt.

Verglichen mit dem Biodieselverbrauch im Straßenverkehr liegt der Anteil der BHKWs weit unter einem Prozent. Die Einsatzbereiche für Pflanzenöl- und Biodiesel-Kraftstoff liegen hauptsächlich in der „Inselversorgung“ d.h. in Regionen, die keinen Zugang zur Netzinfrastruktur besitzen (z.B. Berghütte) oder im Netz-Parallelbetrieb. Viele Projekte wurden durch zusätzliche Investitionsförderungen unterstützt.[1306]

[1304] IE Leipzig: Elektrische Energie, In: Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), S. 7-73, Gülzow 2006b.
[1305] IE Leipzig 2006b a.a.O.
[1306] IE Leipzig 2006b a.a.O.

11.2.2 Wesentliche Änderungen und ihre Treiber

Wesentlicher Treiber für die Entwicklung des Marktes für Biogas war die Förderung durch das EEG (s. folgende Abb.). Mit der Novellierung des EEG 2009 wurde ein “Gülle-Bonus” für den Einsatz von Gülle in Biogasanlagen eingeführt. Dieser Bonus wurde an Biogasanlagen gezahlt, die in ihrer Substratzusammensetzung bis zu 30% Gülle enthalten. Ziel dieses Bonus war der verstärkte Einsatz von Wirtschaftsdünger bei der Produktion von Bioenergie. Dadurch sollte die Rohstoffbasis der Betreiber von Biogasanlagen erweitert, eine höhere Wertschöpfung erreicht und die Emissionen durch Wirtschaftsdünger reduziert werden. Der Gülle-Bonus veränderte die Substratmischung zahlreicher Biogasanlagen, wobei durch die Nutzung der Gülle teilweise nachwachsende Rohstoffe substituiert wurden.

Die Höhe der Vergütung sowie die an der Anlagengröße ausgerichteten Vergütungsstruktur waren entscheidend für die beschriebene Entwicklung. Die Grundvergütung für Biomasse nach dem EEG richtete sich nach der Leistung der jeweiligen Anlagen, wobei Kleinstanlagen mit einer Leistung bis zu 150 kW_{el} die höchste Förderung erhielten und Großanlagen im Leistungsbereich 5 - 20 MW_{el} den niedrigsten Fördersatz. Mit dieser Staffelung wurden kleinere Biogasanlagen gefördert. Ziel dieser Förderung war, die Energieproduktion in Deutschland zu dezentralisieren und die Infrastruktur der Energiebereitstellung zu verbessern.

Abb. 432: Regularien zur Förderung von Biogasanlagen im Zeitraum 2004 - 2010

Die im EEG geregelte Sicherung der Einspeisevergütung für die kommenden 20 Jahre und die Abnahmepflicht der Netzbetreiber von Strom aus erneuerbaren Energien führten zu einer hohen Investitionssicherheit für die Betreiber von Biogasanlagen.

Biogene Festbrennstoffe

Ein wesentlicher Treiber für biogene Festbrennstoffe war die Förderung durch das EEG. Vor allem die Vergütung für den Einsatz von Altholz hatte im Zeitraum 2004 - 2010 großen Einfluss auf die Marktentwicklung. Durch die Regelungen des EEG zu Altholz und den Bestimmungen der BImSchV wurde die Nutzung von Altholz auf Anlagen beschränkt, die diese Best-

immungen erfüllen und aufgrund des Zeitpunktes der Inbetriebnahme unter die Regelung des EEG 2004 fallen. Dies führte zu einer verstärkten Nutzung von Waldholz in Neuanlagen.

Ein weiterer Treiber war die Weiterentwicklung der KWK-Technologie. Durch den Verkauf von Strom- und Wärmeenergie konnten die Betreiber von Kraftwerken mit dieser Technologie zusätzliche Einnahmen erzielen. Dies führte dazu, dass im Beobachtungszeitraum Altanlagen ohne diese Technologie still gelegt oder umgerüstet wurden.[1307]

Biogene Flüssigbrennstoffe

Mit der Änderung des EEG im Jahr 2004 und der Förderung der Verstromung von Pflanzenölen über eine gesicherte Einspeisevergütung, kam es zu einem starken Ausbau der Kapazitäten im Zeitraum 2005 - 2007. Dieser Zubau von Anlagen stagnierte ab dem Jahr 2008. Verantwortlich dafür waren die steigenden Preise für Palm- und Rapsöl, die einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen nicht mehr zuließen. Trotz dieser Entwicklung wurden zunächst weiterhin neue BHKWs im Zeitraum nach 2008 gebaut. Allerdings konnte der Zubau die Stilllegung von Altanlagen nicht ausgleichen.[1308]

11.2.3 Erklärung der Marktentwicklung

Biogas

Der Markt für Biogas hat sich im Zeitraum 2004 - 2010 sehr dynamisch entwickelt (s. folgende Abbildungen).

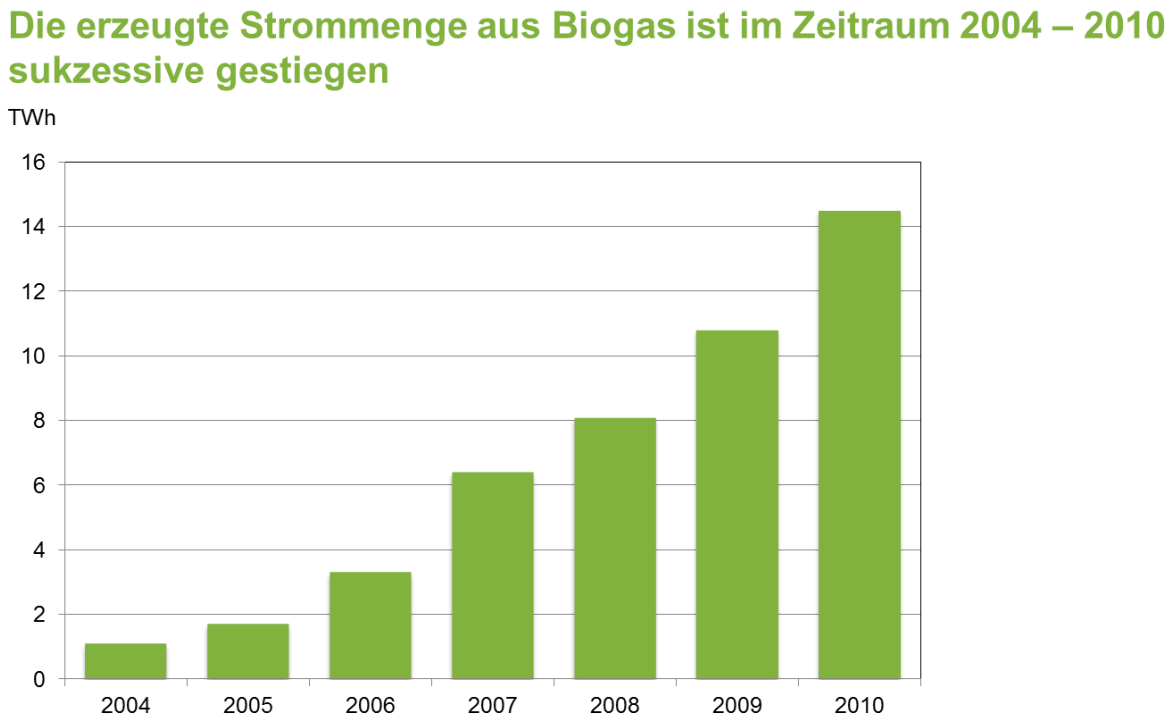


Abb. 433: Entwicklung der Produktion von Biogas 2004 - 2010[1309]

[1307] Witt et al. 2011 a.a.O.
[1308] Witt et al. 2011 a.a.O., Witt et al. 2012 a.a.O.
[1309] AGEE-Stat 2012 a.a.O.

Im Zeitraum 2004 - 2010 hat sich die Energieproduktion aus Biogas von ca. 1,1 TWh (2004) auf fast 15 TWh (2010) gesteigert, was bei aktuellen Strompreisen für einen durchschnittlichen Privathaushalt (23,69 c/kWh), einem Marktwert von ca. 3,5 Mrd. € entspricht (s. folgende Abb.). Die Anzahl der Biogasanlagen stieg in diesem Zeitraum von 2.050 Anlagen (2004) auf ca. 6.000 (2010) Biogasanlagen.[1310] Ca. 50 Biogasanlagen bereiteten im Jahr 2010 Biogas zu Biomethan auf. Biomethan wurde direkt in das Gasnetz eingespeist oder an Tankstellen ausgeliefert. Insbesondere die Novellierungen des EEG in den Jahren 2004 und 2009 bedeuteten jeweils einen Schub für den Ausbau von Biogasanlagen.

Im Jahr 2010 wurden ca. 15 TWh Strom aus Biogas produziert

Kriterien	Strom aus Biogas
Produktion 2010	• 14,8 TWh
Marktwert 2010	• 3,5 Mrd. €
Durchschnittl. Vergütung	• 16,86 c/kWh (Vergütung EEG „Biomasse“)
Preise	• Strompreis Privatkunden: 23,69 c/kWh • Davon EEG-Umlage: 2,047 c/kWh
Erläuterungen	• 2010: ca. 6.000 Biogasanlagen, Tendenz weiter steigend (bis Ende 2011: 7.215 Anlagen) • ca. 50 Biogasanlagen bereiten Biomethan auf • Entstehung von Gülleborsen in den vergangenen Jahren

Abb. 434: Marktbeschreibung des Marktes für Biogas 2010[1311]

Die Förderung durch das EEG mit dem EEG-„Gülle-Bonus“ führte zu einer Intensivierung des Handels mit Wirtschaftsdünger und zur Entstehung von sogenannten „Gülleborsen“.

Großen Einfluss hatten auch die hohen Agrarrohstoffpreise, welche den Ausbau der Biogasanlagen verlangsamten. Da die Landwirte in den Jahren 2007/08 für ihre Agrarrohstoffe sehr hohe Preise an den Rohstoffmärkten erzielen konnten, war die Nutzung dieser Rohstoffe in Biogasanlagen wirtschaftlich weniger attraktiv und der Ausbau des Biogasanlagennetzes war deutlich geringer als im Zeitraum davor (bis 2006) oder danach (ab 2009) (s. folgende Abb.).[1312]

[1310] Fachverband Biogas 2012 a.a.O.
[1311] BMWi 2011 a.a.O., EEG-Mengentestat 2011 a.a.O.
[1312] Biogasrat: Biogas und Landwirtschaft, Berlin 2010; UBA: Biogaserzeugung in Deutschland, Dessau-Roßlau 2010.

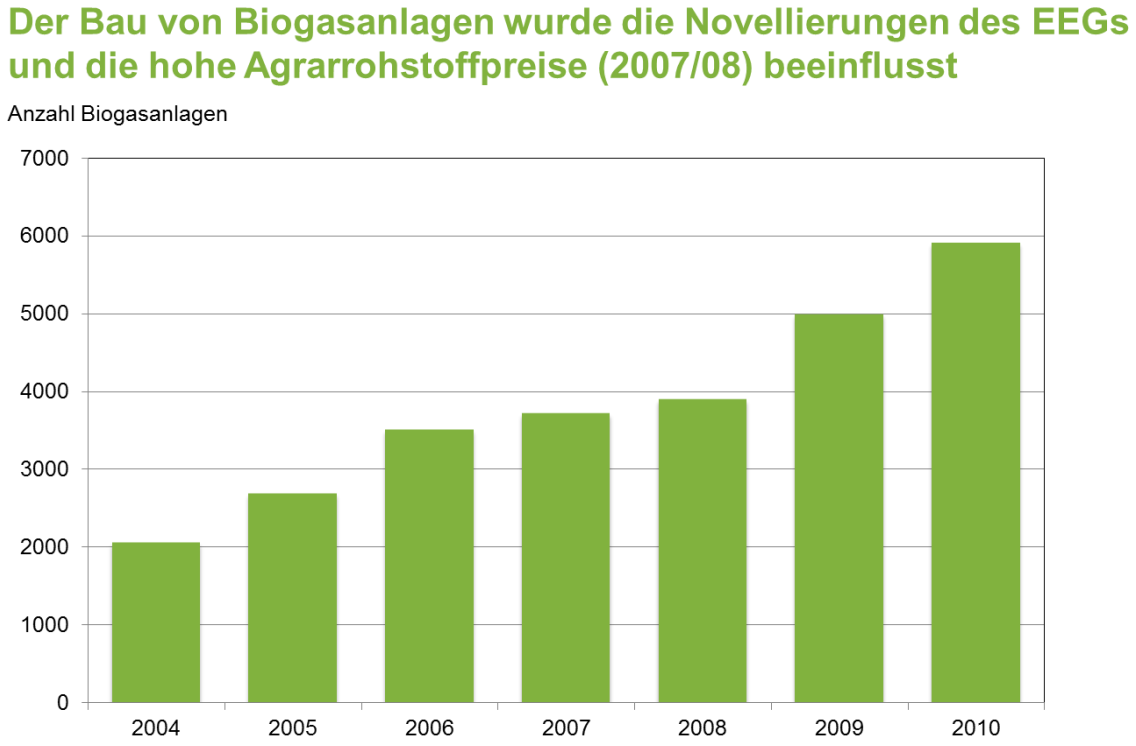


Abb. 435: Entwicklung der Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland 2004 - 2010[1313]

In Folge der Ausweitung der Biogasproduktion hatte sich auch die Flächenbeanspruchung zum Anbau von Energiepflanzen erhöht. Die von der Bevölkerung wahrgenommene Ausweitung des Anbaus von Mais zur Biogasproduktion („Vermaisung“) hat den gesellschaftlichen Druck auf die Betreiber von Biogasanlagen erhöht. Umweltverbände kritisieren den stark gewachsenen Ausbau der Biogasproduktion aufgrund der damit verbundenen Flächenbeanspruchung für Energiepflanzen (Anbaufläche 2010: ca. 800.000 ha), den steigenden Pachtpreisen sowie der Einschränkung der Fruchtfolgen auf wenige Pflanzen und den damit verbundenen negativen ökologischen Auswirkungen.[1314]

Biogene Festbrennstoffe

In Deutschland wurde im Jahr 2010 in 263 Anlagen insgesamt 11,8 TWh Strom aus biogenen Festbrennstoffen produziert.[1315] In über 50% dieser Anlagen wurde Waldholz zur Stromproduktion eingesetzt. Von der eingesetzten Menge an Holz waren ungefähr $^{1}/_{3}$ Waldholz und $^{2}/_{3}$ Altholz.[1316] Der Holzeinsatz im Jahr 2010 lag bei etwa 7,6 Mio. t_{atro}, wovon ca. 5,2 Mio. t_{atro} Altholz und 2,4 Mio. t_{atro} Waldholz waren. Der Marktwert des produzierten Stroms lag bei 2,8 Mrd. € (Annahme durchschnittlicher Strompreis für Privathaushalt 23,69 c/kWh). Nur in ca. 5% der Anlagen wurde ausschließlich Strom produziert. Der Großteil der Anlagen nutzte die KWK-Technologie (siehe folgende Abb.).[1317]

[1313] Biogasrat 2010 a.a.O.
[1314] FNR: Basisdaten Bioenergie Deutschland, FNR, Gülzow-Prüzen, September 2011.
[1315] Witt et al. 2011 a.a.O., AGEE-Stat 2012 a.a.O.
[1316] Witt et al. 2011 a.a.O.
[1317] Witt et al. 2011 a.a.O.

Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen lag 2010 bei 11,8 TWh

Kriterien	Strom aus Biogenen Festbrennstoffen
Produktion 2010	• 11,8 TWh Strom
Marktwert 2010	• 2,795 Mrd. € (Marktwert Strom)
Durchschnittl. Vergütung	• 16,86 c/kWh (Vergütung EEG „Biomasse“) • Gesamt: 1,989 Mrd. €
Preise	• Strompreis Privatkunden: 23,69 c/kWh • Davon EEG-Umlage: 2,047 c/kWh
Erläuterungen	• Rohholzeinsatz: 7,6 Mio. t, davon 5,2 Mio. t Altholz und 2,4 Mio. t Waldholz • Großteil der Anlagen mit KWK-Technologie, nur 5 % reine Stromanalgen

Abb. 436: Übersicht für den Markt der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen 2010[1318]

Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen ist seit 2004 von 4,7 TWh auf 11,2 TWh im Jahr 2010 gestiegen. Seit 2008 stagniert das Wachstum bzw. der Ausbau der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen. Der sehr dynamische Ausbau der Stromproduktion in den Jahre 2004 - 2008 ist auf die Förderung durch das EEG zurückzuführen. In den Jahren seit 2008 ist der Anlagenzubau zurückgegangen. Der Grund für diese Entwicklung waren steigende Rohstoffpreise für Holz.

Aufgrund der gestaffelten Grundvergütung durch das EEG mit einer höheren Grundvergütung für kleinere Anlagen und den steigenden Rohstoffpreisen, wurden seit 2009 neuere BMHKWs im kleineren und mittleren Bereich mit den geförderten Technologien und einer möglichst hohen Wärmenutzung geplant und in Betrieb genommen. Eine Gewinnmaximierung der Anlagen wurde durch den Einsatz von möglichst viel Waldholz bzw. Landschaftspflegematerial (LPM) erreicht. Dies führte zu einem steigenden Einsatz von Waldholz zur energetischen Nutzung.[1319]

Trotz der Inbetriebnahme dieser neuen BHKWs konnte die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen insgesamt nicht gesteigert werden, da gleichzeitig ineffiziente Kraftwerke stillgelegt wurden (s. folgende Abb.). Aufgrund der Vergütungsstruktur des EEGs und der hohen Rohstoffpreise war die Nutzung dieser ineffizienten Anlagen ökonomisch nicht mehr sinnvoll.

[1318] AGEE-Stat 2012 a.a.O., Witt et al. 2011 a.a.O., eigene Berechnung.
[1319] Witt et al. 2011 a.a.O.

Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen stagniert seit 2008

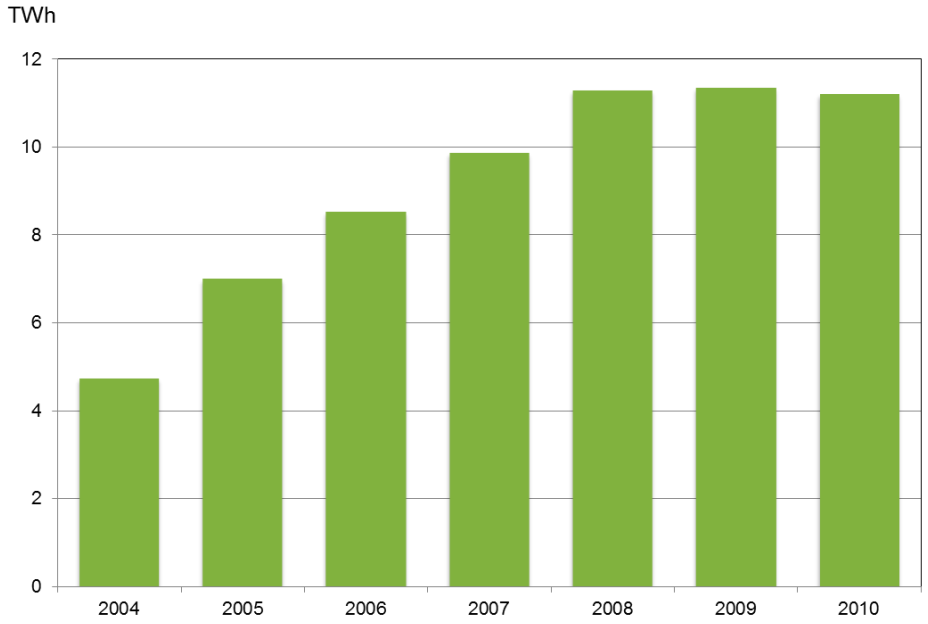


Abb. 437: Entwicklung der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen 2004 – 2010[1320]

Biogene Flüssigbrennstoffe

Im Jahr 2010 gab es in Deutschland ca. 2.200 Pflanzenöl-BHKWs. Davon waren ca. 1.400 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 295 MW_{el} aktiv.

Zur Stromproduktion wurden ca. 743.000 t Pflanzenöl, mit einem Marktwert von 500 - 560 Mio. € eingesetzt (s. folgende Abb.).[1321] Vor allen in größeren Anlagen (>150 kW) wurde hauptsächlich Palmöl, in kleineren Anlagen (bis 10 kW) zu fast gleichen Teilen Raps- und Palmöl eingesetzt. Andere Pflanzenöle spielten keine wesentliche Rolle.[1322] Die produzierte Strommenge lag bei 1,8 TWh, was im Vergleich zum Vorjahr einen Rückgang der Produktion bedeutete.[1323]

[1320] AGEE-Stat 2012 a.a.O.
[1321] Witt et al. 2011 a.a.O., AMI 2011 a.a.O.
[1322] Dreher et al. 2012 a.a.O.
[1323] Witt et al. 2011 a.a.O.

2010 wurden ca. 743.000 t Pflanzenöl in BHKWs zur Produktion von 1,8 TWh Stromenergie eingesetzt

Kriterien	Biogene Flüssigbrennstoffe
Produktion 2010	• 1,8 TWh
Marktgröße	• Ca. 743.000 t Pflanzenöl (hauptsächlich Palm- u. Rapsöl) • 504 – 570 Mio. €/a
Preise	• Durchschnittspreis 2010 Palmöl: 679,08 €/t • Durchschnittspreis 2010 Rapsöl: 766,00 €/t

Erläuterungen	• Rentable BHKWs, die mit biogenen Flüssigbrennstoffen betrieben werden:
	  • ausgereiftes Wärmenutzungskonzept
	  • Betrieb nicht wirtschaftlich motiviert (Pilotanlagen, Insellösungen)
	  • Anlagen, die Prozeßwärme für Anwendungen in Gewerbe, LW und Gartenbau abgeben
	  • Anlagen, die Wärmeversorgungsverträge besitzen

Abb. 438: Markt für biogene Flüssigbrennstoffe in Deutschland 2010[1324]

Der Grund für den Rückgang der produzierten Strommenge waren die im Verlauf des Jahres 2010 sehr stark gestiegenen Marktpreise für Pflanzenöle (s. folgende Abb.). So waren die Preise für Raps zwischenzeitlich von 700 €/t auf 1.150 €/t und der Preis für Palmöl zeitweilig von 650 €/t auf 1.000 €/t im Laufe des Jahres 2010 gestiegen. Dieser starke Preisanstieg für die Rohstoffe machte den Einsatz in zahlreichen Anlagen unwirtschaftlich und führt zu einem Rückgang der produzierten Strommenge. Im Jahr 2010 wurden größtenteils Anlagen betrieben, die ein ausgereiftes Wärmenutzungskonzept hatten, die Prozesswärme in produzierende Betriebe abgaben, die Wärmeversorgungsverträge besaßen oder deren Betrieb nicht wirtschaftliche motiviert war (z.B. Pilotanlagen, Insellösungen).[1325]

[1324] AMI 2011 a.a.O.; Dreher et al. 2012 a.a.O.; Witt et al. 2011 a.a.O.
[1325] Dreher et al. 2012 a.a.O.

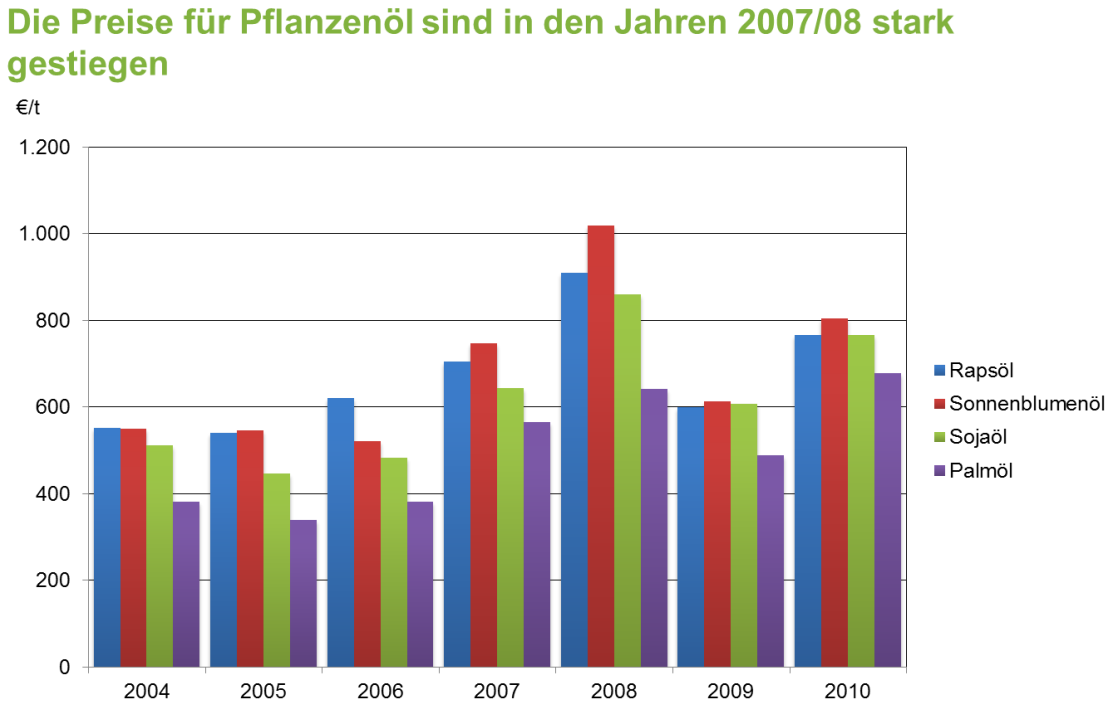


Abb. 439: Entwicklung der Weltmarktpreise für Pflanzenöle 2004 - 2010[1326]

11.3 Vergleich mit der Prognose aus 2004 für 2010

11.3.1 Aufbereitung der Prognosedaten und Annahmen

Biogas

2004 wurde für die Stromproduktion aus Biogasanlagen ein starkes Wachstum von jährlich 70% bis zum Jahr 2010 prognostiziert. Grundlage für diese Wachstumsprognose waren die EEG-Regularien bzw. die Förderung, welche für die Landwirte ökonomisch sehr attraktiv waren. Außerdem wurde prognostiziert, dass sich Märkte für Biogassubstrate (z.B. Gülle) entwickeln und ein verstärkter Wettbewerb um Ackerflächen mit der Folge von steigenden Pachtpreisen eintritt.

Das Potential der Biogasproduktion wurde bei ca. 5% der gesamten Stromproduktion gesehen. Bei einem Wirkungsgrad der Anlagen von durchschnittlich 34% entsprach dies einem Strommarktwert von 3,3 Mrd. €.[1327]

Biogene Festbrennstoffe

Für die Verstromung von Waldholz wurde bis zum Jahr 2010 ein jährliches Wachstum von 14% vorhergesagt. Dies entsprach für das Jahr 2010 einem Marktvolumen von ca. 92.000 t_{atro} bzw. einen Marktwert von fast 18 Mio. €. Die Prognose basierte auf der Annahme, dass aufgrund des EEG Nawaro- und des KWK-Bonus der Markt wächst, sofern Waldholz weiterhin leicht und kostengünstig verfügbar ist.[1328]

[1326] AMI 2011 a.a.O.
[1327] IE Leipzig 2006b a.a.O.
[1328] IE Leipzig 2006b a.a.O.

Biogene Flüssigbrennstoffe

Für den stationären Einsatz von Pflanzenölen zur Strom– und Wärmeproduktion wurde vor dem Hintergrund der Novellierung des EEG ein Marktwachstum von 10 Mio. € im Jahr 2004 auf 12 Mio. € im Jahr 2010 prognostiziert. Zahlen für die produzierte Strommenge waren nicht vorhanden. Aus Vergleichbarkeitsgründen wurden diese aus den Daten für das verbrauchte Pflanzenöl, dem Heizwert und einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 40% rechnerisch zu 0,09 TWh (2004) und 0,1 TWh (Prognose 2010) ermittelt. Das relativ geringe Wachstum wurde mit der Nutzungskonkurrenz zum Kraftstoffbereich und einer eingeschränkten Verfügbarkeit von Raps (Fruchtfolgebeschränkung) begründet.[1329]

11.3.2 Vergleich mit Ist-Situation und Abweichungsanalyse

Biogas

Die Stromproduktion durch Biogas im Jahr 2010 lag bei 14,8 TWh (s. folgende Abbildungen). Die Prognose für das Jahr 2010 wurde damit um ca. 5 TWh übertroffen. Die Förderung durch das EEG wurde in der Prognose als wesentlicher Treiber für die Marktentwicklung richtig identifiziert. Allerdings wurde nicht vorhergesehen, dass durch die Novellierung des EEGs im Jahr 2009 (Einführung des Gülle-Bonus) sehr starke Anreize zur Biogasproduktion geschaffen wurden. Diese Novellierung sorgte für einen sehr dynamischen Ausbau der Stromproduktion durch Biogas.

Die weiteren Folgen des Ausbaus der Biogasproduktion wurden in der Analyse richtig vorhergesehen. Es wurde die Entstehung von Märkten für Biogassubstrate (Gülle) prognostiziert. Ferner wurde beschrieben, dass die Förderung der Biogasproduktion zukünftig den Wettbewerb um Ackerflächen verstärkt und eine Flächenkonkurrenz bei der Produktion von Energie- bzw. Nahrungsmittelpflanzen entsteht. Die Folge dieser Konkurrenzsituation mit steigenden Pachtgebühren wurde ebenfalls vorhergesehen. Allerdings hatte dieser Treiber aufgrund der vorzüglichen Förderbedingungen keinen Einfluss auf die Entwicklung des Marktes für Biogas; andere Märkte waren allerdings sehr wohl davon betroffen.

[1329] IE Leipzig 2006b a.a.O.

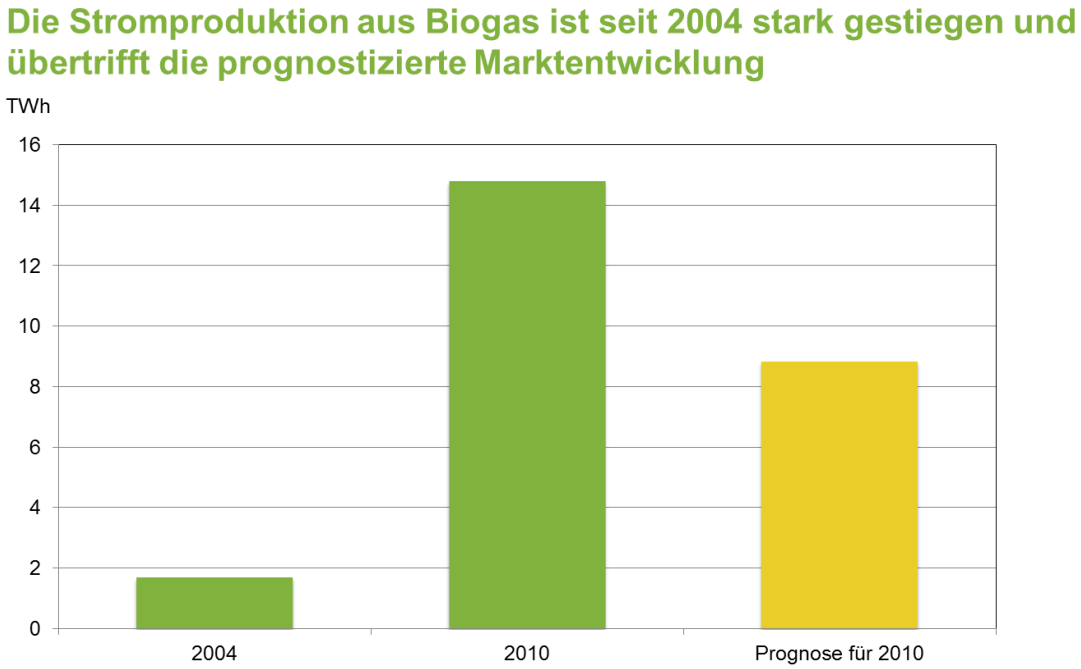


Abb. 440: Entwicklung der Biogasproduktion 2004 - 2010 und Vergleich mit der Prognose[1330]

Der Markt für Biogas ist seit 2004 deutlich gewachsen

Kriterien	2004	Prognose 2010	Annahme	2010	Schlussfolge-rungen
Produktion	• 1,7 TWh	• 8,84 TWh	• Erschließung neuer Quellen für Biogassubstrate • Weitergehende Förderung durch EEG • Verstromung von Biogas häufigste Nutzungs-variante von Biogasanlagen	• 14,8 TWh	• Weiterer Ausbau der Förderung (EEG Novellierung 2004, 2009) hat zu einem deutlichen Übertreffen der Prognose geführt • Gülle-Bonus erschließt neue Rohstoffquelle
Marktwert	• 0,25 Mrd. €	• 1,29 Mrd. €		• 5,1 Mrd. €	
Anteil am Gesamt-markt	• 0,4 %	• 2,08 %		• 2,46 %	
Preise	• 17,96 c/kWh	• k.A.		• 23,69 c/kWh	

Abb. 441: Entwicklung des Marktes für Biogas 2004 - 2010[1331]

Biogene Festbrennstoffe

Die Stromproduktion aus fester Biomasse ist im Beobachtungszeitraum von knapp 5 TWh (2004) auf über 11 TWh (2010) gewachsen. Während der Einsatz von Altholz aufgrund des weitgehend konstanten Aufkommens kaum weiter ausgebaut werden konnte, ist der Einsatz von Waldholz von ca. 50.000 t_{atro} (2004) auf ca. 2,5 Mio. t_{atro} gewachsen. Der wesentliche

[1330] IE Leipzig 2006b a.a.O., Fachverband Biogas 2012 a.a.O., Agentur für erneuerbare Energien (AEE): Anbau von Energiepflanzen, Renews Spezial 34/2011, Berlin 2011b.
[1331] IE Leipzig 2006b a.a.O., Fachverband Biogas 2012 a.a.O.

Treiber für diese Entwicklung war das EEG (Nawaro-Bonus), welches ausschließlich die energetische Nutzung von Waldholz förderte. Dieser Treiber wurde allerdings durch die deutlich gestiegenen Holzpreise fast vollständig kompensiert, was zu einer Stagnation bei der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen führte. Eine Verstromung von Holz war nur noch in effizienten Anlagen (z.B. Anlagen mit Wärmenutzungskonzept) rentabel (s. folgende Abbildungen).

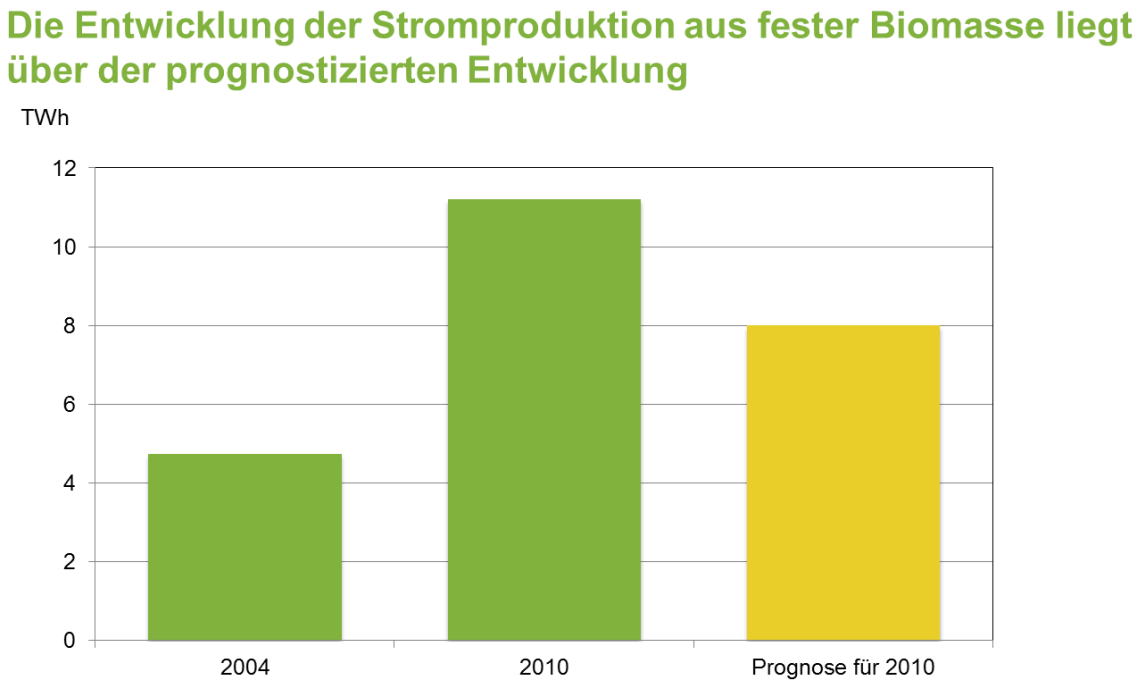


Abb. 442: Entwicklung der Stromproduktion aus fester Biomasse inkl. Altholz 2004 - 2010[1332]

[1332] IE Leipzig 2006b a.a.O., AGEE-Stat 2012 a.a.O.

Die Stromproduktion mit Waldholz hat seit 2004 stark an Bedeutung gewonnen

Kriterien	2004	Prognose 2010	Annahme	2010
Produktion	• 4,74 TWh	• ca. 8 TWh	• leichtes Marktwachstum bestimmt durch Waldholzpreise • bis 2007 nur geringer Ausbau Kapazitäten • Weitere Zubau Kapazitäten zur reinen Stromerzeugung aufgrund der Vergütungs-regression eher unwahrscheinlich	• 11,2 TWh
Einsatz Nawaro	• 50.000 t_{atro}	• 92.000 t_{atro}		• 2.400.000 t_{atro}
Marktwert Waldholz	• 2,5 Mio. €	• ca. 18 Mio. €		• 57,2 – 98,5 Mio. € (*)
Anteil am Gesamt-markt	• 1,37 % (**)	• k.A.		• 4,55 % (**)
Preise	• 17,96 c/kWh	• k.A.		• 23,69 c/kWh

Abb. 443: Beschreibung der Entwicklung des Marktes 2004 - 2010[1333]

Biogene Flüssigbrennstoffe

Der Markt für den stationären Einsatz ist von 10 Mio. € (ca. 0,1 TWh) im Jahr 2004 auf 500 bis 560 Mio. € (1,8 TWh) im Jahr 2010 stark gewachsen. Die in der Prognose vorhergesagte Marktbelebung durch das EEG ist eingetroffen. Allerdings hat sich der Markt zunächst wesentlich besser als prognostiziert entwickelt. Die durch die Novellierung des EEGs gesetzten Anreize wurden deutlich unterschätzt. Die beschriebenen Einschränkungen für das Marktwachstum, beispielsweise die eingeschränkte Verfügbarkeit von Raps und die Konkurrenz zum Kraftfahrzeugbereich, hatten keine Auswirkungen auf die Marktentwicklung. Die Wirkung des EEGs wurde anfänglich durch die niedrigen Palmölpreise noch verstärkt, sodass der Bau von BHKW im Zeitraum 2004 - 2007 wirtschaftlich sehr attraktiv war. Aus einem Nischenmarkt wurde sehr schnell ein wirtschaftlich und energetisch bedeutender Markt, dessen Wachstum erst durch die steigenden Preise für Pflanzenöle zum Erliegen kam (s. folgende Abbildungen).[1334]

[1333] IE Leipzig 2006b a.a.O. (Angaben für das Jahr 2004 u. Prognose 2010); AGEE-Stat 2012 a.a.O., Witt et al. 2011 a.a.O., (*) Preis Waldhackschnitzel, WG 35, 91,59 €/t (CARMEN 2012 a.a.O.), (**) Daten gesamte Biomasse.

[1334] IE Leipzig 2006b a.a.O.; AGEE-Stat 2012 a.a.O., Witt et al. 2011 a.a.O.

Der Markt für biogene Flüssigbrennstoffe ist seit 2004 stark gewachsen

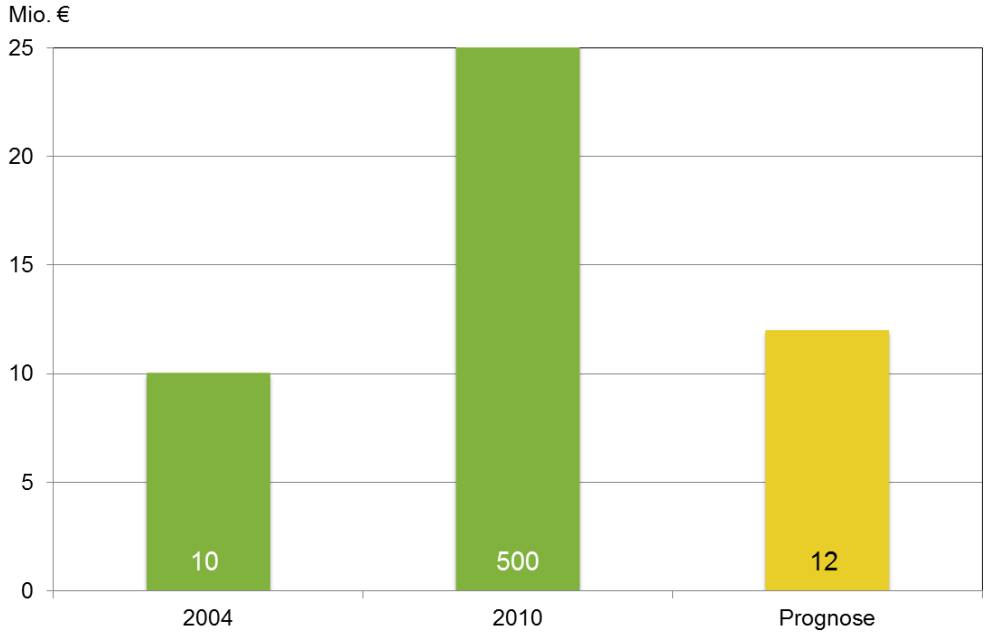


Abb. 444: Vergleich der Prognose für 2010 mit der Marktentwicklung für biogene Flüssigbrennstoffe[1335]

Die stationär eingesetzte Menge an Pflanzenöl zur Stromproduktion ist seit 2004 deutlich gestiegen

Kriterien	2004	Prognose 2010	Annahme	2010	Schlussfolgerungen
Marktgröße	• 10 Mio. €/a • 0,094 TWh	• 12 Mio. €/a • 0,1 TWh	• EEG könnte zu Marktbelebung führen • Marktwachstum marginal	• 500-560 Mio. €/a • 1,8 TWh	• EEG (Nawaro-Bonus) führte zu deutlicher Marktbelebung • Marktwachstum durch Import von Palmöl seit 2004 rasant gestiegen • Entwicklung seit 2009 (Änderung EEG, Pflanzenölpreise) rückläufig
Rohstoff-menge	• 23.000 t Pflanzenöl	• 25.600 t Pflanzenöl		• 743.000 t Pflanzenöl	
Anlagen	• 139 Anlagen	• k.A.		• ca. 1.400 „aktive“ Anlagen	
Anlagen-kapazität	• 11 MW_{el}	• k.A.		• 295 MW_{el}	

Abb. 445: Beschreibung der Marktentwicklung von 2004 bis 2010[1336]

[1335] IE Leipzig 2006b a.a.O.; AGEE-Stat 2012 a.a.O., Witt et al. 2011 a.a.O.; eigene Berechnung.
[1336] IE Leipzig 2006b a.a.O., OVID: Kennzahlen Deutschland, http://www.ovid-verband.de/unsere-branche/daten-und-grafiken/kennzahlen-deutschland/?PHPSESSID=1e37d3fd3edb21d05db5ed55f5718327, Abruf: 07.12.2011., Witt et al. 2011 a.a.O.

11.3.3 Schlussfolgerungen für das Prognosemodell

In allen Teilmärkten waren das EEG und die Rohstoffpreise die dominierenden Treiber für die Entwicklung der Märkte. Das Marktwachstum wird bestimmt durch die Relation zwischen der Höhe der Förderung und der Preisentwicklung und dem daraus resultierenden Ergebnisbeitrag. Diese Relation wird auch zukünftig das Marktgeschehen dominieren, solange als Rahmenbedingungen feste Einspeisevergütungen vorliegen. Andere Faktoren als Förderung, Rohstoffpreise und fixe Einspeisevergütung haben nur untergeordneten Einfluss. Wesentlich für das neue Prognosemodell sind eine Neujustierung und eine genauere Bewertung des Einflusses von Fördermaßnahmen und Rohstoffpreisen. Diese Justierung kann allerdings anhand der Teilmärkte sehr gut vorgenommen werden, wie der Markt biogene Flüssigbrennstoffe sehr eindrucksvoll zeigt. Aufgrund der hohen Palmölpreise sind bis heute sehr viele Anlagen stillgelegt worden. Zur genaueren Erfassung der Wirkung der Treiber können Ergebnisbeiträge und Rohstoffpreise zum Zeitpunkt ohne Förderung denen in Jahren mit Förderung gegenübergestellt, ausgewertet und als Einflussfaktor für das neue Modell verwendet werden.

11.4 Prognose für das Jahr 2020

Auf Grundlage verschiedener Szenarien wurden Prognosen für den Strommarkt im Jahr 2020 entwickelt. Für die Ausarbeitung wurden Grundannahmen getroffen und Einflussfaktoren auf den Markt identifiziert. Ein wichtiger Treiber für die zukünftige Marktentwicklung ist das EEG. Bioraffineriekonzepte wurden nicht gesondert betrachtet. Aufgrund der derzeitigen Marktsituation wird nicht davon ausgegangen, dass bis 2020 signifikante Kapazitäten aufgebaut werden können. Daher werden Bioraffinerien für die Marktentwicklung bis 2020 auch keinen substanziellen Beitrag leisten können.[1337] Derzeit wird intensiv im Bereich der Biomasseproduktion durch Algen geforscht. Aktuell hat die Produktion von Algenbiomasse keine signifikante Bedeutung für die energetischen Märkte. Bis zum Jahr 2020 werden die derzeitigen Algenproduktionssysteme leistungsstärker und kostengünstiger sein. Für den Strom- und Wärmemarkt wird die energetische Nutzung von Algenbiomasse keinen signifikanten Einfluss haben. (siehe auch Abschnitt 2.3.8.)[1338]

[1337] Bundesregierung 2012 a.a.O., siehe auch Abschnitt 3.

[1338] Grundhoff, Stefan und Breitinger, Matthias: Treibstoff aus der Mikrobensuppe, Zeit Online, Artikel vom 29. Oktober 2012, http://www.zeit.de/auto/2012-10/kraftstoff-mikroorganismen-nachhaltig, Abruf: 15.11.2012; Schnell, Roland: ein Gedankenausflug: Algen als Energie- und Öllieferant, Artikel vom 26. September 2012, http://www.biomasse-nutzung.de/algen-energie-kraftstoffe-unternehmen/?utm_source=Biomasse-Nutzung+Newsletter&utm_campaign=7538fcba9c-Biomasse+Newsletter&utm_medium=email&ct=t(Newsletter_November_Biomasse_Blog11_7_2011), Abruf: 15.11.2012; Kirchner, Ron: Aktueller Algen-Boom geht in Richtung Bioenergie, Artikel vom 25. Juni 2012, http://www.biomasse-nutzung.de/european-workshop-microalgae-young-algaeneers/, Abruf: 30.11.2012; Persönliche Mitteilung Gerd Unkelbach, Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB.

11.4.1 SWOT-Analyse

Biogas

Biogasanlagen sichern eine dezentrale Strom- und Wärmeenergieproduktion und tragen somit zur Versorgungssicherheit in Deutschland bei. Es wird sowohl grundlastfähige wie auch bedarfsgerechte elektrische Energie bereitgestellt. Die Erlöse aus der Stromproduktion sind auf 20 Jahre zugesichert und stellen die Einkommensposition der landwirtschaftlichen Betriebe auf eine breitere Basis. Außerdem besteht die Möglichkeit, das produzierte Biogas zu Biomethan aufzuarbeiten und in das Erdgasnetz einzuspeisen. Biogasanlagen werden mit bewährter Technologie betrieben. Die produzierte elektrische Energie kann aufgrund der Speicherfähigkeit von Biogas bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden. Der Neubau von Biogasanlagen wird zunehmend kritisch von lokalen Protesten begleitet und in manchen Fällen sogar verhindert. Gegenwärtig steht besonders der Maisanbau in der Kritik.[1339] Der Anbau der eingesetzten Biomasse muss in direkter Nähe zur Biogasanlagen erfolgen, was die Flexibilität der Landwirte einschränkt. Der Bau von Anlagen unterliegt komplexen Genehmigungsverfahren, welche die Investitionskosten steigern. Außerdem ist es für Biogasanlagen aufgrund ihrer dezentralen Lagen häufig schwierig, externe Nutzer für die in den Biogasanlagen produzierte Wärmeenergie zu finden.

Für den Ausbau der Biogasanlagen besteht in Deutschland trotz des Booms in den vergangenen Jahren noch Potential. Für die Hersteller der Anlagen gibt es großes Potential für den Export von Anlagen und Anlagentechnologie in andere Länder. Der gesellschaftliche Diskussion zur „Vermaisung“ der Landschaft durch von Mais dominierte Felder kann mit einer Erweiterung der Fruchtfolge (neue Nutzpflanzen wie z.B. durchwachsende Silphie) begegnet werden. Im mobilen Bereich und in der Nutzung von Biomethan in KWK-Anlagen besteht zukünftiges Wachstumspotential. Allerdings machen die steigenden Weltmarktpreise für Lebensmittel die Nutzung von Biomasse in Biogasanlagen ggf. für die Biomasseproduzenten ökonomisch unattraktiv. Die Möglichkeiten zur signifikanten Produktionskostenreduktion sind gering. Biogasanlagen sind langfristig auf Förderung angewiesen, um wirtschaftlich betrieben zu werden (s. folgende Abb.).

[1339] Kabasci, Stephan und Schweizer-Ries, Petra (V.i.S.d.P.) et al.: Akzeptanz von Biogasanlagen – Hintergrund, Analyse und Empfehlungen für die Praxis, http://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/documents/infomaterial/OE200/120410-akzeptanz-biogasanlagen.pdf, Abruf: 25.01.2013, März 2012.

Die hohe Abhängigkeit von der Förderung durch das EEG bedeutet langfristig ein hohes Risiko für die Nutzung von Biogas

Stärken

- Lokale/regionale Strom- und Wärmeproduktion
- Gesicherte Erlöse der Stromproduktion mittels EEG
- Etablierte Technologie
- Bereitstellung grundlastfähiger Stromenergie
- Speicherfähigkeit; bedarfsgerechte Energiebereitstellung
- Aufbereitung zu Biomethan möglich
- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von landw. Betrieben

Chancen

- Weiterhin noch Potential für weiteren Ausbau vorhanden
- Chancen für den Export der Technologie
- Erweiterung der Fruchtfolge
- Wachstumsmärkte Biogas im mobilen Sektor; Einspeisung Biomethan ins Erdgasnetz

Schwächen

- Neubau von Anlagen wird zunehmend kritisch in der Bevölkerung gesehen (v.a. Kritik am Maisanbau)
- Anbau der Biomasse muss in Nähe der Biogasanlage erfolgen, da sonst nicht wirtschaftlich
- Komplexe gesetzliche Rahmenbedingungen; Bau abhängig von politischen Entscheidungen
- Biogasanalgen häufig dezentral; Abnehmer der Wärmeenergie schwer zu finden
- Hohe Abhängigkeit von Förderung/Fördersätzen des EEGs

Risiken

- Geringere Akzeptanz in der Bevölkerung
- Steigende Weltmarktpreise für Lebensmittel machen Biogasproduktion ggf. unattraktiv

Abb. 446: SWOT-Analyse Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen zur Stromproduktion

Biogene Festbrennstoffe

Aufgrund des EEGs und der dort zugesicherten Einspeisevergütung bringt die Stromproduktion durch biogene Festbrennstoffe gesicherte Erlöse für die Anlagenbetreiber. Die Technologie zur Verbrennung ist etabliert und es wird grundlastfähiger Strom in das Netz eingespeist. Die aktuell hohen Holzpreise in Deutschland aufgrund der anhaltenden Nutzungskonkurrenz zu stofflichen Holznutzern mindern die Erlöse, und können langfristig die Wirtschaftlichkeit der Betriebe in Frage stellen. Außerdem gibt es eine sinkende gesellschaftliche Akzeptanz für die intensive energetische Holznutzung. Dies wird durch die aktuell noch fehlenden, verbindlichen Nachhaltigkeitsanforderungen für biogene Festbrennstoffe weiter verstärkt.

Die Einführung von verpflichtenden Nachhaltigkeitskriterien wäre eine Möglichkeit, eine größere gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen. Der Bezug von biogenen Festbrennstoffen ist aufgrund der Transportkosten regional begrenzt. Die Kapazitäten von Wäldern, Sägewerken und anderen lokalen Biomasselieferanten sind begrenzt. Je nach Energiedichte des Brennstoffes ist ein Transport nur auf kurze Strecken wirtschaftlich. Die Lieferung von Hackschnitzeln ist beispielsweise nur in einem Umkreis von ca. 100 km um das Kraftwerk wirtschaftlich. Biomasseimporte aus Nordamerika, Südamerika oder Asien stellen eine Möglichkeit dar, das Aufkommen an biogenen Festbrennstoffen zu steigern. Allerdings sind Importe nur für See- oder Flusshafenstandorte wirtschaftlich attraktiv. Der stockende Ausbau von anderen erneuerbaren Energien wie Windkraft und Photovoltaik erhöht aus Sicht der Bundesregierung und hinsichtlich der Versorgungssicherheit die Notwendigkeit für eine energetische Biomassenutzung, um die Ziele der Bundesregierung zu erreichen (s. folgende Abb.).

Weiter steigende Holzpreise und die sinkende gesellschaftliche Akzeptanz sind Risiken für die zukünftige energetische Holznutzung

Stärken

- Gesicherte Erlöse der Stromproduktion mittels EEG
- Etablierte Technologie
- Bereitstellung grundlastfähige Stromenergie

Chancen

- Einführung einer verbindlichen Nachhaltigkeitszertifizierung zur größeren gesellschaftlichen Akzeptanz
- Biomasseimporte aus Nordamerika, Asien
- Stockender Ausbau Windkraft, Photovoltaik erhöht die Notwendigkeit der energetischen Biomassenutzung um die Ziele der Bundesregierung zu erreichen

Schwächen

- Konkurrenz zur stofflichen Nutzung
- Hohe Holzpreise aufgrund starker Nutzungskonkurrenz
- Bisher noch keine verbindliche Nachhaltigkeitszertifizierung
- Grenzen der Nachhaltigen Bewirtschaftung in Deutschland fast erreicht
- Notwendigkeit einer regionalen Brennstoffversorgung aufgrund hoher Logistikkosten

Risiken

- Steigende Holzpreise
- Sinkende gesellschaftliche Akzeptanz einer steigenden energetischen Holznutzung

Abb. 447: SWOT-Analyse biogene Festbrennstoffe zur Stromproduktion

Biogene Flüssigbrennstoffe

Die energetische Nutzung von biogenen Flüssigbrennstoffen ist eine etablierte Technologie, die zuverlässig in Nischenmärkten und bei Insellösungen eingesetzt wird. Pflanzenöle können auf Basis zahlreicher Nutzpflanzen produziert werden (Raps, Ölpalme, etc.). Die Nutzung dieser Pflanzenöle zur Stromproduktion wird gesellschaftlich allerdings kaum akzeptiert. Außerdem lassen die derzeitigen Preise für Pflanzenöle einen wirtschaftlichen Betrieb von BHKWs auf Pflanzenölbasis nicht zu. Im aktuellen EEG ist die Förderung von Neuanlagen, welche mit biogenen Flüssigbrennstoffen betrieben werden, ausgeschlossen.

Bei sinkenden Preisen für Pflanzenöle könnte die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen zukünftig wieder wirtschaftlich werden. Dafür müssten dann stillgelegten Anlagen, die unter das EEG fallen, wieder reaktiviert werden. Außerdem gibt es ein etabliertes System für die Nachhaltigkeitszertifizierung von Pflanzenölen. Allerdings besteht das Risiko, dass die Pflanzenölpreise langfristig zu hoch für einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen sind und das die bereits verlorengegangene Verbraucherakzeptanz nicht wieder zurückgewonnen werden kann (s. folgende Abb.).

Fehlende Verbraucherakzeptanz und hohe Pflanzenölpreise machen auch langfristige eine stationäre Nutzung von Pflanzenölen unwirtschaftlich

Stärken	Chancen
• Etablierte Technologie • Breite Rohstoffbasis • Etabliertes System für Nachhaltigkeitszertifizierung	• Sinkende Pflanzenölpreise • Nutzung von stillgelegten Altanlagen unter EEG
Schwächen	**Risiken**
• Ablehnende Haltung der Bevölkerung hinsichtlich einer energetischen Nutzung von Pflanzenölen • Keine EEG-Förderung für Neuanlagen • Derzeitige Rahmenbedingungen fördern den Einsatz im mobilen Bereich • Die derzeitigen Preise für Pflanzenöle lassen keine wirtschaftliche Nutzung eines Pflanzenöl-BMHKWs zu	• Preise für Pflanzenöl werden langfristig zu hoch für einen wirtschaftlichen Betrieb von BMHKWs sein • Keine Verbraucherakzeptanz

Abb. 448: SWOT-Analyse biogener Flüssigbrennstoffe zur Stromproduktion

11.4.2 Ziele der Bundesregierung

Die Ziele der Bundesregierung zum Anteil von erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmemarkt wurden im „Nationalen Biomasseaktionsplan für Deutschland“ im Jahr 2009 beschrieben. Vor dem Hintergrund des Unfalls in einem Kernkraftwerk in Fukushima (Japan), wurden durch einen Kabinettsbeschluss vom 6. Juni 2011 die Ziele zum Anteil der erneuerbaren Energien in Deutschland bis 2020 erneuert.

Ziel der Bundesregierung ist es, bis 2020 den Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung auf mindestens 35% und den Anteil der erneuerbaren Energien an der Wärmeerzeugung auf mindestens 14% zu erhöhen.[1340] Die Ziele für den Anteil der erneuerbaren Energien im Strom- und Wärmemarkt sind vorgegeben für alle erneuerbaren Energiequellen, also für Wind- und Wasserkraft, Photovoltaik, Geothermie und Biomasse, zusammen. Teilziele für einzelne Energiequellen (z.B. Biomasse) sind von Seiten der Bundesregierung nicht vorgegeben.

Grundannahmen für die Ableitung des Teilzieles der Strom- und Wärmeendenergiebereitstellung aus Biomasse

Um Aussagen über die Erreichbarkeit der Ziele der Bundesregierung treffen zu können, müssen Teilziele für die Bereitstellung von Strom- und Wärmeenergie aus Biomasse definiert werden. Da von Seiten der Bundesregierung keine Teilziele für Biomasse genannt werden, wurden Teilziele für die Endenergiebereitstellung von Strom- und Wärmeenergie aus Biomasse

[1340] BMEL: Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland, http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BiomasseaktionsplanNational.pdf?__blob=publicationFile, Abruf: 22.06.2012, 2010; BMUB: Erneuerbare Energien – ein neues Zeitalter hat begonnen, http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiekonzept/Energieversorgung/ErneuerbareEnergien-Zeitalter/_node.html, Abruf 30.11.2012.

zur Erstellung der Prognose abgeleitet. Um diese Teilziele berechnen zu können, müssen Grundannahmen zum zukünftigen Anteil von Biomasse am Energiemix und zum zukünftigen Endenergieverbrauch im Strom- und Wärmesektor definiert werden.

Anteil der Strom- und Wärmeenergie aus Biomasse an der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2020

Die hohen Kosten der Stromerzeugung aus Biogas im Vergleich zu den Kosten für Energie aus Photovoltaik und Windenergie führen zu einer überdurchschnittlichen Belastung der EEG-Umlage. Vor dem Hintergrund begrenzter Potentiale und hoher Kosten der Bioenergie gehen zahlreiche Studien davon aus, dass der langfristige Zubau von erneuerbaren Energien von Wind und Photovoltaik getragen werden und nur noch ein begrenzter Zubau der Stromerzeugung aus Biogas sinnvoll ist.[1341]

Für den Anteil der Biomasse am Energiemix im Jahr 2020 wurde im Rahmen des Prognosemodells angenommen, dass sich der Anteil der Endenergiebereitstellung aus Biomasse gegenüber der Endenergiebereitstellung aus allen erneuerbaren Energien bis 2020 nicht ändert. Diese Grundannahme ist nicht identisch mit einer aktuellen Studie.[1342] Diese geht bis 2020 von stärker wachsenden Anteilen der Windenergie und Photovoltaik gegenüber der Energie aus Biomasse am Energiemix aus.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Prognose (Herbst 2012) ist ein starker Ausbau der Windkraft und der Photovoltaik bis 2020 aufgrund politischer und technologischer Schwierigkeiten nicht absehbar. Die Subventionierung der Photovoltaik wird intensiv diskutiert und der Ausbau von Offshore-Windanlagen und deren Eingliederung ins Stromnetz liegt hinter den Erwartungen zurück. Die deutsche „Energiewende“ ist ins Stocken geraten. Daher muss die Bioenergie aktuell und in den kommenden Jahren, im Vergleich zu der in zahlreichen Studien genannten zurückgehenden Bedeutung, mittelfristig einen größeren Anteil an der Strom- und Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien leisten, um die Vorgaben der Bundesregierung zu erfüllen. Außerdem kommt der Energieproduktion aus Biomasse aufgrund der Möglichkeit zur Grundlastsicherung gegenüber der Windkraft und Photovoltaik eine besondere Bedeutung zu. Für die Ableitung der Teilziele wird aus diesem Grund von einer konstanten Bedeutung der Energiebereitstellung aus Biomasse an der Endenergiebereitstellung aus erneuerbaren Energien ausgegangen.

Im Jahr 2011 lag der Anteil der Endenergiebereitstellung von Strom aus allen erneuerbaren Energien am Gesamtendenergieverbrauch von Strom bei 20%. Der Anteil der Endenergiebereitstellung aus Biomasse lag 2011 bei 5,8%. Das Ziel der Bundesregierung zum Anteil von erneuerbaren Energien am Gesamtendenergieverbrauch im Jahr 2020 liegt bei 35%. Dies bedeutet eine jährliche Steigerung bis zum Jahr 2020 um 6,4%. Nimmt man nun die gleiche jährliche Steigerung für den Anteil von Strom aus Biomasse bis zum Jahr 2020 an, so liegt der

[1341] BMUB: Thesenpapier: 2. EEG-Dialog „Potenzial und Rolle von Biogas“ am 4. Februar 2013 im Bundesumweltministerium, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Erneuerbare_Energien/eeg_dialog_2_thesen_bf.pdf, Abruf: 04.02.2013.

[1342] Nitsch, Joachim et al.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Schlussbericht, 29. März 2012.

Anteil der Endenergiebereitstellung von Strom aus Biomasse in Deutschland 2020 bei 10,15%.[1343] Auf Grundlage der beschriebenen Annahme liegt somit der Anteil der Endenergiebereitstellung von Wärme aus Biomasse in Deutschland 2020 bei 12,7% (s. folgende Abb.).[1344]

Herleitung des Anteils der Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland im Jahr 2020

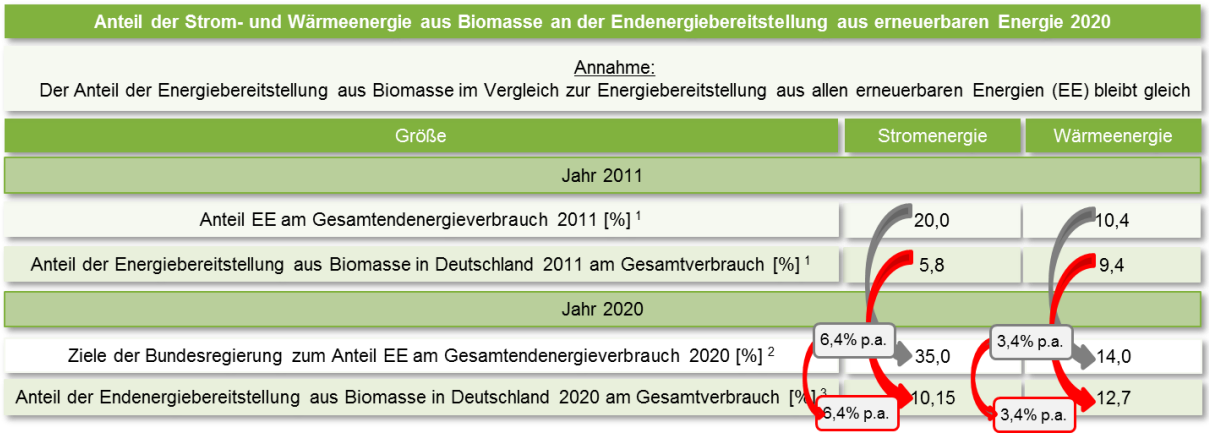


Abb. 449: Herleitung des Anteils der Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland im Jahr 2020[1345]

Endenergieverbrauch im Strom- und Wärmemarkt im Jahr 2020

Um den zukünftigen Endenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2020 abschätzen zu können, müssen Annahmen zur Entwicklung des Strom- und Wärmeendenergieverbrauchs gemacht werden. Für die vorliegenden Prognosen wurde angenommen, dass der Strom- und Wärmeendenergieverbrauch in Deutschland bis 2020 um jährlich 1,35% zurück geht. Durch technologische Verbesserungen, energieeffizientere Technologien und langfristigen Änderungen in der Bausubstanz wird der Energiebedarf im Strom- und Wärmemarkt in Deutschland rückläufig sein. Der Rückgang des Endenergieverbrauchs von 1,35% entspricht der von Seiten des produzierenden Gewerbes in Deutschland mit der Bundesregierung vereinbarten Energieeffizienzziels[1346] und wird als jährliche Effizienzsteigerung für den Endenergieverbrauch in ganz Deutschland angenommen.

[1343] Berechnung: Anteil der Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2020 = (Anteil der Energiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2011 * Ziel der Bundesregierung zum Anteil aller erneuerbaren Energie am Gesamtendenergieverbrauch 2020) / Anteil aller erneuerbaren Energie am Gesamtendenergieverbrauch 2011.

[1344] Berechnungsgrundlagen: Anteil der Endenergiebereitstellung aus Biomasse am Wärmemarkt in Deutschland 2011: 9,4 %, Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtendenergieverbrauch 2011: 10,4 %, Ziel der Bundesregierung zum Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtendenergie-verbrauch 2020: 14,0 %.

[13451] AGEE-Stat 2012 a.a.O.; [2] BMEL 2010 a.a.O., BMUB 2012 a.a.O.; [3] eigene Berechnung.

[1346] Energieintensive Industrien in Deutschland: Stellungnahme zum Entwurf der Bundesregierung zur Fortführung des Energiesteuer-Spitzenausgleichs nach 2012, http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/a07/anhoerungen/2012/105/Stellungnahmen/07-EID.pdf, Abruf: 30.11.2012, 20.09.2012.

Der Endenergieverbrauch von Strom in Deutschland im Jahr 2011 lag bei 606 TWh. Der Endenergieverbrauch an Wärmeenergie lag bei 1.307 TWh.[1347] Unter Berücksichtigung eines jährlichen Rückgangs des Gesamtenergieverbrauchs von 1,35% liegt der Endenergieverbrauch an Stromenergie im Jahr 2020 bei 536 TWh und von Wärmeenergie bei 1.160 TWh (s. folgende Abb.).

Herleitung des Endenergieverbrauchs im Strom- und Wärmemarkt im Jahr 2020

Endenergieverbrauch im Strom- und Wärmemarkt 2020		
Annahme: Der Endenergieverbrauch an Strom- und Wärmeenergie in Deutschland geht jährlich um 1,35 % zurück		
Größe	Stromenergie	Wärmeenergie
Jahr 2011		
Endenergieverbrauch in Deutschland 2011 [TWh] [1]	609,7	1.330,7
Jährlicher Rückgang des Endenergieverbrauchs bis 2020 [%] [2]	1,35	1,35
Jahr 2020		
Hochrechnung Endenergieverbrauch in Deutschland 2020 [TWh] [3]	539,5	1.177,5

Abb. 450: Herleitung des Endenergieverbrauchs im Strom- und Wärmemarkt im Jahr 2020[1348]

Berechnung der Strom- und Wärmeendenergiebereitstellung aus Biomasse im Jahr 2020

Aus diesen Berechnungen werden die Teilziele bzw. die zur Erreichung der Ziele der Bundesregierung notwendige Endenergiebereitstellung für den Strom- und Wärmemarkt aus Biomasse berechnet.[1349] Die zur Erreichung der Ziele der Bundesregierung notwendige Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2020 liegt bei 54,7 TWh Stromenergie und 147,5 TWh Wärmeenergie (s. folgende Abb.).

[1347] AGEE-Stat 2012 a.a.O.

[13481] AGEE-Stat 2012 a.a.O.; [2] eigene Annahme auf Grundlage Energieintensive Industrie in Deutschland 2012 a.a.O.; [3] eigene Berechnung.

[1349] Berechnung: (Endenergieverbrauch in Deutschland 2020 * Anteil der Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2020 am Gesamtverbrauch) / 100.

Herleitung der Ziele der Bundesregierung für die energetischen Märkte Strom- und Wärme zum Jahr 2020

Berechnung der Ziele der Bundesregierung zur Energiebereitstellung durch Biomasse in Deutschland in 2020

Annahmen zur Berechnung der Teilziele der Bundesregierung:
- Der Endenergieverbrauch an Strom- und Wärmeenergie in Deutschland geht jährlich um 1,35 % zurück
- Der Anteil der Energiebereitstellung aus Biomasse im Vergleich zur Energiebereitstellung aus allen Erneuerbaren Energien (EE) bleibt gleich

Größe	Stromenergie	Wärmeenergie
Endenergieverbrauch in Deutschland 2011 [TWh] [1]	606	1.307
Anteil EE am Gesamtendenergieverbrauch 2011 [%]	20,0	10,4
Höhe des Gesamtendenergieverbrauchaus Erneuerbaren Energien 2011 [TWh] [2]	123,2	143,5
Anteil der Energiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2011 am Gesamtverbrauch [%] [3]	5,8	9,4
Energiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2011 [TWh] [3]	35,2	130,2
Hochrechnung: Endenergieverbrauch in Deutschland 2020 [TWh] [4]	536	1.100
Ziele der Bundesregierung zum Anteil EE am Gesamtendenergieverbrauch 2020 [%] [5]	35,0	14,0
Anteil der Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2020 am Gesamtverbrauch [%] [4]	10,2	12,7
Zur Erreichung der Ziele der Bundesregierung notwendige Endenergiebereitstellung aus Biomasse in Deutschland 2020 [TWh%] [4]	54,7	147,5

Abb. 451: Herleitung der Ziele der Bundesregierung für den Strom- und Wärmemarkt 2020[1350]

11.4.3 Grundannahmen für den Strommarkt

Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung

Für die Produktion von Strom aus Biomasse ist die Förderung durch das EEG der wichtigste Treiber der Marktentwicklung. Ohne das EEG hätte es die aufgezeigte Entwicklung in den vergangenen Jahren nicht gegeben. Auch bis zum Jahr 2020 ist das EEG der entscheidende Treiber. Die Relation zwischen der Höhe der Förderung durch das EEG und der Preisentwicklung der eingesetzten Rohstoffe bestimmen die Marktentwicklung. Außerdem haben die Agrarrohstoff- und Holzpreise einen großen Einfluss auf die Stromproduktion. Hohe Agrarrohstoffpreise beschränken die Entwicklung im Marktsegment Biogas. Hohe Holzpreise haben die gleiche Wirkung für die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen. Zukünftig wird außerdem die gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Biomassenutzung eine große Rolle bei der Verbraucherakzeptanz des produzierten Strom und der Ausgestaltung der politischen Rahmenbedingungen haben.

Weitere identifizierte Treiber der Marktentwicklung sind der technologische Fortschritt im Bereich der Anlagentechnologie und im Bereich der züchterischen Verbesserung von Nutzpflanzen, das positive Image von „grünen“ Energieträgern sowie die stärkere Nutzung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten. Beschränkungen für die Marktentwicklung bis 2020 sind die aufgezeigte Nutzungskonkurrenz (Lebensmittel, stoffliche Nutzung), die Biomasseverordnung, der gesellschaftliche Trend zu Selbstwerbung und Holznutzung im Hausbrand, stark schwankende Preise für fossile Energieträger und die zukünftige EU-Agrarregularien (ökologische Vorrangflächen). Die Einführung von verbindlichen Nachhaltigkeitskriterien für die energetische Nutzung von biogenen Festbrennstoffen würde kurzfristig ebenfalls zu einer Beschränkung der Marktentwicklung führen. Langfristig führt die Etablierung dieser Kriterien zu einer höheren Akzeptanz in der Bevölkerung (s. folgende Abb.).

[1350] (1) AGEE-Stat 2012 a.a.O., (2) AGEE-Stat 2012 a.a.O., (3) AGEE-Stat 2012 a.a.O. inkl. des biogenen Anteil des Abfalls, (4) eigene Berechnung auf Basis der beschriebenen Annahmen, (5) BMEL 2010 a.a.O., BMUB 2012 a.a.O.

Regularien und die Preisdifferenz zwischen biogenen und fossilen Energieträgern sind ein wesentlicher Treiber für die Marktentwicklung bis 2020

Treiber der Marktentwicklung	Beschränkungen der Marktentwicklung
• Förderung durch das EEG • Niedrige Agrarrohstoff- und Holzpreise (unabhängig von der Preisentwicklung für fossile Energieträger • Technologischer Fortschritt • Positives Image „grüner" Energieträger • Stärkere Nutzung landwirtschaftlicher Nebenprodukte	• Hohe Agrarrohstoffpreise (Biogas, biogene Flüssigbrennstoffe) • Hohe Holzpreise (biogene Festbrennstoffe) • Gesellschaftliche Akzeptanz, Forderung Naturschutz (Nutzungsverzicht Wald, „Vermaisung") • Nutzungskonkurrenz (stoffliche Nutzung, Lebensmittelproduktion) • Kurzfristig: Verbindliche Nachhaltigkeitskriterien aus Basis der flächenbezogenen Kriterien der RED (biogene Flüssigbrennstoffe, Holz) • Biomasseverordnung • Gesellschaftlicher „Trend" zur Holznutzung, Selbstwerbung • Stark schwankende Preise für fossile Energieträger • Zukünftige EU-Agrarregularien; ökologische Vorrangflächen

Abb. 452: Treiber und Beschränkungen für die zukünftige Entwicklung im Strommarkt

Biogas

Die Entwicklung des Biogasmarktes wird von folgenden Faktoren beeinflusst (s. folgende Abb.):

1) Rohstoffpreise: Agrarrohstoffe werden weltweit gehandelt. Daher sind die Weltmarktpreise für Agrarrohstoffe auch für Deutschland relevant. Im Jahr 2011 waren diese im Vergleich zur langfristigen Entwicklung der vergangenen 20 Jahre sehr hoch.

2) Verfügbarkeit: Die Verfügbarkeit von Agrarrohstoffen hängt von der zur Verfügung stehenden Anbaufläche und der Nutzungskonkurrenz zu alternativen Nutzungsoptionen (steigender weltweiter Bedarf an Lebensmitteln) ab.

3) Technologie: Biogasanlagen sind technisch noch nicht ausgereizt. Es gibt noch Potential bei der Steigerung der Effizienz, der Erweiterung der Einsatzstoffe und der Ressourceneffizienz der Anlagen. Auf Seiten der Stromverbraucher spielen die Weiterentwicklung der KWK-Technologie und der Einsatz von Mikro-BHKWs in Wohngebäuden eine Rolle.

4) Entwicklung alternativer Nutzungsoptionen: Alternativ können Biogasanlagen Biogas zu Biomethan aufbereiten und ins Erdgasnetz einspeisen. Treiber für diese Nutzungsoption ist der Einsatz im mobilen Bereich, der Ausbau eines Tankstellennetzes für Erdgasfahrzeuge und die Nutzung von Biomethan in Gaskraftwerken.

5) Produktionskosten: Die Aufbereitungskosten für Biomethan sind um den Faktor zwei bis vier höher als die Bereitstellungkosten für Erdgas. Die Kostendifferenz zwischen der Bereitstellung von Erdgas und Biomethan ist ein wichtiger Treiber, der den Einsatz von Biomethan zur Strom- und Wärmeproduktion beschränkt.

6) Biomasseverordnung: Die Biomasseverordnung regelt die Einteilung der Rohstoffe in unterschiedliche Einsatzstoffklassen. Die Einteilung in die Einsatzstoffklassen ist wesentlich für die Vergütung durch das EEG.

7) EEG: Das EEG ist der wichtigste Treiber der Marktentwicklung. Die Dauer der Förderung, die Höhe der Einspeisevergütung, der Anteil von Maissilage am Substratmix, der Gülleanteil, die Einteilung der Anlagen in Größenklassen und Regelungen zur Effizienz der Anlagen sind wichtige Dimensionen des EEGs.

8) Gesellschaftliche Akzeptanz: Die gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende und die Akzeptanz der energetischen Nutzung von Biomasse hat eine zunehmend größere Bedeutung für die Nutzung von Biomasse und für die Ausgestaltung der von der Politik formulierten Regularien.

Abb. 453: Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung im Marktsegment Biogas

Die Einflussfaktoren Rohstoffpreise, Verfügbarkeit, Technologie, Entwicklung alternativer Nutzungsoptionen und Produktionskosten werden im Cluster „Markt und Preise“ zusammengefasst. Im Cluster „Regularien“ sind es die Einflussfaktoren Biomasseverordnung, EEG und gesellschaftliche Akzeptanz. Die Kombination von je einer positiven und einer negativen Marktentwicklung im jeweiligen Cluster ergibt vier Szenarien, die mögliche Marktentwicklungen in der Zukunft beschreiben (s. folgende Abb.).

Es ergeben sich vier Marktszenarien aus der Kombination einer positiven und negativen Entwicklung für die zwei Cluster

		Markt u. Preise	
		Positiv – Hohe Substratverfügbarkeit u. niedrige Agrarrohstoffpreise	**Negativ** – Hohe Agrarrohstoffpreise
Regu-larien	**Positiv** – Starke Förderung Biogas über EEG	Szenario A: Erfolgsgeschichte Strom aus Biogas	Szenario B: Starke Nutzungskonkurrenz, Rohstoffpreise bremsen Förderung aus
	Negativ – Zurückgehende Förderung durch gesellschaftlichen Druck	Szenario C: Regularien bremsen das Marktwachstum	Szenario D: Biogasmarkt stagniert

Abb. 454: Ableitung der vier Szenarien für die Marktentwicklung im Marktsegment Biogas

Biogene Festbrennstoffe

Folgende Einflussfaktoren auf die zukünftige Marktentwicklung wurden im Marktsegment Biogas identifiziert (s. folgende Abb.):

1) Produktionskosten: Die Produktionskosten für biogene Festbrennstoffe ist sind in der Regel höher als bei fossilen Energieträgern. Der Preisunterschied zwischen fossilen und biogenen Energieträgern ist relevant.

2) Nachhaltigkeitsverordnung: Bisher gibt es für feste Biomasse keine verpflichtenden Nachhaltigkeitskriterien. Die Ausweitung der im Bereich der biogenen Flüssigbrennstoffe definierten Nachhaltigkeitskriterien auf biogene Festbrennstoffe hätte einen großen Einfluss auf die Marktentwicklung.

3) Politisches Ziel Flächenstilllegung: Die Bundesregierung hat zugesagt, 5% der Waldfläche in Deutschland aus Gründen des Naturschutzes aus der Nutzung zu nehmen. Bisher wurde dieses Ziel noch nicht umgesetzt.

4) Steuersatz auf Energieholzprodukte: Der Steuersatz auf Energieholzprodukte ist niedriger als auf stofflich genutztes Holz, obwohl das Holz ggf. die gleiche Herkunft und Eigenschaften hat.

5) Technologie: Die technologische Weiterentwicklung der Verbrennungstechnologie und die damit verbundenen Effizienzsteigerungen führen zu einer höheren Energieausbeute bei gleichbleibenden Ressourceneinsatz. Die Torrefizierung kann die Transportwürdigkeit von Energieholzprodukten erhöhen.

Für das Marktsegment biogenen Festbrennstoffe wurden zehn Einflussfaktoren identifiziert

Fragestellung: Wie entwickelt sich der Markt für biogene Festbrennstoffe in Deutschland bis zum Jahr 2020?

Dimension	Einflussfaktoren	Unter-Dimensionen
Markt & Preise	Rohstoffpreise	→ Weltmarktpreise Agrarrohstoffe, Holzpreise
	Verfügbarkeit	→ Kapazitätsgrenzen Anbau, Nutzungskonkurrenz → Weltweites Bevölkerungswachstum, Veränderung Ernährungsgewohnheiten
	Technologie	→ Entwicklung Energiewende; Ressourceneffizienz Anlagen, Rohholz für Biokraftstoffe u. stoffliche Nutzung Chemieindustrie, Torrefizierung/Biokohle
	Produktionskosten	→ Preisunterschied Energie aus fossilen Energieträgern vs. biogene Festbrennstoffe
Regularien	Gesellschaft	→ Gesellschaft. Akzeptanz Biomassenutzung beeinflusst Regularien, Akzeptanz Energiewende
	Biomasseverordnung	→ Klassifizierung Einsatzstoffe
	EEG	→ Dauer d. Förderung, Einspeisevergütung, Größe der Anlagen, Effizienz d. Anlagen
	Nachhaltigkeitsverordnung	→ Ausweitung verpflichtender Nachhaltigkeitskriterien
	Politisches Ziel Flächenstilllegung	→ Größe Waldfläche, die aus der Nutzung genommen werden soll
	Steuersatz auf Energieholzprodukte	→ Höhe des Steuersatzes für Energieholzprodukte

Abb. 455: Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Festbrennstoffe

Im Cluster „Markt und Preise“ wurden die Einflussfaktoren Rohstoffpreise, Verfügbarkeit, Technologie und Produktionskosten erfasst. Das Cluster „Regularien“ bündelt die Einflussfaktoren gesellschaftliche Akzeptanz, Biomasseverordnung, EEG, Nachhaltigkeitsverordnung, das politische Ziel der Flächenstilllegung und den Steuersatz auf Energieholzprodukte. Durch Kombination einer positiven und einer negativen Entwicklung in den beiden Clustern wurden insgesamt vier Szenarien gebildet (s. folgende Abb.).

Es ergeben sich vier Marktszenarien aus der Kombination einer positiven und negativen Entwicklung für die zwei Dimensionen

		Markt u. Preise	
		Positiv – Niedrige Holzpreise, geringe stoffliche Nutzungskonkurrenz	**Negativ –** Hohe Holzpreise, hohe Nutzungskonkurrenz
Regu-larien	**Positiv –** Starke Förderung Energieholz-nutzung	Szenario A: Intensive energetische Holznutzung	Szenario B: Starke Nutzungskonkurrenz
	Negativ – Zurückgehende Förderung durch gesellschaftlichen Druck	Szenario C: Regularien bremsen das Marktwachstum	Szenario D: Rückläufige Marktentwicklung

Abb. 456: Ableitung der vier Szenarien für die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Festbrennstoffe

Biogene Flüssigbrennstoffe

Im Vergleich zum Marktsegment biogene Festbrennstoffe wurden im Markt für biogene Flüssigbrennstoffe bereits verpflichtende Nachhaltigkeitskriterien eingeführt. Außerdem ist die gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Nutzung in diesem Marktsegment sehr viel geringer als bei Biogas und biogenen Festbrennstoffen. Für die Entwicklung der Szenarien und Prognose in diesem Marktsegment wird angenommen, dass die Entscheidung, die Stromproduktion durch biogene Flüssigbrennstoffe von der Förderung durch das EEG 2012 auszuschließen, nicht zurückgenommen wird (s. folgende Abb.).

Abb. 457: Einflussfaktoren auf die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Flüssigbrennstoffe

Die Einflussfaktoren Rohstoffpreise, Verfügbarkeit, Technologie und Produktionskosten wurden zum Cluster „Markt und Preise“ zusammengefasst. Nachhaltigkeitszertifizierung, EEG und die gesellschaftliche Akzeptanz wurden zum Cluster „Regularien“ gebündelt. Durch Kombination je einer positiven und negativen Entwicklung im Cluster ergeben sich insgesamt vier Szenarien für die zukünftige Marktentwicklung (s. folgende Abb.).

Es ergeben sich vier Marktszenarien aus der Kombination einer positiven und negativen Entwicklung für die zwei Cluster

		Markt u. Preise	
		Positiv - niedrige Rohstoffpreise	**Negativ –** starke Nutzungskonkurrenz, hohe Preise
Regu-larien	**Positiv –** Starke Förderung	Szenario A: Tank oder Steckdose	Szenario B: Strom aus Pflanzenöl zu teuer
	Negativ – zurückgehende Förderung	Szenario C: Stationärer Einsatz nicht gewünscht	Szenario D: Dornröschenschlaf

Abb. 458: Ableitung der vier Szenarien für die Marktentwicklung im Marktsegment biogene Flüssigbrennstoffe

Grundannahmen für die Szenarienentwicklung

Flächenpotential

Die in Deutschland der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung zur Verfügung stehende Fläche ist begrenzt. Die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland ist seit Jahren rückläufig. Aufgrund des Vorrangs der Nahrungsmittelerzeugung ist das Flächenpotential für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland limitiert.

Im Markt für Biogasanlagen ist die für die Substratproduktion zur Verfügung stehende Fläche in Deutschland der limitierende Faktor. Biogasanlagenbetreiber sind darauf angewiesen, ihre Substrate in der Nähe der jeweiligen Anlagen zu produzieren, um diese wirtschaftlich zu betreiben. Substratimporte aus großer Entfernung sind nicht wirtschaftlich. Außenhandel mit Substraten findet nur in grenznahen Biogasanlagen statt. Daher ist die Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland limitiert durch die für den Substratanbau zur Verfügung stehenden Fläche.

Das Flächenpotential für Bioenergie in Deutschland wird unterschiedlich bewertet. Dabei ergeben die einzelnen Studien zum Flächenpotential für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland Unterschiede von über 100%. Hintergrund dieser Abweichungen sind unterschiedliche Annahme zu Ertragssteigerungen, Nahrungsmittelverbrauch, Flächenverfügbarkeit, Nutzung alternativer Rohstoffe, Regularien, etc. Die Agentur für Erneuerbare Energien geht in ihrer Berechnung von einem Potential von 3,7 Mio. ha aus.[1351] Eine andere Studie sieht das Flä-

[1351] Agentur für erneuerbare Energien: Potenzial der Bioenergie, http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/105/potenziale-der-bioenergie.html, Abruf: 03.12.2012.

chenpotential in Deutschland aktuell bei 4 Mio. ha.[1352] Weitere Flächenpotentialabschätzungen unterschiedlicher Studien liegen alle im Bereich von 2 - 4,5 Mio. ha in Deutschland.[1353] Im Rahmen dieser Studie sind wir für das Jahr 2020 von einem Flächenpotential für nachwachsende Rohstoffe in Deutschland von maximal 4 Mio. ha ausgegangen.

Das Holzaufkommen in Deutschland und weltweit ist ebenfalls begrenzt. Im Rahmen dieser Studie gehen wir davon aus, dass die Grenze der nachhaltigen Nutzung des Rohstoffes Holz im Jahr 2011 fast erreicht ist. Das Holzaufkommen 2011 liegt bei 131,4 Mio. m^3. Vorhandene Potential zur Steigerung des Holzaufkommens bis 2020 und die diesen Potentialen entgegenstehenden Restriktionen werden ausführlich im Abschnitt „Rohstoff Holz“ beschrieben. Für das Jahr 2020 wird von einem maximalen Holzaufkommen in Deutschland von insgesamt 140 Mio. m^3 ausgegangen.

Biomethanproduktion

In Biogasanlagen kann alternativ zur Strom- und Wärmeproduktion das produzierte Biogas zu Biomethan aufbereitet werden. Dieses Biomethan kann in das Erdgasnetz eingespeist werden. Das eingespeiste Biomethan kann aus dem Erdgasnetz entnommen werden und einerseits im mobilen Bereich als Kraftstoff und andererseits zur Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt werden. Besonders effektiv ist der Einsatz von Biomethan in KWK-Anlagen zur gleichzeitigen Produktion von Strom- und Wärmeenergie. Die Vorteile der Biomethanproduktion sind, dass das dezentral hergestellte Biomethan einfach und ohne große Verluste an einen Ort transportiert werden kann, wo es möglichst effizient eingesetzt wird. Dieser hohe Grad an Effizienz ist bei der dezentralen Strom- und Wärmeproduktion in Biogasanlagen mit geringer Wärmenutzung häufig nicht gegeben. Im Rahmen dieser Studie wird angenommen, dass das produzierte Biomethan im Jahr 2020 zu 5% im mobilen Bereich eingesetzt wird. Die übrigen 95% Biomethan werden ausschließlich in KWK-Anlagen genutzt. Dabei wird 35% der Energie in Strom umgewandelt, 55% in Wärme und 10% der Energie gehen durch Umwandlungsverluste verloren.[1354]

11.4.4 Szenarien und Real Case

Biogas

Die Einflussfaktoren wurden in die Cluster „Regularien“ und „Markt und Preise“ unterteilt. Im Szenario „Erfolgsgeschichte Strom aus Biogas“ werden in Deutschland 2020 auf ca. 4 Mio. ha Substrate für Biogasanlagen angebaut. Dies entspricht der in Deutschland für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen potentiell zur Verfügung stehenden Fläche. Die Stromproduktion

[1352] Zeddies, Jürgen et al. 2012: Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächenpotentials, aktualisierte Ausgabe August 2012, Hohenheim 2012.

[1353] Carus, Michael et al.: Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland (Kurzfassung), http://www.esf.de/portal/generator/14120/property=data/entwicklung__foerderinstrumente__nova.pdf, Abruf: 03.12.2012, Mai 2010; Jering, Almut et al.: Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen, Hrsg.: Umweltbundesamt, http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4321.pdf, Abruf: 03.12.2012, Oktober 2012.

[1354] Meo Carbon Solutions, interner Bericht.

wird auf 62,7 TWh gesteigert. Außerdem werden 1,5 Mrd. m^3 Biomethan ins Erdgasnetz eingespeist. Hauptsubstrat für die Stromproduktion ist Maissilage, welches auf ca. 2,6 Mio. ha produziert wird (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogas (1/4)
Szenario A: Erfolgsgeschichte Strom aus Biogas

Szenario A	Biogas
Definition	Markt und Preise: **Positiv** – Hohe Substratverfügbarkeit und niedrige Agrarrohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Positiv** – Starke Förderung Biogas über EEG
Essenz	Biogas eine wichtige Säule der Energiewende (Marktwachstum: +18%, Technologiesteigerung: +1,5%; Minderung Maisanteil am Substratmix: 0%)
Qualitative Beschreibung	**Erfolgsgeschichte Strom aus Biogas** Vor wenigen Jahren hätte man es kaum für möglich, dass die Energiewende gelingen könnte. Doch heute, im Jahr 2020 ist der Ausstieg aus der Atomenergie geschafft und die Produktion von Energie aus Biogas ist eine der tragenden Säulen dieser Entwicklung. Aufgrund der Tatsache, das die Stromproduktion aus Biogas speicherbar ist und bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden kann, macht sie zu einer idealen Ergänzung der unregelmäßigen Stromproduktion aus Wind- und Sonnenenergie. Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung war das im Jahr 2013 erneuerte EEG, welches in seinen Grundzügen erhalten geblieben ist und zu einem jährlichen Wachstum von 18% geführt hat. Die Höhe der Grundvergütung im EEG wurde in den Jahren bis 2020 regelmäßig der Preisentwicklung für Agrarrohstoffe angepasst, so dass die energetische Nutzung der Biomasse gegenüber dem Einsatz der Substrate als Lebensmittel wirtschaftlich attraktiv war. Als wichtiger Bestandteil der Energiewende genoß die Biogasproduktion einen sehr hohen Stellenwert in der Bevölkerung. Dazu beigetragen haben die weltweiten Produktions- und effizienzsteigerungen in der Agrarwirtschaft, die die Anfang des Jahrhunderts sehr intensiv geführte Diskussion zum Thema „Teller vs. Tank“ um die energetische Nutzung von Lebensmitteln in den Hintergrund gestellt hat. Die Förderung von Kleinanlagen auf Güllebasis über das EEG und die damit verbundenen ökologischen Vorteile führten zu einer weiteren Akzeptanz der Biogasproduktion. Das Repowering von Anlagen hat zu einer großen Produktivitätssteigerung bestehender Anlagen geführt. Maissilage ist aufgrund seiner Flächeneffizienz weiterhin das wichtigste Biogassubstrat. Der Einsatz in Biogasanlagen wird aufgrund der hohen Energiedichte nicht weiter eingeschränkt. In Deutschland wird Mais mittlerweile zur Energieproduktion auf fast 2,6 Mio. ha angebaut. Insgesamt liegt die Anbaufläche für Pflanzensubstrate 2020 bei ca. 4 Mio. ha, was in etwa der potentiell für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung stehenden Fläche entspricht. Dabei kommt den Betreibern von Biogasanlagen zu Gute, dass nach Einführung der iLUC-Faktoren für die Biokraftstoffproduktion der Rapsanbau stark zurück ging und die Flächen zur Produktion von Biogassubstraten genutzt werden konnten. Neben der Strom- und Wärmeproduktion hat sich im Vergleich zu 2011 auch die Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz versechsfacht. Die Jahresproduktion liegt bei ca. 1,5 Mrd. m^3 Biomethan und damit deutlich unter dem von der Bundesregierung anvisierten Ziel von 6 Mrd. m^3. Zur Nachfragesteigerung hat einerseits der steigende Absatz von CNG-Gasfahrzeugen in Deutschland und einer damit verbundenen Absatzsteigerung im mobilen Bereich beigetragen. Andererseits konnten durch technischen Fortschritt die Produktionskosten für Biomethan gesenkt werden, so dass sich die Preise den Kosten für Erdgas deutlich angenähert haben und die Preisdifferenz signifikant verkleinert wurde. Eine steigende Zahl von Verbrauchern bezieht über die regionalen Gasversorger Biomethan zur Wärmeproduktion im eigenen Haushalt, so dass dieser Vermarktungsweg nach und nach weiter an Bedeutung gewinnt. Außerdem hat die von der Bundesregierung festgeschriebene Beimischung von Biomethan bei der Stromproduktion in Gaskraftwerken zu einer signifikanten Absatzsteigerung geführt. Kleinturbinen zur dezentralen Energieversorgung in Haushalten haben sich mittlerweile ebenfalls am Markt etabliert und werden langfristig für einen weiter steigenden Absatz an Erdgas bzw. Biomethan sorgen.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 17,5 Mio. MWh 2020: 62,7 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 17,0 Mio. MWh 2020: 60,8 Mio. MWh Biomethaneinspeisung: 2011: 0,275 Mrd. m^3 2020: 1,5 Mrd. m3 Strom aus Biomethan: 2020: 5,25 Mio. MWh Wärme aus Biomethan: 2020: 8,25 Mio. MWh Flächenverbrauch: 2011: 1,02 Mio. ha 2020: 3,96 Mio. ha

Abb. 459: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario A

Im zweiten Szenario liegt das Marktwachstum bei ca. 8% p.a. Die Förderung durch das EEG ist weiterhin ein starker Treiber für die Marktentwicklung, allerdings beschränken hohe Agrarrohstoffpreise ein stärkeres Wachstum. Die Stromproduktion liegt bei 25 TWh. Der Flächenverbrauch für den Anbau der Substrate steigt auf insgesamt 1,74 Mio. ha. Dabei ist Maissilage das bedeutendste Substrat (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogas (2/4)
Szenario B: Starke Nutzungskonkurrenz, Rohstoffpreise bremsen....

Szenario B	Biogas
Definition	Markt und Preise: **Negativ** – Hohe Agrarrohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Positiv** – Starke Förderung Biogas über EEG
Essenz	Förderung durch das EEG wird durch hohe Agrarpreise ausgebremst. Trotzdem deutliches jährliches Wachstum der Biogasproduktion. (Marktwachstum: +8%, Technologiesteigerung: +1,5%; Minderung Maisanteil am Substratmix: +10%)
Qualitative Beschreibung	**Starke Nutzungskonkurrenz, Rohstoffpreise bremsen Förderung aus** Das Wachstum bei Biogasanlagen ist auch in den vergangen Jahren ungebrochen. Die sehr hohen Wachstumsraten in den Jahren 2009/10 konnten nicht mehr erreicht werden, doch seit 2012 wurde ein jährliches Wachstum von 8 % erzielt. Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung ist weiterhin das EEG, welches zuletzt 2013 novelliert wurde. Die damals eingeführte, jährliche Anpassung der Grundvergütung haben zu einem konstanten Wachstum des Marktes geführt. Durch den Zusammenbruch der Rapsanbaufläche im Zuge der Einführung des iLUC Faktors im Biokraftstoffmarkt wurden zahlreiche Flächen „frei", die nun für die Produktion von Biogassubstraten genutzt werden. Allerdings herrscht weiterhin eine starke Nutzungskonkurrenz hinsichtlich der für den Substratanbau benötigten Flächen. Steigende Agrarpreise haben dazu geführt, dass die Lebensmittelproduktion wirtschaftlich sehr attraktiv ist. Viele Landwirte scheuen daher die hohen Investitionskosten in eine Biogasanlagen und vermarkten ihre pflanzliche Produktion weiterhin als Lebensmittel. Substrate für Biogasanlagen werden deutschlandweit auf ca. 1,7 Mio. ha angebaut. Wichtigstes Substrat ist seit Jahren Maissilage, obwohl bereits 2013 der „Maisdeckel" weiter erhöht wurde und die Anteil seit dem um ca. 10 % am gesamten Substratmix abnahm. Die gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Biomassenutzung ist in den vergangenen Jahren wieder gewachsen. Große Teile der Bevölkerung sind der Überzeugung, dass das Ziel der Energiewende in Deutschland nur durch eine intensive energetische Biomassenutzung erreicht werden kann. Daher unterstützen sie den stattfindenden Ausbau der Biogasproduktion. Die Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz liegt im Jahr 2020 bei 1 Mrd. m^3. Damit wurde das Ziel der Bundesregierung deutlich verfehlt. Biomethan wird im mobilen Bereich in CNG-Gasfahrzeuge eingesetzt (ca. 5% der gesamten Produktion). Der Großteil der produzierten Menge wird in effizienten KWK-Anlagen zur gleichzeitigen Strom- und Wärmeproduktion eingesetzt.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 17,5 Mio. MWh 2020: 25,0 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 17,0 Mio. MWh 2020: 24,3 Mio. MWh Biomethaneinspeisung: 2011: 0,275 Mrd. m^3 2020: 1,0 Mrd. m3 Strom aus Biomethan: 2020: 3,25 Mio. MWh Wärme aus Biomethan: 2020: 5,5 Mio. MWh Flächenverbrauch: 2011: 1,02 Mio. ha 2020: 1,74 Mio. ha

Abb. 460: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario B

„Regularien bremsen das Marktwachstum" beschreibt ein Szenario, in dem das Wachstum der Stromproduktion durch Biogas von Veränderungen des EEGs beschränkt wird. Die gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Biomassenutzung ist gering. Als Folge werden die durch das EEG gesetzten Anreize für Investitionen in Neuanlagen gekürzt, was den Neubau von Anlagen stark einschränkt. Das Marktwachstum von 6% p.a. wird hauptsächlich durch das Repowering von Anlagen erreicht. Die Stromproduktion liegt bei 23,6 TWh. Der Flächenverbrauch für den Anbau von Substraten beträgt ca. 1,5 Mio. ha (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogas (3/4)
Szenario C: Regularien bremsen das Marktwachstum

Szenario C	Biogas
Definition	Markt und Preise: **Positiv** – Hohe Substratverfügbarkeit und niedrige Agrarrohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Negativ** – Zurückgehende Förderung durch gesellschaftlichen Druck
Essenz	Zurückgehende Förderung durch das EEG bremst das Marktwachstum aus (Marktwachstum: +6%, Technologiesteigerung: +1%; Minderung Maisanteil am Substratmix: +20%)
Qualitative Beschreibung	**Regularien bremsen das Marktwachstum** In den vergangenen neun Jahren wurden die Schlagzeilen in der Landwirtschaft bestimmt von einer dauerhaften Diskussion um die energetische Nutzung von Lebensmitteln in Biogasanlagen. Als Folge der anhaltenden Diskussion sank die gesellschaftliche Akzeptanz der Förderung der energetischen Biomassenutzung deutlich. Trotzdem leistet die Stromproduktion aus Biogas weiterhin einen wichtigen Beitrag zum Gelingen der Energiewende. Biogasanlagen produzieren bedarfsgerecht Strom, was eine wichtige Ergänzung zur schwankenden Stromproduktion aus Wind- und Sonnenkraft ist. Neubauprojekte von Biogasanlagen wurden seit 2014 kaum noch ausgeführt, was einerseits an lokalen Protesten von Anwohnern und andererseits an wesentlichen Änderungen des EEG bei der Novellierung 2013 liegt. Die festgeschriebenen Förderdauer wurde auf max. 15 Jahren gekürzt und für Altanlagen wurde eine höhere Degression eingeführt. Diese Änderungen führten dazu, dass viele Landwirte von weiteren Investitionen in neue Biogasanlagen Abstand genommen haben. Trotzdem kam es zu einem Ausbau der Stromproduktion von Biogasanlagen, was auf die Effizienzsteigerung von Altanlagen bzw. dem Repowering bestehender Anlagen zurückzuführen ist. Niedrige Agrarrohstoffpreise sorgen dafür, dass der Einsatz von Nutzpflanzen in Biogasanlagen wirtschaftlich attraktiv ist. Auch die vorgeschriebene Minderung des Maissilageeinsatzes in Biogasanlagen (als eine Folge des gesellschaftlichen Drucks) und die damit verbundene geringere Flächeneffizienz haben die Wirtschaftlichkeit der Biogasproduktion für Anlagenbetreiber nicht wesentlich verschlechtert. Im Jahr 2020 werden in Deutschland auf ca. 1,5 Mio. ha Biogassubstrate angebaut. Die Produktion von Biomethan ist in den vergangenen Jahren gestiegen, allerdings wurden die ambitionierten Ziele der Bundesregierung deutlich verfehlt. Die Biomethaneinspeisung ins Erdgasnetz lag bei 0,6 Mrd. m^3. Treiber für den Verbrauch von Biomethan ist einerseits der Einsatz im mobilen Bereich (CNG-Fahrzeuge) und andererseits die Nutzung von Biomethan in KWK-Anlagen wie beispielsweise Kleinturbinen zur dezentralen Energieversorgung in Haushalten oder großen Gaskraftwerken, die den Wünschen ihrer Strom- und Wärmekunden entsprechend Biomethan beimischen.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 17,5 Mio. MWh 2020: 23,6 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 17,0 Mio. MWh 2020: 22,9 Mio. MWh Biomethaneinspeisung: 2011: 0,275 Mrd. m^3 2020:0,6 Mrd. m3 Strom aus Biomethan: 2020: 2,1 Mio. MWh Wärme aus Biomethan: 2020: 3,3 Mio. MWh Flächenverbrauch: 2011: 1,02 Mio. ha 2020: 1,49 Mio. ha

Abb. 461: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario C

Im vierten Szenario stagniert die Stromproduktion aus Biogas aufgrund hoher Agrarrohstoffpreise und einer geringeren Förderung der Biogasproduktion durch das EEG. Investitionen in Biogasanlagen finden kaum noch statt. Außerdem wird der Einsatz von Maissilage als Biogassubstrat deutlich gemindert. Es werden 17,8 TWh Strom produziert. Die Fläche für den Substratanbau beträgt 1,13 Mio. ha (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogas (4/4)
Szenario D: Biogasmarkt stagniert

Szenario D	Biogas		
Definition	Markt und Preise: **Negativ** – Hohe Agrarrohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Negativ** – Zurückgehende Förderung durch gesellschaftlichen Druck		
Essenz	Zurückgehende Förderung und hohe Agrarrohstoffpreise lassen die Biogasproduktion fast stagnieren (Marktwachstum: +3%, Technologiesteigerung: +1%; Minderung Maisanteil am Substratmix: +30%)		
Qualitative Beschreibung	**Biogasmarkt stagniert** Eigentlich kann die Bundesregierung bei der Energiewende nicht auf Biogas verzichten. Biogasanlagen können Stromenergie bedarfsgerecht bereitstellen und sind somit die ideale Ergänzung zu den schwankenden Strommengen, die durch Wind- und Sonnenenergie produziert ins Netz eingespeist werden. Allerdings hat die Regierung mit der auf öffentlichen Druck hin novellierten Version des EEG dafür gesorgt, das für Landwirte Investitionen in neue Anlagen zunehmend unattraktiv wurden. Die Förderdauer wurde auf maximal 15 Jahr verkürzt. Außerdem wurde die Grundvergütung gemindert, so dass sich kaum noch Landwirte dazu bereit erklären, in die von der Bevölkerung ungeliebten Biogasanlagen zu investieren. Dabei könnte gerade bei den schon seit einigen Jahren niedrigen Agrarrohstoffpreisen die Veredelung der Produkte durch Biogasanlagen für Anlagenbetreiber eine Möglichkeit sein, die Wertschöpfung eines landwirtschaftlichen Betriebes auf ein zweites, sicheres Standbein zu stellen. So wurden in den vergangenen Jahren keine nennenswerte Anzahl an Neuanlagen in Deutschland errichtet und auch die Investitionen in das „Repowering“ von Anlagen wird von zahlreichen Biogasanlagenbetreibern gemieden. Trotzdem vergrößerte sich die für den Substratanbau genutzte Fläche in Deutschland auf 1,13 Mio. ha, was insbesondere mit der durch den „verschärften Maisdeckel“ umschriebenen Regelung zu tun hat, den Anteil des von der Bevölkerung und den Naturschützern ungeliebten Mais weiter zu kürzen. Auch die einstmals hoffnungsvolle Technologie der Biomethanaufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz konnte in den vergangene Jahren keine relevanten Forstschritte erzielen. Die Produktion stagniert seit 2016 bei ca. 0,5 Mrd. m^3 Biomethan pro Jahr, was deutlich unter dem von der Bundesregierung formulierten Ziel von 6 Mrd. m^3 im Jahr 2020 liegt.		
Quantitative Prognosen	Stromproduktion:	2011: 17,5 Mio. MWh	2020: 17,8 Mio. MWh
	Wärmeproduktion:	2011: 17,0 Mio. MWh	2020: 17,3 Mio. MWh
	Biomethaneinspeisung:	2011: 0,275 Mrd. m^3	2020: 0,5 Mrd. m3
	Strom aus Biomethan:		2020: 1,75 Mio. MWh
	Wärme aus Biomethan:		2020: 2,75 Mio. MWh
	Flächenverbrauch:	2011: 1,02 Mio. ha	2020: 1,13 Mio. ha

Abb. 462: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogas – Szenario D

Im Real-Case Szenario wird die zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Studie wahrscheinlichste Marktentwicklung beschrieben. Die qualitative und quantitative Beschreibung weicht von den beschriebenen Szenarien A-D ab.

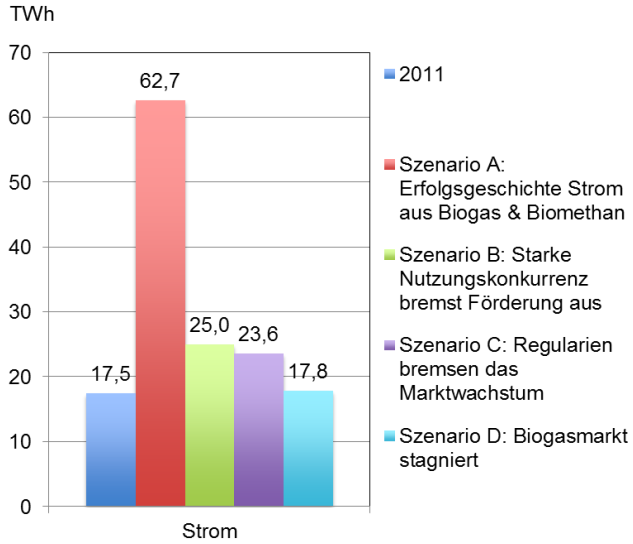
Im Real-Case Szenario steigt die Stromproduktion aus Biogas bis zum Jahr 2020 um jährlich etwa 7,5% auf insgesamt 25,5 TWh an. Wesentlicher Treiber dieser Entwicklung ist eine Erhöhung der EEG-Förderung für Biogasanlagen bei gleichen bis höheren ökologischen Anforderungen sowie Kriterien an die Effizienz der Anlagen. Ferner basiert dieses Szenario auf der Annahme, dass die Agrarrohstoffpreise weiterhin auf hohem Niveau bleiben. Es wird von einer jährlichen Verbesserung der Technologie und Energieproduktion von 1,5% ausgegangen. Die züchterische Verbesserung der Nutzpflanzen liegt bei 0,5% p.a. Die für den Substratanbau benötigte Fläche liegt bei ca. 1,7 Mio. ha.

Die Biomethaneinspeisung ins Erdgasnetz wird im Jahr 2020 bei 0,86 Mrd. m^3 Biomethan liegen. Dies entspricht einem jährlichen Wachstum von ca. 14%. Das Ziel der Bundesregierung, bis 2020 6 Mrd. m^3 Biomethan jährlich einzuspeisen, wird nicht erreicht werden. Die Einspeisung bzw. Aufbereitung von Biomethan ist aktuell um den Faktor zwei bis vier teurer als vergleichbares Erdgas. Es gibt derzeit keinen relevanten Treiber, der die Biomethaneinspeisung auf Wachstumsrate deutlich über 50% steigert.

Unter der Annahme, dass 5% der eingespeisten Biomethanmenge im mobilen Bereich eingesetzt wird und der Rest in hocheffizienten KWK-Anlagen, wird von einer Stromproduktion von 2,8 TWh aus Biomethan ausgegangen (s. folgende Abbildungen).[1355]

Die Stromproduktion aus Biogas wird bis 2020 weiter steigen. Ca. 1,7 Mio. ha werden für den Substratanbau genutzt.

Prognose für den Biogasmarkt – Stromproduktion



Real-Case Szenario 2020

Strom (TWh)	Strom aus Biomethan (TWh)[1]	Fläche (ha)
25,5	2,8	1.719.193

- Marktwachstum: ≈7,5 % p.a.
- Technologiesteigerung: +1,5 % p.a.
- Züchterische Verbesserung Nutzpfl. +0,5 % p.a.
- Maisanteil Substrate: - 10 %
- Biomethaneinspeisung ins Erdgasnetz: 283 Mio. m³ für Strom (von insgesamt 860 Mio. m³)
- ➢ Höhere EEG-Förderung bei gleichen bis höhen Anforderungen an Effizienz der Anlagen sowie ökologischen Anforderungen
- ➢ Annahme: Agrarrohstoffpreise weiter auf hohem Niveau

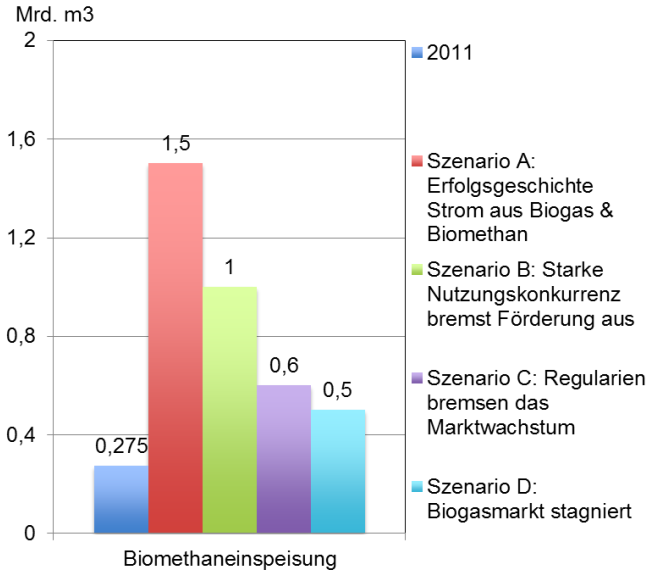
Abb. 463: Real-Case Szenario für das Marktsegment Biogas im Jahr 2020[1356]

[1355] Annahme: Produzierte Menge Biomethan wird zu 5% im mobilen Bereich eingesetzt und zu 95% in KWK-Anlagen mit 35% Stromproduktion, 55% Wärmeproduktion und 10% Verlust

[1356] Annahme: Produzierte Menge Biomethan wird zu 5% im mobilen Bereich eingesetzt und zu 95% in KWK-Anlagen mit 35% Stromproduktion, 55% Wärmeproduktion und 10% Verlust

Die Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz wird weiter steigen

Prognose für den Biogasmarkt – Biomethaneinspeisung



Real-Case Szenario 2020

Biomethan (Mio. m³)	Energie (TWh)	Fläche Silomais[1] (ha)
860	8,6	155.189

- Marktwachstum: +13,5 % p.a.
- Technologiesteigerung: +1,5 % p.a.
- Züchterische Verbesserung Nutzpfl. +0,5 % p.a.
- Maisanteil Substrate: - 10 %

➢ Biomethan wird nur in hocheffizienten KWK-Anlagen zur Stromerzeugung eingesetzt

Abb. 464: Real-Case Szenario für den Markt für Biomethan im Jahr 2020[1357]

Maissilage bleibt das wichtigste Substrat für die Produktion von Biogas und Biomethan in Biogasanlagen

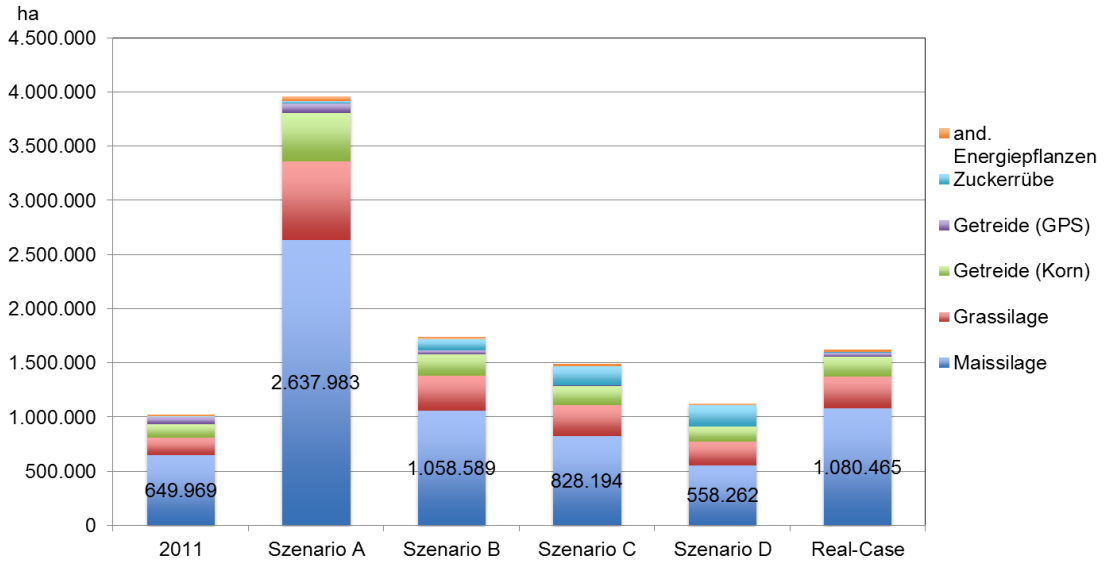


Abb. 465: Flächenverbrauch für den Anbau von Substraten für die Produktion von Biogas bzw. Biomethan

[1357] Annahme: Für die Biomethanproduktion wird zu 100% Maissilage als Substrat eingesetzt. Die angegebene Fläche entspricht der dafür benötigten Anbaufläche an Mais.

Biogene Festbrennstoffe

Für das Marktsegment wurden die beiden Cluster „Markt und Preise“ sowie „Rechtliche Rahmenbedingungen“ definiert. Das Szenario „Intensive energetische Holznutzung“ beschreibt eine positive Marktentwicklung in beiden Clustern. Die Stromproduktion steigt jährlich um 5% auf 17,5 TWh. Der Holzverbrauch im Jahr 2020 liegt bei 48,4 Mio. m^3. Dies entspricht einem zusätzlichen Flächenbedarf von ca. 1,1 Mio. ha (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Festbrennstoffe (1/4)
Szenario A: Intensive energetische Holznutzung

Szenario A	Biogene Festbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Positiv** – Niedrige Holzpreise, geringe stoffliche Nutzungskonkurrenz Rechtliche Rahmenbedingungen: **Positiv** – Starke Förderung Energieholznutzung
Essenz	Niedrige Holzpreise und eine hohe Förderung durch das EEG steigern die Strom- und Wärmeproduktion (Marktentwicklung: +5%, Technologiesteigerung: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Intensive energetische Holznutzung** Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen ist seit vielen Jahren ein stetig wachsender Markt und ein wichtiges Element der von der Bundesregierung eingeleiteten Energiewende. Seit 2012 ist die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen jährlich um etwa 5 % gewachsen. 2020 wurden 17,5 Mio. MWh Stromenergie produziert. Ein wichtiger Treiber dieser Entwicklung ist die Förderung durch das EEG, die den Anlagebetreibern langfristige Investitionssicherheit bietet. Die gesellschaftliche Akzeptanz der intensiven energetischen Holznutzung ist nach der massiven Kritik vor einigen Jahren durch die Einführung von verbindlichen Nachhaltigkeitskriterien im Jahr 2013 deutlich gestiegen. Außerdem wird die energetische Biomassenutzung von der Bevölkerung als notwendige Maßnahme zur Sicherstellung der Versorgungssicherheit akzeptiert. Neben der Förderung durch das EEG haben die stabilen und im Vergleich zu den Jahren 2009-11 niedrigen Holzpreise in Deutschland maßgeblich zum Ausbau der energetischen Holznutzung beigetragen. Die Verfügbarkeit von Holz ist durch eine stärkere Ausnutzung des Waldrestholzpotentials, die Anlage von KUP und einen Rückgang der stofflichen Holznutzung deutlich gestiegen. Neue, große Abnehmer des Rohstoffes Holz (z.B. chemische Industrie, Bioraffinerien) konnten sich nicht etablieren. Durch die Torrefizierung können große Biomasseimporte aus Übersee kostengünstig realisiert werden. Die zugesagte Stilllegung von Forstflächen wurde von Seiten der Bundesregierung nicht umgesetzt, um das Holzaufkommen in Deutschland nicht signifikant zu reduzieren.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 11,3 Mio. MWh 2020: 17,5 Mio. MWh Wärmeproduktion HW/HKW: 2011: 6,8 Mio. MWh 2020: 10,6 Mio. MWh Wärmeproduktion Industrie: 2011: 23,6 Mio. MWh 2020: 36,6 Mio. MWh Holzverbrauch: 2011: 34,0 Mio. m^3 2020: 48,4 Mio. m^3 Veränderung des Flächenverbrauchs im Jahr 2020: +1,14 Mio. ha

Abb. 466: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario A

Im Szenario „Starke Nutzungskonkurrenz“ wird die Nutzung von biogenen Festbrennstoffen zur Stromproduktion durch hohe Holzpreise bzw. durch die starke Nutzungskonkurrenz um den Rohstoff Holz beschränkt. Das Marktwachstum liegt bei 2% p.a., der Holzverbrauch im Jahr 2020 bei 37,2 Mio. m^3, was einen zusätzlichen Flächenverbrauch von 0,25 Mio. ha bedeutet (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Festbrennstoffe (2/4)
Szenario B: Starke Nutzungskonkurrenz

Szenario B	Biogene Festbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Negativ** – Hohe Holzpreise, hohe Nutzungskonkurrenz Rechtliche Rahmenbedingungen: **Positiv** – Starke Förderung Energieholznutzung
Essenz	Hohe Holzpreise beschränken das Marktwachstum (Marktentwicklung: +2%, Technologiesteigerung: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Starke Nutzungskonkurrenz** In den vergangen Jahren schien es für die Holz- und Agrarrohstoffpreise nur eine Richtung zu geben: nach oben. Außenstehende wundern sich über die seit Jahren kontinuierlich steigenden Holzpreise. Dabei ist diese Entwicklung eine Folge der konstant hohen und steigenden Nachfrage nach dem Rohstoff Holz. Neben den stofflichen Holznutzern wie Sägewerke, Holzwerkstoffindustrie und die erst seit kurzem im großen Maßstab produzierenden Bioraffinerien fragen auch weiterhin energetische Nutzer (BMHKWs) verstärkt Holz zur Strom- und Wärmeenergieproduktion nach. Durch die Förderung über das EEG ist es für energetische Holzverbraucher weiterhin attraktiv, diesen Rohstoff zur Stromproduktion einzusetzen. Steigende Holzpreise werden über eine regelmäßig stattfindende Anpassungen der EEG-Vergütung ausgeglichen. Unterstützung findet diese Förderung durch die hohe Akzeptanz der Biomassenutzung in der Bevölkerung. Die Einführung einer verpflichtenden Nachhaltigkeitszertifizierung für feste Biomasse hat wesentlich zur größeren Akzeptanz beigetragen.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 11,3 Mio. MWh 2020: 13,5 Mio. MWh Wärmeproduktion HW/HKW: 2011: 6,8 Mio. MWh 2020: 8,2 Mio. MWh Wärmeproduktion Industrie: 2011: 23,6 Mio. MWh 2020: 28,2 Mio. MWh Holzverbrauch: 2011: 34,0 Mio. m^3 2020: 37,2 Mio. m^3 Veränderung des Flächenverbrauchs im Jahr 2020: +0,25 Mio. ha

Abb. 467: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario B

Das dritte Szenario beschreibt die Stagnation der Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen. Aufgrund der geringen gesellschaftlichen Akzeptanz werden die durch das EEG gesetzten Anreize zur energetischen Nutzung von Biomasse gemindert. Der Bau von neuen Anlagen ist wirtschaftlich unattraktiv. Der Holzverbrauch geht aufgrund von Effizienzsteigerungen auf 31,1, Mio. m^3 zurück. Dies bedeutet eine Minderung des Flächenverbrauchs gegenüber 2011 um 0,23 Mio. ha (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Festbrennstoffe (3/4)
Szenario C: Regularien bremsen das Marktwachstum

Szenario C	Biogene Festbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Positiv** – Niedrige Holzpreise, geringe stoffliche Nutzungskonkurrenz Rechtliche Rahmenbedingungen: **Negativ** – Regularien bremsen das Marktwachstum
Essenz	Durch Minderung der EEG-Förderung stagniert die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen. Niedrige Holzpreise nicht ausreichend, um den Markt zu beleben. (Marktentwicklung: +0%, Technologiesteigerung: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Regularien bremsen das Marktwachstum** Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen stagniert bereits seit mehreren Jahren und das trotz niedriger Holzpreise. Der schleichende Rückgang der Säge- und Holzwerkstoffindustrie in Deutschland hat zu einem stetigen Rückgang der Nachfrage nach Holz geführt. Gleichzeitig konnte in Deutschland das Holzaufkommen kontinuierlich gesteigert werden. Die Anlage von KUPs, intensive Waldrestholznutzung und der Verzicht auf weitere Nationalparks in deutschen Wäldern hat zu einem jährlich steigendem Holzaufkommen geführt. Die starke Nutzungskonkurrenz um Holz der Jahre 2009-11 konnte so nach und nach entschärft werden. Die Holzpreise gingen zurück. Gleichzeitig kam die intensive energetische Holznutzung mehr und mehr in die Kritik von NGOs. Die gesellschaftlich Akzeptanz für diese Form der Energiebereitstellung ging ebenfalls stark zurück, vor allem da es der Gesetzgeber verpasste, glaubwürdige und verbindliche Nachhaltigkeitsanforderungen für die energetische Nutzung von fester Biomasse einzuführen. Mit der Novellierung des EEG im Jahr 2014 wurden die Regularien für die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen so verändert (Kürzung der zugesicherten Einspeisevergütung, Minderung Boni für Einsatzstoffklassen I,II), dass Investitionen in Neuanlagen wirtschaftlich nicht attraktiv wurden. Der Ausbau von neuen Kapazitäten kam damit zum erliegen. Als Folge dessen stagniert die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen seit Jahren. Trotz niedriger Holzpreise lohnt sich für Anlagenbetreiber die Investition in Neuanlagen nicht. Die aktuelle Produktionssteigerungen erfolgen nur durch Repowering von Altanlagen.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 11,3 Mio. MWh 2020: 11,3 Mio. MWh Wärmeproduktion HW/HKW: 2011: 6,8 Mio. MWh 2020: 6,8 Mio. MWh Wärmeproduktion Industrie: 2011: 23,6 Mio. MWh 2020: 23,6 Mio. MWh Holzverbrauch: 2011: 34,0 Mio. m^3 2020: 31,1 Mio. m^3 Veränderung des Flächenverbrauchs im Jahr 2020: -0,23 Mio. ha

Abb. 468: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario C

Das Szenario „Rückläufige Marktentwicklung“ beschreibt eine negative Entwicklung in beiden Clustern. Hohe Holzpreise und Änderungen des EEGs machen den Betrieb von Anlagen zunehmend wirtschaftlich unattraktiv. Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen geht um 2% p.a. zurück. Der Holzverbrauch sinkt auf 25,8 Mio. m^3, was einen Rückgang im Flächenverbrauch um 0,65 Mio. ha bedeutet (s. folgende Abb.).

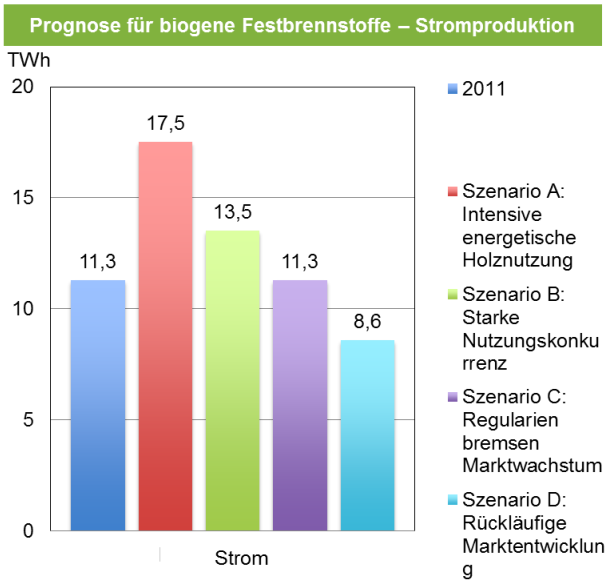
Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Festbrennstoffe (4/4)
Szenario D: Rückläufige Marktentwicklung

Szenario D	Biogene Festbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Negativ** – Hohe Holzpreise, hohe Nutzungskonkurrenz Rechtliche Rahmenbedingungen: **Negativ** – Regularien bremsen das Marktwachstum
Essenz	Hohe Holzpreise und fehlender gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Biomassenutzung zur Stromproduktion führen zu einer rückläufigen Marktentwicklung (Marktentwicklung: -2%, Technologiesteigerung: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Rückläufige Marktentwicklung** Die gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Biomassenutzung hat in Deutschland 2020 einen neuerlichen Tiefpunkt erreicht. Während Windräder, Photovoltaikanlage oder teure Wasserkraftwerke als notwendiges Übel einer Energiewende hin zu „sauberen" Strom gesehen werden, wird die Bioenergie als „unsaubere" Energiequelle klassifiziert. Ein Grund für diese Ablehnung ist sicherlich die fehlenden Anforderungen an die nachhaltige Produktion der Biomasse. Besonders Berichte über illegal eingeschlagenes Holz in den Urwäldern Kanada und Russland und deren Nutzung in deutschen BMHKWs hat zu einem landesweiten Wiederstand der Verbraucher gegenüber der Stromproduktion aus Holz geführt. Auf Grund des großen Druck wurde, vergleichbar mit der Entwicklung bei den biogenen Flüssigbrennstoffen, durch eine Novellierung des EEGs die energetische Holznutzung von der Förderung ausgeschlossen. So werden seit 2014 nur noch Altanlagen betrieben, deren Betrieb sich aber immer weniger lohnt. Treiber dieser Entwicklung sind die konstant hohen Holzpreise in Deutschland. Die starke Nachfrage der boomenden Säge-, Holzwerkstoff- und Zellstoffindustrie, die sowie die seit kurzem laufenden Bioraffinerien auf Holzbasis nach Holz sorgen deutschlandweit für anhaltend hohe Holzpreise, die den wirtschaftlichen Betrieb von BMHKWs immer schwieriger macht. Vornehmlich stromgetriebene Anlagen die nicht in Betriebe der Forst- und Holzindustrie integriert sind und über kaum ausgereifte Wärmenutzungskonzepte verfügen stellten und stellen den Betrieb ein. Eine Entlastung für den angespannten Holzmarkt bedeutet dieser Verbrauchsrückgang aber nicht, da auch das Holzaufkommen in Deutschland aufgrund der steigenden Zahl von aus der Nutzung genommenen Waldflächen und einer weniger intensiven Waldbewirtschaftung rückläufig ist.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 11,3 Mio. MWh 2020: 8,6 Mio. MWh Wärmeproduktion HW/HKW: 2011: 6,8 Mio. MWh 2020: 5,2 Mio. MWh Wärmeproduktion Industrie: 2011: 23,6 Mio. MWh 2020: 18,0 Mio. MWh Holzverbrauch: 2011: 34,0 Mio. m^3 2020: 25,8 Mio. m^3 Veränderung des Flächenverbrauchs im Jahr 2020: -0,65 Mio. ha

Abb. 469: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Festbrennstoffe – Szenario D

Im Real-Case Szenario steigt die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen jährlich um 1,5% bis 2020 auf insgesamt 12,9 TWh. Dies bedeutet bei einer jährlichen Verbesserung der Ressourceneffizienz um 1% einen Holzverbrauch von 35,6 Mio. m^3. Es wird davon ausgegangen, dass die Holzpreise in Deutschland auf dem derzeitigen, hohen Niveau stagnieren oder leicht fallen. Hintergrund ist die weiterhin starke Nutzungskonkurrenz bzw. Nachfrage nach Holz. Das Holzaufkommen in Deutschland wird bis zum Jahr 2020 auf 140 Mio. m^3 steigen. Biomasseimporte nach Deutschland werden bei der zukünftigen Marktentwicklung keine relevante Rolle spielen, da die große Nachfrage in anderen europäischen Ländern und die dort zu realisierenden Erlöse (Großbritannien) deutlich attraktiver sind. Die Förderung der energetischen Holznutzung durch das EEG wird so geändert, dass zukünftig keine Anreize für Neuanlagen gesetzt werden. Das prognostizierte Marktwachstum wird durch das Repowering von bestehenden Anlagen und durch Neuanlagen innerhalb bestehender Betriebe der Forst- und Holzindustrie realisiert (s. folgende Abb.).

Die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen wird moderat steigen



Real-Case Szenario 2020

Strom (TWh)	Holzverbrauch (Mio. m³)	Fläche (Mio. ha)*
12,9	35,6	2,8

- Marktwachstum: +1,5 % p.a.
- Technologiesteigerung: +1 % p.a.

➢ Das Holzaufkommen in Deutschland ist begrenzt

➢ Die Förderung für die Stromproduktion aus biogenen Festbrennstoffen werden so geändert, dass kein Anreiz für Neuanlagen gesetzt werden.

Abb. 470: Real-Case Szenario das Marktsegment biogene Festbrennstoffe im Jahr 2020

Biogene Flüssigbrennstoffe

Im Szenario „Tank oder Steckdose“ wird eine positive Marktentwicklung in den Clustern „Markt und Preise“ sowie „Rechtliche Rahmenbedingungen“ beschrieben. Eine Erhöhung der Grundförderung im EEG und niedrige Pflanzenölpreise machen die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen in stillgelegten Altanlagen, die vor 2012 errichtet wurden, wieder wirtschaftlich attraktiv. Die Stromproduktion steigt auf 1,8 TWh. Dies entspricht einem Rohstoffverbrauch von ca. 0,72 Mio. t Pflanzenöl (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Flüssigbrennstoffe (1/4)
Szenario A: Tank oder Steckdose

Szenario A	Biogene Flüssigbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Positiv** – Niedrige Rohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Positiv** – Starke Förderung
Essenz	Niedrige Pflanzenölpreise und fortlaufende Förderung von Altanlagen sorgen für eine Wiederbelebung des Marktes (Marktwachstum: +14 %, Technologie: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Tank oder Steckdose** Im Jahr 2012 lag die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen eigentlich schon am Boden. Hohe Pflanzenölpreise machten den Betrieb der BHKWs unrentabel. Immer mehr Altanlagen wurde daraufhin still gelegt oder auf fossile Öle umgestellt. Acht Jahre später haben erleben diese Anlagen eine Renaissance. Die Pflanzenölpreise sind deutlich gesunken. Die EEG-Förderung für Neuanlagen steht zwar weiterhin aus. Altanlagen, die vor 2012 errichtet wurden, werden aber durch eine auskömmliche Grundförderung pro produzierter kWh Strom EEG-gefördert. Zahlreiche Anlagen die unter das EEG 2009 fielen haben im Zuge dieser Entwicklung ihren Betrieb wieder aufgenommen und produzieren auf Basis von heimischen Raps- und vor allem billigerem Palmöl Strom. In der Bevölkerung wird diese Art der Stromproduktion zwar weiterhin kritisch gesehen, allerdings fördert die seit langem etablierte Nachhaltigkeitszertifizierung der Rohstoffe die Akzeptanz.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 0,55 Mio. MWh 2020: 1,8 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 1,8 Mio. MWh 2020: 5,1 Mio. MWh Rohstoffmenge: 2011: 350.000 t 2020: 720.970 t Flächenverbrauch: 2011: 0,11 Mio. ha 2020: 0,33 Mio. ha

Abb. 471: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario A

Das Szenario „Strom aus Pflanzenöl zu teuer“ beschreibt einen stagnierenden Markt für die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen. Die Erhöhung der Grundförderung für die Stromproduktion aus Biomasse durch das EEG macht den stationären Einsatz von Pflanzenöl in einigen Anlagen wieder wirtschaftlich attraktiv. Die Stromproduktion stagniert bei 0,55 TWh. Der Pflanzenöleinsatz liegt bei 0,32 Mio. t (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Flüssigbrennstoffe (2/4)
Szenario B: Strom aus Pflanzenöl zu teuer

Szenario B	Biogene Flüssigbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Negativ** - Starke Nutzungskonkurrenz, hohe Preise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Positiv** – Starke Förderung
Essenz	Hohe Pflanzenölpreise und die Förderung von Altanlagen sorgen für eine Stagnation der Stromproduktion aus Pflanzenöl (Marktwachstum: +0 %, Technologie: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Strom aus Pflanzenöl zu teuer** Seit Jahre stagniert die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen. Die konstant hohen Preise für Pflanzenöle haben die Stromproduktion in den Jahren 2010-12 eigentlich fast komplett einbrechen lassen. Nahezu alle Anlagen wurden spätestens 2012 still gelegt oder umgerüstet. Zusätzlich wurde durch die Novellierung des EEG im Jahr 2012 die Förderung von Neuanlagen auf Basis von biogenen Flüssigbrennstoffen durch das EEG ausgeschlossen, weshalb es seit dem nicht zum Aufbau neuer Kapazitäten in Deutschland gekommen ist. Doch die folgende Novellierung des EEG im Jahr 2014 und die Anhebung der Grundförderung machten die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen trotz hoher Pflanzenölpreise für Altanlagen wieder attraktiv. Zahlreiche stillgelegt Altanlagen profitieren seit dem von der Altanlagenregelung und können aufgrund der aktuell hohen EEG-Fördersätze wirtschaftlich betrieben werden. Hintergrund dieser „Rolle rückwärts“ in der Förderpolitik war der stockende Ausbau der erneuerbaren Energien aus Wind-, und Sonnenkraft der den Gesetzgeber dazu veranlasst hat, die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen zumindest in Altanlagen wieder etwas attraktiver zu gestalten. Rohstoffbasis sind heimisches Rapsöl und importiertes Palmöl.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 0,55 Mio. MWh 2020: 0,55 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 1,8 Mio. MWh 2020: 1,8 Mio. MWh Rohstoffmenge: 2011: 350.000 t 2020: 319.731 t Flächenverbrauch: 2011: 0,11 Mio. ha 2020: 0,1 Mio. ha

Abb. 472: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario B

In Szenario C wird die Förderung der Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen auch für Altanlagen ausgesetzt. Hintergrund sind niedrige Pflanzenölpreise, die einen Betrieb von Altanlagen unter dem EEG 2009 wieder wirtschaftlich gemacht hätten. Die Stromproduktion beläuft sich auf wärmegeführte KWK-Anlagen, die auf Basis von Pflanzenöl betrieben werden (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Flüssigbrennstoffe (3/4)
Szenario C: Stationärer Einsatz nicht gewünscht

Szenario C	Biogene Flüssigbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Positiv** – Niedrige Rohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Negativ** – Zurückgehende Förderung
Essenz	Gesellschaftlicher Druck beendet die EEG-Förderung des stationären Einsatzes von Pflanzenölen zur Stromproduktion (Marktwachstum: -4 %, Technologiesteigerung: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Stationärer Einsatz nicht gewünscht** Der stationäre Einsatz von Pflanzenölen zur Stromproduktion ist von Seiten der Bevölkerung und der Politik weiterhin nicht erwünscht. Die sinkenden Pflanzenölpreise in den vergangenen Jahren haben den stationären Einsatz von Pflanzenöl zur Stromproduktion wieder attraktiv werden lassen. Zahlreiche Altanlagenbetreiber, die ihre Anlagen vor dem Jahr 2012 in Betrieb genommen haben und somit unter die Regelung des EEG 2009 fielen, planten diese wieder in Betrieb zu nehmen. Dabei wird die energetische Nutzung von biogenen Flüssigbrennstoffen zur Stromproduktion von großen Teilen der Bevölkerung abgelehnt. Durch die Novellierung des EEG im Jahr 2014 wurde von Seiten der Politik ein Zeichen gesetzt und die Förderung der Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen bis auf wenige Ausnahmen (Betriebe, die nachweislich aufgrund von Auflagen Pflanzenöle einsetzen müssen) gestrichen. Die derzeit geringe Produktion ist somit auf kleinere Anlagen zurückzuführen, deren Betrieb nicht aus wirtschaftlichen Gründen betrieben wird (z.B. Forschungs- und Testanlagen).
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 0,55 Mio. MWh 2020: 0,38 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 1,8 Mio. MWh 2020: 1,25 Mio. MWh Rohstoffmenge: 2011: 350.000 t 2020: 220.587 t Flächenverbrauch: 2011: 0,11 Mio. ha 2020: 0,07 Mio. ha

Abb. 473: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario C

Im Szenario „Dornröschenschlaf“ wird die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen fast vollständig eingestellt. Hohe Pflanzenölpreise und der Ausschluss der EEG-Förderung von Altanlagen machen eine Stromproduktion auf Basis von biogenen Flüssigbrennstoffen unwirtschaftlich. Die Stromproduktion wird nur noch in wenigen Betrieben, in denen Strom als „Nebenprodukt“ der Wärmeproduktion anfällt, aufrechterhalten (s. folgende Abb.).

Ausarbeitung der Marktszenarien: Biogene Flüssigbrennstoffe (4/4)
Szenario D: Dornröschenschlaf

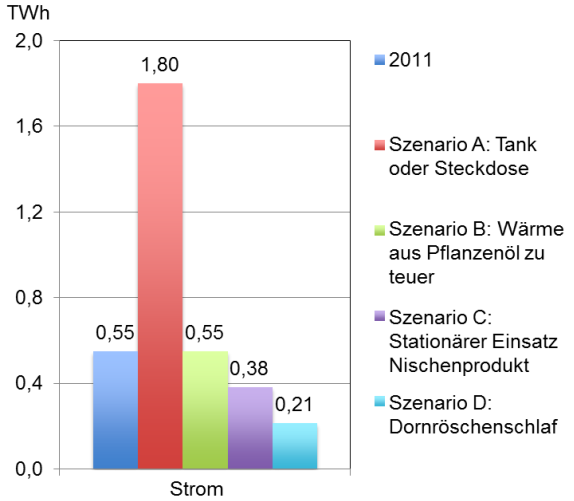
Szenario D	Biogene Flüssigbrennstoffe
Definition	Markt und Preise: **Negativ** – Niedrige Rohstoffpreise Rechtliche Rahmenbedingungen: **Negativ** – Zurückgehende Förderung
Essenz	Hohe Pflanzenölpreise und Beenden der EEG-Förderung führt zu einer Beendigung der Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen (Marktentwicklung: -10%, Technologie: +1%)
Qualitative Beschreibung	**Dornröschenschlaf** In Deutschland werden nur noch eine Handvoll Anlagen zur Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen betrieben. Wirtschaftlich motiviert ist deren Betrieb schon seit langem nicht mehr. Hohe Pflanzenölpreise und der Wegfall der EEG-Förderung vor einigen Jahren haben diese Form der Stromproduktion unrentabel gemacht. Viele Anlagen wurden auf fossile Brennstoffe umgerüstet oder schlummern in einer Art „Dornröschenschlaf" ungenutzt vor sich hin. Die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen liegt 2020 bei 0,21 Mio. MWh und wird von wenigen Anlagen produziert. Diese sind alle wärmegeführt und eigentlich zur Produktion von Wärmeenergie in kleineren Gebäudekomplexen/Einheiten (z.B. Gebäude in Naturschutzgebieten, Krankenhäuser, andere Insellösungen) gedacht. Durch Nutzung der KWK-Technologie fällt aber nebenbei auch Stromenergie an.
Quantitative Prognosen	Stromproduktion: 2011: 0,55 Mio. MWh 2020: 0,21 Mio. MWh Wärmeproduktion: 2011: 1,8 Mio. MWh 2020: 0,7 Mio. MWh Rohstoffmenge: 2011: 350.000 t 2020: 122.625 t Flächenverbrauch: 2011: 0,11 Mio. ha 2020: 0,04 Mio. ha

Abb. 474: Ausarbeitung von Marktszenarien für das Marktsegment Biogene Flüssigbrennstoffe – Szenario D

Im Real-Case Szenario geht die Produktion von Strom aus biogenen Flüssigbrennstoffen jährlich um 4% bis 2020 zurück. Die Stromproduktion liegt bei 0,38 TWh. Voraussetzung für diese Szenario ist, dass eine Förderung der Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen in Anlagen, die nach 2012 in Betrieb genommen wurden, durch das EEG weiterhin ausgeschlossen ist. Im Jahr 2020 hat sich ein Nischenmarkt entwickelt. Die noch aktiven Anlagen sind ausnahmslos wärmegeführt. Strom fällt durch Einsatz der KWK-Technologie als weiteres Produkt an, ist aber nicht ausschlaggebend für den Betrieb der Anlagen. Diese werden vornehmlich als Insellösungen oder aus nicht wirtschaftlich gesteuerten Motiven betrieben. Eingesetzte Pflanzenöle sind regional produziertes Rapsöl oder kostengünstiges Palmöl (s. folgende Abb.).

Selbst unter positiven Marktrandbedingungen ist nicht davon auszugehen, dass die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen ansteigt

Prognose für den Markt für biogene Flüssigbrennstoffe



Real-Case Szenario

Strom (TWh)	Pflanzen-öleinsatz (t)	Fläche (ha)
0,38	220.000	68.383

- Marktwachstum: - 4% p.a.
- Technologiesteigerung: +1 % p.a.

➢ Biogene Flüssigbrennstoffe sind seit dem EEG 2012 nicht mehr förderfähig.

➢ Stromproduktion aus Pflanzenöl ist Nischenmarkt

Abb. 475: Real-Case Szenario für die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffe im Jahr 2020

11.5 Zusammenfassende Bewertung und strategische Optionen

Der Ausbau der Biogasproduktion wird durch die für den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen zur Verfügung stehenden Fläche begrenzt. Berechnungen gehen von einem Flächenpotential von bis zu 4 Mio. ha für landwirtschaftliche genutzte Flächen in Deutschland aus. Außerdem ist das Potential zur Nutzung von landwirtschaftlichen Nebenprodukten und Reststoffen noch nicht ausgeschöpft. In Biogasanlagen oder in BMHKWs kann der Einsatz dieser Rohstoffe noch gesteigert werden. Allerdings besteht auch für die Nutzung dieser Substrate/Rohstoffe eine Konkurrenz zu anderen Nutzungsoptionen (z.B. Nutzung als Düngemittel, Tierfutter). Das noch erschließbare Potential dieser Ressource hängt von der zukünftigen Preisentwicklung und den Förderungsmöglichkeiten ab. Der Ausbau der Biomethanproduktion geht zu Lasten der Stromproduktion, wenn das Biomethan im mobilen Bereich oder nicht in KWK-Anlagen eingesetzt wird.

Das Aufkommen von Holz in Deutschland und weltweit ist begrenzt und stößt in Deutschland an die Grenzen einer nachhaltigen Nutzung dieser Ressource. Eine nachhaltige Steigerung des Holzaufkommens oder die Nutzung weiterer Holzsortimente ist eine wesentliche Voraussetzung für eine zukünftige Steigerung der Stromproduktion. Potentiale zur Steigerung des Holzaufkommens sind im Bereich von Landschaftspflegematerial, bei der Steigerung des Altholzaufkommens, bei der Mobilisierung von Holz aus dem Privatwald und bei der Nutzung von Waldrestholz zu sehen. Allerdings sind auch diese Potentiale limitiert und bis auf die Nutzung des Waldrestholzes führen diese nicht zu großen Aufkommenssteigerungen. Waldrestholz hat sehr großes Potential, allerdings ist die Nutzung durch die hohen Mobilisierungskosten sowie ökologischen und gesellschaftlichen Zielen der Waldbesitzer (private und öffentliche Waldbesitzer) begrenzt. Der Anbau von KUP auf landwirtschaftlichen Grenzertragsstandorten ist eine weitere Möglichkeit das Holzaufkommen langfristig zu steigern.

Eine Erhöhung der Stromproduktion aus Holz wird die Konkurrenz zur stofflichen Holznutzung weiter verstärken. Dies führt zu einem Zielkonflikt mit den von der Bundesregierung formulierten Zielen zur stofflichen Holznutzung und zu Zielen des Naturschutzes hinsichtlich der Nutzung von Wäldern. Daher ist ein effizienter Einsatz von Holz zur Energieproduktion von großer Bedeutung (Kaskadennutzung, KWK-Technologie). Die stoffliche Nutzung von Holz sollte der energetischen Nutzung vorgezogen werden. Der Einsatz von Holz in nicht effizienten Nutzungspfaden (z.B. Hausbrand) sollte beschränkt werden.

Allerdings bestehen hier erhebliche Akzeptanzprobleme und die Notwendigkeit einer Beschränkung der Holznutzung im Hausbrand ist nur schwer vermittelbar. Außerdem werden zukünftig generell die gesellschaftliche Akzeptanz der energetischen Biomassenutzung und der Ausbau der anderen erneuerbaren Energien (Windkraft, Geothermie, Photovoltaik) großen Einfluss auf die Regularien im Bereich der Stromproduktion haben.

Bei einer signifikanten Steigerung der Stromproduktion aus Biomasse in den relevanten Marktsegmenten Biogas und biogene Festbrennstoffe sind die aus den Zielen der Bundesregierung abgeleiteten „virtuellen Ziele“ für den Strommarkt zu erreichen. Die Stromproduktion aus biogenen Flüssigbrennstoffen spielt für den Gesamtmarkt keine signifikante Rolle. Ein intensiver Ausbau der Förderung des Marktsegmentes Biogas allein könnte ausreichend sein, um diese Ziele zu erreichen. Dies setzt voraus, dass im Segment Biogas Reststoffe und Nebenprodukte maximal genutzt werden und die Flächen für den Substratanbau in Deutschland auf über 2 Mio. ha ausgeweitet werden. Vorbehalte der Gesellschaft gegenüber eines intensiven Ausbaus Stromproduktion in Biogasanlagen könnte mit einem ausgeweiteten Substratmix (auf Kosten der Flächeneffizienz) begegnet werden. Biogasanlagen werden auch mittelfristig nur durch Subventionierung bzw. Förderung der Stromproduktion wirtschaftlich betrieben werden können.

Ein Ausbau der Stromproduktion aus Holz sollte aufgrund der aufgezeigten Zielkonflikte zu anderen Zielen der Bundesregierung nur durch Effizienzsteigerung oder durch Erschließung neuer Holzressourcen erfolgen. Im Real Case werden die Ziele der Bundesregierung nicht erreicht, da die prognostizierte Steigerung bei Biogas und biogenen Festbrennstoffen sich an den ökologischen und gesellschaftlich verträglichen Rahmenbedingungen orientiert.

Stromproduktion aus nachwachsenden Rohstoffe inklusive dem biogenen Anteil des Abfalls im Jahr 2020						
Märkte		2011	2020	Real Case	Real Case	Ziel (*)
Strom (TWh)	Biogas	17,5	17,8 – 62,7	25,5	47,5	54,7
	Biomethan(**)	0	1,65 – 4,95	2,8		
	Festbrennstoffe.	11,3	8,6 - 17,5	12,9		
	Flüssigbrennstoffe	0,55	0,21 – 1,8	0,38		
	Andere Potentiale	4,95	5,45 – 8,65	5,95		
	SUMME	34,3	33,7 - 95,6	47,5		

Abb. 476: Vergleich Real Case Szenario, Prognosen mit den Zielen der Bundesregierung[1358]

Im Einzelnen empfehlen wir folgende Maßnahmen, die zu einer Steigerung der Stromproduktion aus Biomasse führen. Die Empfehlungen orientieren sich am Real Case Szenario. Durch eine Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen können die im Rahmen der Studie abgeleiteten Ziele für die Stromproduktion aus Biomasse nicht vollständig erreicht werden, berücksichtigen aber wichtige ökologische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen:

1) Erhöhung der Stromproduktion von Biogasanlagen:
   - Moderate Erhöhung der EEG-Grundvergütung, um Anreize für den Neubau von Biogasanlagen zu setzen
   - EEG-Förderung für neue Biogasanlagen sollten stärker an Effizienzkriterien (externe Nutzung von Wärmeenergie, Einsatz effizienter Technologien) ausgerichtet werden.
   - Anreize für das Repowering bzw. für Investitionen in Altanlagen sollten geschaffen werden (Steuervergünstigungen, KfW-Kredite). Ziel dieser Maßnahmen ist die Produktivitäts- und Effizienzsteigerung von Altanlagen bei gleichzeitiger Durchführung von Maßnahmen zur Minderung Wasserstoff- bzw. Methanverlusten.
   - Überprüfung der rechtlichen Möglichkeiten zur Einführung einer höheren Degression von Altanlagen (Inbetriebnahme vor 2012). Bei positivem Prüfergebnis sollte die Degression für Altanlagen, die keine Effizienzsteigerungsmaßnahmen durchführen (Methanverluste, Repowering) in Abhängigkeit der Inbetriebnahme der Anlage erhöht werden.
2) Erhöhung der Stromproduktion durch biogene Festbrennstoffe:
   - Eine Erhöhung der Stromproduktion durch biogene Festbrennstoffe sollte nur bei der Erschließung von neuen Ressourcen erfolgen. Daher sollten derzeit keine zusätzlichen Anreize für den Neubau von Anlagen gesetzt werden.
   - Aufnahme von KUP-Material aus Plantagen > 10 ha in die Einsatzstoffklasse 2 der Biomasseverordnung sowie Nutzung von KUP-Material als Nawaro-Bonus fähiges Material in Altanlagen (Inbetriebnahme vor 2012)
   - Integration von KUP bei der zukünftigen EU-Agrarmarktreform in die Regelung zu ökologischen Vorrangflächen

[1358] (*) Ziel berechnet bei Annahme, dass Anteil Biomasse an Stromproduktion aus erneuerbaren Energien gleich bleibt, Reduktion Stromverbrauch 1,35%/a = 536 TWh -> 10,2% = 54,7 TWh. (**) Annahme Biomethaneinsatz: 5% mobiler Bereich; 95% in KWK-Anlagen mit 35% Stromproduktion, 55% Wärmebereitstellung, 10% Verlust

3) Das Co-firing von biogenen Festbrennstoffen bzw. die vollständige Umstellung von Stein- und Kohlekraftwerken sollte ausgeschlossen werden.

4) Einführung einer Förderobergrenze (maximale Summe EEG-Vergütung „§ 27 Biomasse“) für Anlagen zur Stromproduktion aus Biomasse. Die Höhe dieser Förderobergrenze sollte auf Basis der derzeitigen, durchschnittlichen Fördersumme pro eingespeister kWh so ausgelegt sein, dass die Ziele der Bundesregierung zur Stromproduktion aus Biomasse genau erfüllt werden. Wird die so definierte Förderobergrenze bzw. vorgegebene eingespeiste Strommenge überschritten, wird die Förderung für alle Stromproduzenten entsprechend gekürzt.

5) Eine Förderung der energetischen Nutzung von Biomasse sollte nur auf Grundlage einer nachhaltigen Biomasseproduktion entsprechend den in der RED formulierten flächenbezogenen Anforderungen für den Biokraftstoffmarkt erfolgen. Diese flächenbezogenen Kriterien sollte auch auf alle pflanzlichen land- und forstwirtschaftlichen Nebenprodukte angewendet werden. Dies schließt ausdrücklich Sägenebenprodukte mit ein.

6) Aufgrund der begrenzten Ressourcen ist der Einsatz von pflanzlichen land- und forstwirtschaftlichen Nebenprodukten (z.B. Stroh) und organischen Abfallstoffen (z.B. UCO) ökologisch und ökonomisch attraktiv. Dabei stehen für die Nutzung zahlreicher Nebenprodukte mehrere Nutzungsoptionen (sowohl stofflich als auch energetisch) offen. Die multiple Anrechnung von Nebenprodukten und Abfallstoffen in einzelnen Nutzungspfaden (Biokraftstoffe) sollte daher vorerst beendet werden und der Einsatz von Nebenprodukten zuerst in den effizientesten Nutzungspfaden erfolgen. Zur gezielten Steuerung von Biomassesträmen kann nach einer erfolgten Marktbeobachtung (übergreifend für den Strom-, Wärme- und Biokraftstoffmarkt gemeinsam) immer noch der Mechanismus der multiplen Anrechnung zur Stärkung wünschenswerter Nutzungsoptionen marktübergreifend eingesetzt werden.

Die im Rahmen dieser Studie ausgearbeiteten Empfehlungen für die Stromproduktion aus Biomasse wurden vor dem Hintergrund der Erfüllung der Ziele der Bundesregierung für den Anteil von erneuerbaren Energien an der Endenergiebereitstellung erarbeitet. Andere Zielsetzungen beispielsweise die Priorisierung nach THG-Einsparungen und den damit verbundenen Kosten wurden nicht berücksichtigt. Auch neue technologische Ansätze und Systemlösungen wie „Power to Gas“ (Strom aus erneuerbaren Energien zur Elektrolyse einsetzen; Wasserstoff aus Elektrolyse zur Methanproduktion nutzen) wurden nicht betrachtet, da es unwahrscheinlich ist, dass vor 2020 diese als Systemlösung für die Stromproduktion relevant werden.[1359] Die Stromproduktion aus Biomasse ist ein Teil der gesamten Stromproduktion aus erneuerbaren Energien und des zukünftigen Energiesystems. Daher sollte unter der Formulierung von neuen Prämissen eine gesamthafte Analyse des erneuerbaren Energiesystems erfolgen, die Strom aus allen erneuerbaren Energien (Wind, Photovoltaik, Waser, Geothermie und Biomasse) betrachtet.

[1359] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): Integration erneuerbaren Stroms in das Erdgasnetz. Power to Gas – eine innovative Systemlösung für die Energieversorgung von morgen entwickeln., Berlin, Mai 2012.

11.6 Quellenverzeichnis

Agentur für erneuerbare Energien (AEE): Potenzial der Bioenergie, http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/105/potenziale-der-bioenergie.html, Abruf: 03.12.2012.

Agentur für erneuerbare Energien (AEE): Wie funktioniert eine Biogasanlage?, http://www.unendlich-viel-energie.de/de/bioenergie/detailansicht/article/103/wie-funktioniert-eine-biogasanlage.html, Abruf: Nov. 2011a.

Agentur für erneuerbare Energien (AEE): Anbau von Energiepflanzen, Renews Spezial 34/2011, Berlin 2011b.

AGEE-Stat: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, BMUB, Daten Stand: Juli 2012, Abruf: 05.09.2012.

AMI: Abfrage Marktdaten vom 10.10.2011.

APX ENDEX: ENDEX-Index Industrial Wood Pellet Pricing, Homepage, http://www.apxendex.com/?id=315, Datenbank Wood Pellet Index, Abruf: 14.03.2012, 2012.

B2B: Marktanalyse: Biogas im Vereinigten Königreich, http://www.renewablesb2b.com/ahk_germany/de/portal/index/marketstudies/show/728cf62d473cc320, Abruf: 07.12.2011a.

BAFA: Kraft-Wärme-Kopplung, http://www.bafa.de/bafa/de/energie/kraft_waerme_kopplung/index.html, Abruf am 28.02.2012.

Bauermeister, Ute: Erste Ergebnisse zur Strohvergasung – Vergleichende Untersuchungen im Labor und im technischen Maßstab, http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Vortrag_7_Bauermeister_Kennwortschutz.pdf, Abruf am 19.09.2012, Jahr unbekannt.

BDWE: Strompreisentwicklung, http://bdew.de/internet.nsf/id/DE_20100311_PM_46_Prozent_des_Strompreises_sind_Steuern_und_Abgaben, Abruf 23.11.2011.

Bensmann, Martin: Biogasverstromung uninteressant, BIOGAS Journal 2/2012, S. 93-97, 2012.

BKWK: Bundesverband der Kraft-Wärme-Kopplung, http://www.bkwk.de, Abruf: 28.02.2012.

BMEL: Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland, http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/BiomasseaktionsplanNational.pdf?__blob=publicationFile, Abruf: 22.06.2012, 2010.

BMUB: Erneuerbare Energien – ein neues Zeitalter hat begonnen, http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiekonzept/Energieversorgung/ErneuerbareEnergien-Zeitalter/_node.html, Abruf 30.11.2012.

BMUB: Erneuerbare Energie in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung, Juli 2012.

BMUB: Thesenpapier: 2. EEG-Dialog „Potenzial und Rolle von Biogas“ am 4. Februar 2013 im Bundesumweltministerium, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Erneuerbare_Energien/eeg_dialog_2_thesen_bf.pdf, Abruf: 04.02.2013.

BMWi: Energiedaten – Nationale und Internationale Entwicklung, http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energiedaten.html,

Version vom 19.04.2012,
Abruf 18.09.2012.

BMWi: Factsheet Biogas,
http://www.exportinitiative.bmwi.de/EEE/Redaktion/Events/2010/Geschaeftsreisen/Downloads/2010-04-28-AHK-Geschaeftsreise-Frankreich-Factsheet-Biogas,property=pdf,bereich=eee,sprache=de,rwb=true.pdf, Abruf 06.12.2011, Berlin 2010.

Biogasrat: Biogas und Landwirtschaft, Berlin 2010.

Bundesnetzagentur: Biogas Monitoringbericht 2012,
http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Berichte/2012/BioGasMonitoringbericht2012pdf.pdf?__blob=publicationFile, Abruf: 21.06.2012.

Bundesregierung: Eckpunktepapier zur Energiewende,
http://www.bmub.bund.de/energiewende/downloads/doc/47467.php, Abruf am 21.6.2012.

Bundesregierung: Der Weg zur Energie der Zukunft – sicher, bezahlbar und umweltfreundlich,
http://www.bmub.bund.de/energiewende/beschluesse_und_massnahmen/doc/47465.php,
Abruf 22.03.2012, 06.06.2011.

Bundesregierung: Roadmap Bioraffinerien, Hrsg.: BMEL, BMBF, BMUB, BMWi, Mai 2012

Bradley, Douglas et al.: IEA Bioenergy Task 40: Country Report Canada 2011, 30. März 2012.

CARMEN – Centrales Agrar-Rohstoff-Marketing- und Entwicklungs-Netzwerk e.V.: Markt-daten, http://www.carmen-ev.de/dt/energie/hackschnitzel/hackschnitzelpreis.html, Abruf 21.03.2012.

Carus, Michael et al.: Entwicklung von Förderinstrumenten für die stoffliche Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen in Deutschland (Kurzfassung),
http://www.esf.de/portal/generator/14120/property=data/entwicklung__foerderinstrumente__nova.pdf, Abruf: 03.12.2012, Mai 2010.

Cocchi, Maurizio: IEA Bioenergy Task 40 – Country profile Italy 2011,
http://www.bioenergytrade.org/downloads/iea-task-40-country-report-2011-italy.pdf,
Abruf am 6.10.2012, April 2012.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (Hrsg.): Integration erneuerbaren Stroms in das Erdgasnetz. Power to Gas – eine innovative Systemlösung für die Energieversorgung von morgen entwickeln., Berlin, Mai 2012.

Dreher, Marion et al.: Bioenergie – Datengrundlagen für die Statistik der erneuerbaren Energie und Emissionsbilanzierung, Ergebnisbericht zum Workshop vom Juli 2011,
http://www.uba.de/uba-info-medien/4251.html, Abruf am 19.02.2012, Februar 2012.

Diekmann, Jochen: Erneuerbare Energie in Europa: Ambitionierte Ziele jetzt konsequent verfolgen, Wochenbericht des DIW, Nr. 45/2009, S. 784-792, Berlin 2009.

EEG-Mengentestat: http://www.eeg-kwk.net/de/file/EEG_2010_Public.pdf, Abruf: 07.12.2011.

EnAlgae: The case for algal biotechnolgoy, Homepage, http://www.enalgae.eu/the-case-for-algal-biotechnology.htm, Abruf: 30.11.2012.

Energieintensive Industrien in Deutschland: Stellungnahme zum Entwurf der Bundesregierung zur Fortführung des Energiesteuer-Spitzenausgleichs nach 2012,
http://www.bundestag.de/bundestag/ausschuesse17/a07/anhoerungen/2012/105/Stellungnahmen/07-EID.pdf, Abruf: 30.11.2012, 20.09.2012.

Energytech: Schweden – Biogas als leistungsgebundener Energieträger und Kraftstoff für Kraftfahrzeuge,

http://www.energytech.at/biogas/results.html?id=4064&menulevel1=3&menulevel2=4, Abruf: 07.12.2011.

Eurob'server: Biogas Barometer, http://www.eurobserv-er.org/pdf/baro212biogas.pdf, Abruf: 26.02.2013, 2012.

Eurobserver: The State of Renewable Energies in Europe 2011, ISSN 2101-9622, Dezember 2011.

Eurobserver: Policy files for all EU-27 Member States, http://www.eurobserv-er.org/policy.asp, Abruf: 30.08.2012.

Eurobserver: Solid Biomass Barometer, Nr. 182, 2007.

Eurobserver: Solid Biomass Barometer, Nr. 206, 2011.

Eurostat: Abruf Daten, http://www.eds-destatis.de/, 2011b.

Fachverband Biogas e.V.: Branchenzahlen, http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/12-06-01_Biogas%20Branchenzahlen%202011-2012-2013.pdf, Abruf: 21.06.2012.

FEE (Fördergesellschaft Erneuerbare Energien e.V.: Homepage – Aktuelles, http://www.fee-ev.de/aktuelles.html, Abruf am 24.09.2012.

FNR: Biogas, www.biogas-info.de, 8. Überarbeitete Auflage, 2012.

FNR: Basisdaten Bioenergie Deutschland, FNR, Gülzow-Prüzen, September 2011.

Gaul, Claus-Martin und Glaubitz, Thomas: Aktueller Begriff – EEG-Umlage 2010, Wissenschaftliche Dienste Deutscher Bundestag, Nr. 21/10, Berlin, 25.03.2010.

Gibson, Lisa: Bioenergy World Leaders, The Biomass Magazin, 2010, http://biomassmagazine.com/articles/3301/bioenergy-world-leaders, Abruf 09.12.2011.

Goh, Chun Sheng et al.: IEA Bioenergy Task 40 – Country Report The Netherlands 2011, http://www.bioenergytrade.org/downloads/iea-task-40-country-report-2011-the-netherland.pdf, Abruf am 8.10.2012, August 2012.

Grundhoff, Stefan und Breitinger, Matthias: Treibstoff aus der Mikrobensuppe, Zeit Online, Artikel vom 29. Oktober 2012, http://www.zeit.de/auto/2012-10/kraftstoff-mikroorganismen-nachhaltig, Abruf: 15.11.2012.

Hempel, Gotthilf: Der Traum von der Landwirtschaft im Meer, in: Faszination Meeres-forschung, Hrsg.: Hempel, Gotthilf, Hempel, Irmtraut und Schiel, Sigrid, S. 319-320, Verlag H.M. Hauschild gmbH, Bremen, 2006.

Hess, J. Richard et al.: International Energy Agency (IEA) Task 40: Country Report – United States 2010, INL/EXT-09-16132, Idaho USA, 2012.

IE Leipzig: Elektrische Energie, In: Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), S. 7-73, Gülzow 2006b.

Jering, Almut et al.: Globale Landflächen und Biomasse nachhaltig und ressourcenschonend nutzen, Hrsg.: Umweltbundesamt, http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4321.pdf, Abruf: 03.12.2012, Oktober 2012.

Kabasci, Stephan und Schweizer-Ries, Petra (V.i.S.d.P.) et al.: Akzeptanz von Biogasanlagen – Hintergrund, Analyse und Empfehlungen für die Praxis, http://www.umsicht.fraunhofer.de/content/dam/umsicht/de/documents/infomaterial/OE200/120410-akzeptanz-biogasanlagen.pdf, Abruf: 25.01.2013, März 2012.

Kirchner, Ron: Aktueller Algen-Boom geht in Richtung Bioenergie, Artikel vom 25. Juni 2012, http://www.biomasse-nutzung.de/european-workshop-microalgae-young-algaeneers/, Abruf: 30.11.2012.

Kirchner, Ron: Bioenergie und Biomasse-Strategie in Großbritannien durch Kampagne gestärkt, http://www.biomasse-nutzung.de/biokraftstoff-biomasse-biogas-england/, Abruf: 07.12.2011.

Kliebisch, Christoph et al.: Erhebung statistischer Daten zu Anbau & Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe, Zwischenbericht 2012, überarbeitete Fassung vom 17.09.2012

Klimaaktiv: Biogas in Österreich, http://www.klimaaktiv.at/article/archive/13807/, Abruf am 07.12.2011.

Koop, Dittmar: Sägewerker unzufrieden mit EEG-Entwurf, http://www.erneuerbareenergien.de/saegewerker-unzufrieden-mit-eeg-entwurf/150/482/31069/, Abruf am 24.09.2012.

Küffner, Georg: Schlechter als ihr Ruf, http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/umwelt-technik/kraft-waerme-kopplung-schlechter-als-ihr-ruf-1578989.html, Abruf: 28.02.2012, FAZ Artikel vom 16.01.2011.

Mantau, Udo e. a.: EUwood – Real potential for changes in growth and use of EU forests. Final report, Hamburg/Germany 2010.

Nagel, Florian-Patrice: Electricity from wood through the combination of gasification and solid oxide fuel cells, Dissertation, ETH Zürich, http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:41553/eth-41553-02.pdf, Abruf am 29.02.2012, Zürich 2008.

Nitsch, Joachim et al.: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global, Schlussbericht, 29. März 2012.

Ockenfels, Axel: Strombörse und Marktmacht, http://www.rwe.com/web/cms/mediablob/de/403782/data/403722/2/rwe/presse-news/so-ensteht-der-strompreis/Stromboerse-und-Marktmacht.pdf, Abruf 2.03.2012, Köln, 2007.

OVID: Kennzahlen Deutschland, http://www.ovid-verband.de/unsere-branche/daten-und-grafiken/kennzahlen-deutschland/?PHPSESSID=1e37d3fd3edb21d05db5ed55f5718327, Abruf: 07.12.2011.

Peters, Dirk et al.: Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix, ISBN: 978-3-9813760-5-0, aktualisierte Fassung vom September 2011.

Ren, Hai et al.: Bioenergy: Future Direction of China's Energy and Environment Integrated Strategy?, Ambio Vol. 37, No. 2, März 2008.

REN21: Background Paper: Chinese Renewables Status Report, Paris 2009.

REN21: Renewables 2011 – Global Status Report, Paris 2011.

REN21: Renewables 2012 – Global Status Report, Paris 2012.

Schnell, Roland: ein Gedankenausflug: Algen als Energie- und Öllieferant, Artikel vom 26. September 2012, http://www.biomasse-nutzung.de/algen-energie-kraftstoffe-unternehmen/?utm_source=Biomasse-Nutzung+Newsletter&utm_campaign=7538fcba9c-Biomas-se+Newsletter&utm_medium=email&ct=t(Newsletter_November_Biomasse_Blog11_7_2011), Abruf: 15.11.2012.

SPIEGEL: Biologische Nussknacker, Ausgabe 49/2011, S. 150, 2011.

Stern, Willem B.: Stroh als Quelle erneuerbarer Energie, SwissBull. Angew. Geol., Vol 15/1, . 95 - 103, 2010.

Strauch, Sabine und Krassowski, Joachim: Overview of biomethane markets and regulations in partner countries, http://www.greengasgrids.eu/sites/default/files/files/120325_D2_2_Overview_of_biomethane_markets_final(1).pdf, Abruf 30.08.2012, Oberhausen, März 2012.

Swedish Trade Council: Renewable Energy in the U.S. – Biogas, http://www.energimyndigheten.se/Global/Engelska/News/biogas.pdf, Abruf: 07.12.2011.

Tentscher, Wolfgang: Biogas und Biogasanlagen in China, Vortrag im Rahmen der 7. Asien-Pazifik-Wochen 2009, http://www.zab-branden-burg.de/files/documents/5_Tentscher_Vortrag_Biogas_und_Biogasanlagen_in_China_NEU.pdf, abruf: 07.12.2011.

Thrän, Daniela et al.: IEA Bioenergy Task 40: Country Report Germany 2011, Leipzig/Darmstadt, Januar 2012.

Trentmann, Nina: Deutschland soll Chinas Gülle zu Geld machen, Artikel vom 26.08.2012, http://www.welt.de/108806940, Abruf am 05.09.2012.

UBA: Biogaserzeugung in Deutschland, Dessau-Roßlau 2010.

Walter, Arnaldo und Dolzan, Paulo: IEY Bioenergy Task 40: Country Report – Brazil, August 2009.

Weimar, Holger et al.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring. Einsatz von Holz in Biomasse-Großfeuerungsanlagen 2011. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der holz- und Forstwirtschaft. Hamburg 2012.

Wellinger, Arthur: Biogaserzeugung und –nutzung: Sind wir auf dem richtigen Weg?, Vortrag am 28.01.2011 in Graz, http://www.biomasseverband.at/uploads/tx_osfopage/PSVI_1_Wellinger.pdf, Abruf: 07.12.2011.

Witt, Janet et al.: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, Zwischenbericht, http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Userupload_Neu/Stromerzeugung_aus_Biomasse_Zwischenbericht_Maerz_2011.pdf, Abruf Nov. 2011, DBFZ, Leipzig 2011.

Witt, Janet et al.: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Berichte_Projektdatenbank/3330002_Stromerzeugung_aus_Biomasse_Endbericht_Veröffentlichung_FINAL_FASSUNG.pdf, Abruf am 22.06.2012.

Zeddies, Jürgen et al. 2012: Globale Analyse und Abschätzung des Biomasse-Flächenpotentials, aktualisierte Ausgabe August 2012, Hohenheim 2012.

Experteninterviews:

Gerd Unkelbach, Fraunhofer CBP, Bioraffinerie Leuna

Ulrich Schieferstein, Verband Altholzaufbereiter und -verwerter

Prof. Pude, Uni Bonn

Hr. Maciejczyk, Fachverband Biogas

Lars Schmid, BSHD

Martin Bentele, DEPV

Hr. Drews, Fr. Steiner, Hr. Geiger, VDP

Anhang 1:

Quellen die als Grundlage zur Berechnung des Holzaufkommens und der Holzverwendung in Deutschland 2011 genutzt wurden:

AGEE-Stat: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, BMUB, Daten Stand: 08. März 2012, Abruf: 23.03.2012.

Bentele, Martin: Herausforderungen für eine zukunftsfähige Politik für mehr erneuerbare Wärme, Vortrag am 9. November 2012 in Berlin, http://www.fnr-ser-ver.de/cms35/fileadmin/allgemein/images/veranstaltungen/EEWaermeG2012/eewaermeg_fnr_bentele.pdf, Abruf: 29.11.2012.

BMEL: Holzmarktbericht 2011, http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Wald-Jagd/Holzmarktbericht-2011.pdf?__blob=publicationFile, Abruf: 04.09.2012, Bonn, Juni 2012.

BSHD (Bundesverband Säge- und Holzindustrie in Deutschland): Struktur der Sägeindustrie, http://www.bshd.eu/sites/themen.php?id=17, Abruf am 27. Juni 2012 und 2. August 2012.

BSHD: Angaben zur Produktion von Nadel-, Laubschnittholz, Sägenebenprodukte, persönliche Mitteilung per Email am 12. Oktober 2012.

DEPV (Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband): Marktdaten, http://www.depv.de/startseite/marktdaten/, Abruf am 2. August 2012.

Döring, Przemko und Mantau, Udo: Standorte der Holzwirtschaft – Sägeindustrie – Einschnitt und Sägenebenprodukte 2010. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. Arbeitsbereich: Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft. Hamburg, 2012.

VDS (Verband der Säge- und Holzindustrie): Säge- und Holzindustrie – Die Branche, http://www.saegeindustrie.de, Abruf am 27. Juni 2012.

Mantau, Udo: Energieholzverwendung in privaten Haushalten. Marktvolumen und verwendete Holzsortimente – Abschlussbericht. Hamburg 2012.

Mantau, Udo: Holzrohstoffbilanz Deutschland, Entwicklungen und Szenarien des Holz-aufkommens und der Holzverwendung 1987 bis 2015, Hamburg, 2012.

Mantau, Udo: Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring. Holzwerkstoffindustrie – Kapazitätsentwicklung und Holzrohstoffnutzung im Jahr 2010. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft. Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft,. Hamburg, 2012.

Mantau, Udo et al.: EUwood – Real potential for changes in growth and use of EU forests. Final report. Hamburg, Deutschland, Juni 2010.

Mantau, Udo et al.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring. Altholz im Entsorgungsmarkt – Aufkommens- und Vertriebsstruktur 2010. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft. Hamburg, 2012.

Mantau, Udo et al.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring. Die energetische Nutzung von Holz in Biomasseanlagen unter 1 MW im Jahr 2010 –. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft. Hamburg, 2012.

Ohnesorge, Denny: Welcher Holzbedarf besteht zukünftig bei der stofflichen und bei der energetischen Verwertung?, Vortrag vom 25. März 2012.

Seintsch, Björn: Holzbilanzen 2009 und 2010 für die Bundesrepublik Deutschland, Arbeitsbericht Nr. 04/2011, Zentrum Holzwirtschaft, Universität Hamburg, Hamburg 2011a.

Statistisches Bundesamt: Abruf Daten GENESIS-Online Datenbank, https://www-genesis.destatis.de/genesis/online, Abruf 27. Juni 2012.

Witt, Janet et al.: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse, http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Berichte_Projektdatenbank/3330002_Stromerzeugung_aus_Endbericht_Veröffentlichung_FINAL_FASSUNG.pdf, Abruf am 22.06.2012.

VDP (Verband Deutscher Papierfabriken): Papier 2011. Ein Leistungsbericht. Bonn, März 2011.

VDP: Papier Kompass 2012, http://www.vdp-online.de/pdf/2011Kompassdeutsch.pdf, Abruf am 2. August 2012.

VHI (Verband der Holzwerkstoffindustrie): Holzwerkstoffe – Branchendaten, http://www.vhi.de/VHI-Branchendaten2.cfm, Abruf am 2. August 2012.

Weimar, Holger: Der Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009, Arbeitsbericht vTI, Nr. 06/2011, Hamburg, Dezember 2011.

Weimar, Holger et al.: Standorte der Holzwirtschaft – Holzrohstoffmonitoring. Einsatz von Holz in Biomasse-Großfeuerungsanlagen 2011. Abschlussbericht. Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Arbeitsbereich Ökonomie der holz- und Forstwirtschaft. Hamburg 2012.

Wiedemann, Karsten: Der Stoff, aus dem Träume sind, neue Energien, 01/2012, S.60-63. 2012.

Persönliche Mitteilungen: Schieferstein, Ulrich (BAV), Sauerwein, Dr. Peter (VHI), Schmidt, Lars (BSHD), Weimar, Holger Dr. (vTI).