

FOS DISKUSSIONSPAPIER¹

Vorschlag für die zukünftige Rolle von Biogas im EEG

von Uwe Nestle

unter Mitarbeit von Roman Engelhardt

INHALT	SEITE
Inhalt Seite	1
Zusammenfassung der Ergebnisse	2
1 Vorbemerkung zu diesem Papier	4
2 Fakten und Anforderungen an die Förderung der Biomasseverstromung	6
2.1 Biomasse ist ein knappes, wertvolles und viel nachgefragtes Gut	6
2.2 Die Klimabilanz der Bioenergie	8
2.3 Die Flächeneffizienz der Biogasverstromung	9
2.4 Strom aus Biogas ist teuer	10
2.5 Starker Ausbau in den letzten Jahren	11
3 Die Rolle der Biomasse auf dem Weg zur annähernd vollständigen erneuerbaren Stromversorgung	13
3.1 Die erneuerbare Strommenge wird hauptsächlich aus Wind- und Sonnenenergie kommen	13
3.2 Biomasse kann einen stärkeren Beitrag zur Sicherung der notwendigen Erzeugungskapazitäten leisten	14
3.3 Zwischenfazit	16
4 Reformvorschlag	17
4.1 Der Vorschlag	17
4.2 Die Vorteile	17
4.3 Die Einsparungen	17
Quellen	21

¹ Die Grundlagen dieses Diskussionspapiers sind im Rahmen eines Forschungsprojektes des Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft für Greenpeace Deutschland entstanden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Bestandsaufnahme

Die Verstromung von Anbaubiomasse - oder auch NawaRo-Biomasse - schneidet im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energiequellen aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes, der sozialen Gerechtigkeit insbesondere zwischen reichen und armen Ländern und der Stromgestehungskosten vergleichsweise schlechter ab. Da Anlagen zur Verstromung von Anbaubiomasse ferner vergleichsweise geringe Investitionskosten, aber aufgrund der teuren Anbaubiomasse sehr hohe Betriebs bzw. Grenzkosten aufweisen, sollten sie als Spitzenlastkraftwerke betrieben werden. Derzeit werden sie allerdings vorwiegend als Grundlastkraftwerke betrieben. Eine solche Betriebsweise passt nicht in ein Stromsystem, das immer stärker von dargebotsabhängigen und fluktuierenden Energieträgern wie Wind- und Sonnenenergie sowie Wasserkraft bestimmt sein wird.

Mit Windenergie an Land und absehbar Photovoltaik sind dagegen deutlich größere und kostengünstigere Stromerzeugungspotenziale erschließbar, als noch vor wenigen Jahren angenommen wurde. Darüber hinaus sind diese beiden EE-Sparten aus Umweltsicht deutlich vorteilhafter. Daher hat die reine Stromerzeugung aus Biomasse heute deutlich an Relevanz verloren. Dennoch verbleibt bei Biogas- und Biomasseanlagen der große Vorteil, dass sie grundsätzlich bedarfsgerecht Strom produzieren und einspeisen können. Biomasseanlagen können also gesicherte Kraftwerkleistung bereitstellen und damit konventionelle Kraftwerke substituieren.

Wie lautet die Empfehlung?

Biomasse sollte zukünftig deutlich stärker zur Sicherung der verfügbaren Kraftwerksleistung und damit zur Stromversorgungssicherheit beitragen. Um die gesicherte Leistung von Biomasseanlagen zu erhöhen, sollten die finanziellen Anreize zur bedarfsgerechten Einspeisung von Biomasse-Strom verstärkt und bestehende Hemmnisse zur entsprechenden Umrüstung von Anlagen beseitigt werden. In einem ersten Schritt kann durch eine Umrüstung die installierte Leistung der Biomasseanlagen von heute knapp 6 auf knapp 12 GW im Jahr 2020 verdoppelt werden, ohne neue Anlagen zu errichten. Zentral ist, dass nach einer entsprechenden Umstellung einer Anlage gegenüber heute kein zusätzlicher Strom aus Anbaubiomasse produziert wird, um die entsprechenden bestehenden negativen Auswirkungen der Verstromung von Anbaubiomasse nicht weiter zu verschärfen.

Insgesamt kann und sollte auf eine weitere Erhöhung der aus Anbaubiomasse erzeugten Strommenge verzichtet werden - d.h. auch auf die Errichtung neuer Biogasanlagen zur Verstromung von Anbaubiomasse. Dies kann erreicht werden, indem für Biomasse Neuanlagen und „normale“ Anlagenerweiterungen die heutige „Rohstoffvergütungsklasse I“ (ehemals NawaRo-Bonus) ersatzlos gestrichen wird. Anspruchsvolle Klima- und Energieziele sollen mit dem verstärkten Ausbau insbesondere der kostengünstigen Windenergie an Land erreicht werden.

Was bringen die Empfehlungen?

Bei Umsetzung der Empfehlungen soll die gleiche Menge Strom aus Erneuerbaren Energien produziert werden - aber umwelt- und klimafreundlicher und insgesamt systemdienlicher als bisher. Aufgrund der dann installierten Leistung von Biomasseanlagen können bis 2020 bestehende konventionelle Kraftwerke mit einer Leistung von rund 11,8 GW ersetzt werden, bis 2025 erhöht sich diese verzichtbare Kraftwerksleistung auf knapp 16 GW. Umwelt- und klimafreundlicher würde die Stromversorgung bei Umsetzung der Empfehlungen durch die Substitution neuer Stromerzeugung aus Anbaubiomasse durch Windenergie an Land, da damit die negativen Umweltwirkungen und die im Vergleich zu anderen Erneuerbaren Energien hohen Treibhausgasemissionen bei der Biogasverstromung entfallen.

Unter den in Kapitel 4 aufgeführten Annahmen kann die mögliche Wirkung der Empfehlungen auf die Höhe der EEG-Umlage im Vergleich zu einem weiteren Ausbau abgeschätzt werden. Danach kann der Stopp des Zubaus von neuen Anlagen zur Anbaubiomasseverstromung die EEG-Umlage bis 2020 im Vergleich zum

BAU-Szenario² um knapp 1 Ct/kWh entlasten. Diese Einsparungen gelten gegenüber einem Szenario, in dem der heutige Umfang des Zubaus ungebremst weitergeführt wird, und bei ansonsten gleichbleibenden Rahmenbedingungen wie beispielsweise privilegierter Stromverbrauch, Menge des Eigenstrombedarfs und Höhe des Börsenstrompreises. Die Einsparungen fallen deutlich höher aus, wenn im BAU-Szenario eine weitere Steigerung des Ausbaus der Biogasverstromung unterstellt wird, beispielsweise in der Größenordnung von 2011 oder 2012.

Die alternative EE-Stromerzeugung durch Windenergieanlagen an Land würde im Jahr 2020 hingegen zu einer EEG-Umlage in Höhe von gut 0,20 Ct/kWh führen. Wenn die Windenergieanlagen nach frühestens 5 Jahren in die deutlich niedrigere Grundvergütung fallen, reduziert sich dieser Wert. Die Erweiterung der heute installierten Kapazität von Biomasseanlagen für eine bedarfsgerechte Einspeisung würde unter den unten dargestellten Annahmen im Jahr 2020 die EEG-Umlage um rund 0,15 Ct/kWh erhöhen.

Die vollständige Umsetzung der Empfehlungen würde vor diesem Hintergrund im Vergleich zum „weiter so“ im Jahr 2020 zusammengefasst zu einer um gut 0,6 Ct/kWh geringeren EEG-Umlage führen, im Jahr 2025 ergäbe sich eine Entlastung von gut 1,1 Ct/kWh. Mittel- bis langfristig würde diese Entlastung zunehmen, da die Windenergieanlagen nach mindestens 5 Jahren in die niedrigere Grundvergütung kommen.

²

Siehe Fußnote 9.

1 Vorbemerkung zu diesem Papier

Die Grundprinzipien des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) bestehen insbesondere in dem Vorrang des Anschlusses von Anlagen zur Erzeugung von Strom mit Erneuerbaren Energien (EE) an das allgemeine Stromnetz, dem Vorrang der Einspeisung und Durchleitung von Strom aus EE-Anlagen und der Vergütung dieses Stroms mit im EEG festgesetzten Tarifen. Damit soll ein wirtschaftlicher Betrieb der entsprechenden Anlagen ermöglicht werden. Bereits das Stromeinspeisungsgesetz, das 1991 in Kraft trat, war nach diesen Prinzipien konstruiert, wobei ein wirtschaftlicher Betrieb nur für die vergleichsweise günstigen Wasser- und Windkraftanlagen möglich war. Im Jahr 2000 wurden durch das Inkrafttreten des EEG - neben zahlreichen anderen Verbesserungen - die Vergütungen deutlich stärker nach Art und Größe der Anlagen, bei Windenergie nach dem Standort und bei Biomasse nach Art der Biomasse ausdifferenziert. Damit sollte auch die Stromerzeugung aus Sonnenenergie, Biomasse und Geothermie in der Regel wirtschaftlich werden.

Im Falle der Festvergütung ist die Einspeisevergütung die einzige Einnahmequelle für die EE-Anlagenbetreiber. Sie wird durch die Netzbetreiber ausgezahlt und der Strom durch die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) an der Börse verkauft. Die Differenzkosten zwischen den Verkaufserlösen und den in der Regel höheren Festvergütungen werden über die EEG-Umlage an alle Stromverbraucher weitergegeben. Im Falle der Direktvermarktung per Marktprämie erhält der Anlagenbetreiber eine geringere Vergütung in Form einer Prämie; zusätzlich kann er Einnahmen aus dem Verkauf des Stroms am Markt erzielen. Die Prämie wird als weiterer Teil der EEG-Umlage auf die Stromkunden umgelegt.

Seit 1999 haben sich sowohl die Bedeutung der EE für die Stromversorgung als auch die Zusammensetzung der Stromversorgung in Deutschland insgesamt deutlich verändert. Während der Anteil der Atomenergie an der Stromversorgung von 30,7 Prozent im Jahr 1999 auf 16,1 Prozent in 2012 fiel (AGEB, 2012), stieg der Anteil der EE im gleichen Zeitraum von 5,4 Prozent (BMU 2012a) auf 22,9 Prozent (BMU 2012c: 9). Der Anteil der fossilen Energieträger fiel von 60,5 Prozent auf 57,6 Prozent (AGEB 2012).

Damit sind die EE im Stromsystem keine Nebensache mehr, sondern eine tragende Säule der Stromversorgung. Darüber hinaus haben sowohl die Umweltorganisationen, die politischen Parteien als auch die Bundesregierung teils sehr anspruchsvolle Ziele zum weiteren Ausbau der EE gesetzt. Dieser Ausbau wird nicht nur an die gesamte Stromversorgung technische Anforderungen stellen. Vielmehr werden die verschiedenen EE-Anlagen - wie jede Infrastruktur - Auswirkungen auf Umwelt, Natur und Landschaft haben, auch wenn diese in der Regel deutlich geringer sind als diejenigen der konventionellen Energieträger. Nicht zuletzt werden die EE einen immer stärker werdenden Einfluss auf den Strompreis für die Endkunden haben - mittel- bis langfristig einen senkenden. Bis Anfang des Jahrtausends waren all diese Auswirkungen vergleichsweise klein. Mit den schnell wachsenden EE werden sie aber immer relevanter.

Dass der Ausbau der EE nicht schon heute zu einer Entlastung der Endkunden führt hat unterschiedliche Gründe, die überwiegend nicht auf die EE zurückzuführen sind. Insbesondere müssen die konventionellen Energien Atomenergie, Kohle, Erdgas und Mineralöl die bei der Stromerzeugung entstehenden Umweltkosten zum größten Teil nicht selber tragen bzw. die mit dem Betrieb der Anlagen verbundenen Risiken größtenteils nicht selber versichern. Entsprechend muss derjenige, der Strom aus diesen Quellen kauft, für diese Umweltkosten nicht aufkommen. Diese Kosten werden stattdessen von der Allgemeinheit bezahlt. Ein Beispiel ist der Klimawandel mit seinen globalen Folgen und Kosten. Die EE dagegen führen zu deutlich geringeren Umweltkosten und müssen sich gegen die vergleichsweise geringen Risiken vollständig selber versichern. Dies führt zu einer massiven Wettbewerbsverzerrung. Ohne diese Verzerrung wäre die Stromerzeugung aus Windenergieanlagen an Land, Wasserkraftwerken oder Photovoltaikanlagen sowie manchen Biomassekraftwerken bereits heute vollständig wettbewerbsfähig (FÖS 2012a). Für die Verstromung von Anbaubiomasse trifft dies aufgrund ihrer deutlich höheren Kosten allerdings nicht zu.

Beim Vergleich der Kosten, die bei der konventionellen und der EE-Stromerzeugung durch die Endkunden zu tragen sind, werden aber nicht nur Klimakiller mit annähernd emissionsfreien Techniken verglichen. Aufgrund des überwiegend alten konventionellen Kraftwerksparks werden auch alte, bereits abgeschriebene mit neuen Anlagen verglichen. Darüber hinaus bewirken die EE aufgrund des „Merit-Order-Effekts“ eine

spürbare Absenkung des Preises für Strom an der Börse und damit am gesamten Großmarkt. Davon sollten bei einem funktionierenden Markt alle Stromkunden profitieren. Bei der Ausweisung der Kosten der EE im Strombereich - der „EEG- Umlage“ - wird auch dieser Effekt nicht berücksichtigt. Eigentlich müsste er abgezogen werden. Dagegen führt der Merit-Order-Effekt rechnerisch sogar dazu, dass die EE teurer aussehen, als sie selbst unter den bestehenden ungleichen Marktbedingungen tatsächlich sind. Denn die EEG-Umlage beschreibt grundsätzlich die Differenz zwischen der Vergütung an die bestehenden EE-Anlagen und den am Markt erzielten Erlösen für diesen Strom. Wenn die Erlöse aber sinken, weil die EE selber den Marktpreis senken, steigt die Differenz - und damit die EEG-Umlage. Die EE machen sich nach diesem Prinzip quasi selber zwangsläufig teurer. All diese Aspekte müssten bei einer ehrlichen Bilanz über die Kosten des EEG berücksichtigt werden - die EEG-Umlage aber tut dies nicht.

Die EEG-Umlage muss also als ein verzerrter Indikator für die tatsächlichen Kosten des EE-Ausbaus gelten (FÖS, 2012b). Dies gilt umso stärker, je höher der EE-Anteil an der Stromversorgung wird. Die EEG-Umlage ist allerdings derzeit leider der von den meisten Akteuren akzeptierte Indikator für die EE-Kosten - und dürfte das vermutlich auf absehbare Zeit bleiben. Ferner gibt die EEG-Umlage trotz der genannten Kritikpunkte wertvolle Indizien über die EEG-Kosten. Daher muss bei der weiteren EE-Politik darauf geachtet werden, wie sich dieser Indikator aktuell entwickelt und entwickeln könnte. Will man ferner den Weg zur vollständigen erneuerbaren Stromversorgung gehen, sollte man unabhängig davon frühzeitig darauf achten, wie teuer der Übergang für die Endverbraucher und die Gesellschaft als Ganzes wird. Denn nur wenn die Politik diese Kosten im Blick und im Griff hat kann die notwendige breite Akzeptanz einer klimafreundlichen Energiewende dauerhaft erhalten werden.

Dies gilt umso mehr, als die Energiewende nicht mit dem Ausstieg aus der Atomenergie und dem Ausbau der EE im Strombereich alleine getan ist. Vielmehr muss zukünftig deutlich stärker in die Energieeffizienz und den Ausbau der EE im Wärmebereich investiert werden, das Stromnetz muss ausgebaut und Energiespeicher gebaut werden. All das erfordert für viele weitere Jahre weitere Investitionen, die über die bekannte EEG-Umlage hinausgehen. Wenn die Gesellschaft diese weiteren Ausgaben und die Politik dafür die Verantwortung schultern soll, müssen die tatsächlichen und die gefühlten Kosten des Ausbaus der EE in einer angemessenen und für eine breite Mehrheit akzeptablen Größenordnung gehalten werden. Dies gilt auch, wenn man heute davon ausgehen kann, dass sich diese Anfangsausgaben mittel- bis längerfristig für die Gesellschaft, die Volkswirtschaft und die Endkunden selber auszahlen werden.

2 Fakten und Anforderungen an die Förderung der Biomasseverstromung

Beim Ausbau der Biomasseverstromung spielte in den letzten Jahren Biogas, das aus „Anbaubiomasse“, auch „Nachwachsende Rohstoffe“ (NawaRo) genannt, erzeugt wird, die mit Abstand größte Rolle.³ Mehr als 90 Prozent aller Biogasanlagen nutzen die entsprechende erhöhte Förderung. In den vergangenen drei Jahren wurde die installierte Leistung von Biogasanlagen um durchschnittlich 450 MW erhöht - und damit auch die Stromproduktion. Auch im Jahr 2012, in dem viele einen deutlichen Einbruch erwartet hatten, stieg die installierte Leistung von Biogasanlagen noch um 350 MW. Dies waren jeweils etwa zur Hälfte Neuanlagen und Erweiterungen bestehender Anlagen (DFZB, 2012: 20; persönliche Information vom DFZB). Strom aus Anbaubiomasse wird dabei im EEG mit am höchsten vergütet (BMU 2011c). Gleichzeitig hat der gezielte Anbau von Biomasse zur Stromproduktion in der Regel deutlich stärkere Auswirkungen auf die Umwelt als andere EE-Technologien. Daher werden hier die Betrachtungen insbesondere auf Anbaubiomasse-Strom konzentriert.

2.1 Biomasse ist ein knappes, wertvolles und viel nachgefragtes Gut

Bioenergie unterscheidet sich von den anderen EE in einem entscheidenden Punkt: Sie steht in Konkurrenz zu anderen Nutzungsformen der Biomasse, in erster Linie der Nahrungsversorgung. Hinzu kommt wird in naher Zukunft eine wachsende stoffliche Nutzung von Biomasse. So wird sich Biomasse zukünftig nicht mehr nur überwiegend in Bereichen wie der Bauwirtschaft oder innerhalb der Möbelindustrie wiederfinden, sondern immer stärker zur Substitution von Mineralöl genutzt werden. Das betrifft alle Arten von Kunststoffen, aber beispielsweise auch chemische Produkte wie Medikamente oder Körperpflegeprodukte. Bei einer wachsenden Mineralölknappheit werden also nach und nach alle mineralölabhängigen Produktionszweige ihre Produktionsstrukturen anpassen müssen. Dies führt letztendlich zu einem Anstieg der Nachfrage nach Biomasse, der über den Ernährungs- und Energiesektor hinaus geht.

Vor diesem Hintergrund wird bedeutsamer, dass Biomasse auf unserem Globus nicht unbegrenzt zur Verfügung steht. Damit steht sie auch als Energieträger nicht unbegrenzt zur Verfügung. So wird es bei wachsender Weltbevölkerung und vermutlich steigenden Ansprüchen an die Ernährung bzw. steigendem Fleischkonsum insbesondere in Transformationsländern immer wichtiger zu diskutieren, für welche Zwecke land- oder forstwirtschaftlich nutzbare Flächen genutzt werden sollen. Dazu gehört die Diskussion, welche Arten von Biomasse als Energieträger für die Stromerzeugung, den Wärmemarkt und im Verkehr verwendet werden sollen, welche Rolle innerhalb des Stromsystems diese dann spielen sollen, genauso wie eine kritische Diskussion um die ökologischen Auswirkungen des wachsenden Fleischkonsums (FÖS, 2013).

Durch das EEG gefördert wird aktuell die Verstromung einer großen Anzahl verschiedener Biomassetypen, insbesondere Bioabfälle, Gülle, Landschaftspflegematerial, Rapskuchen, Holz aus Kurzumtriebsplantagen (KUP) und Anbaubiomasse (Nachwachsende Rohstoffe - NawaRo). Unter letzteren versteht man diejenigen Pflanzen, die speziell für die Erzeugung von Biogas zur Verstromung angebaut werden. Dies ist zumindest derzeit hauptsächlich Mais, der meist in Monokulturen angebaut wird. Für Anbaubiomasse, inklusive Holz aus KUP, wird land- oder forstwirtschaftlich nutzbare Flächen benötigt, die somit nicht mehr für die Erzeugung von Biomasse für die Nahrungsmittelversorgung oder die stoffliche Nutzung zur Verfügung stehen. Die Stromerzeugung aus Anbaubiomasse steht damit in einer besonderen Konkurrenz zu anderen Verwendungszwecken. Die für den Biomasseanbau genutzte Fläche in Deutschland dürfte nach Schätzungen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe im Jahr 2012 über 2.100.000 ha liegen (tatsächlich 2011: über 2.050.000 ha). Dabei überschreitet die für Biogas genutzte Fläche mit gut 960.000 ha (2011: über 900.000 ha) erstmals die Nutzungsfläche für Biodiesel aus Rapsöl sowie Energiepflanzenöl mit zusammen gut 910.000 ha (2011: 910.000 ha) (FNR 2012). Aus dem „Teller oder Tank-Problem“ ist damit auch ein Problem „Teller oder Stromproduktion“ geworden.

³ Biomasse ist der Überbegriff für feste, flüssige und gasförmige Biomasse. Letztere wird auch als Biogas bezeichnet, aus fester und flüssiger Biomasse erzeugt und dann in Strom und teilweise Wärme umgewandelt. Im Text wird bewusst entsprechend dieser Begriffsdefinition zwischen Biomasse und Biogas differenziert.

Darüber hinaus steht der explizite Anbau von Biomasse für die energetische Nutzung - wie der Biomasseanbau generell - in einer Konkurrenz zum Naturschutz und zum Erhalt der Biodiversität. Denn Flächen, die zum Anbau von Bioenergie verwendet werden, können keine Flächen mehr sein, auf denen sich die Natur, sowohl Flora als auch Fauna, vom Menschen weitgehend ungestört entwickeln kann. Besonders deutlich wird dies bei den Auswirkungen und den Diskussionen um den Maisanbau. Entsprechend haben verschiedene Umweltverbände sowie die Wissenschaft bereits eine durchaus kritische Stellung zur Nutzung von Bioenergie genommen (siehe Kästen).

Ausgewählte Zitate von Umweltorganisationen zur Nutzung von Bioenergie:

- *„Die „Grenzen des Wachstums“ bei der Anbaubiomasse sind erreicht - eine weitere Flächenausweitung ist mit erheblichen Kollateralschäden für Natur und Umwelt verbunden.“ (NABU, 2011: 2)*
- *„In dieser Situation ist eine weitere Ausweitung des herkömmlichen Energiepflanzenanbaus weder gesellschaftlich noch ökologisch vertretbar.“ (NABU 2011: 2)*
- *„Die Treibhausgas-Bilanzen von Bioenergie sind zunehmend umstritten und geraten durch die Debatte um indirekte Landnutzungsänderungen weiter unter Druck.“ (NABU 2011: 1)*
- *“Doch gerade Grünlandflächen mit ihrem in Vergleich zu Ackerflächen noch relativ heterogenen Pflanzenbewuchs sind in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten Lebensraum für viele Insekten und damit auch Vögel.” (WWF 2011: 16)*
- *“Mais ist, so wie er heute meist angebaut wird, aus der Sicht des Umwelt- und Naturschutzes eine höchst problematische Pflanze.“ (WWF, 2011)*
- *“Ob Biogas aus Mais überhaupt geeignet ist, die Treibhausgasemissionen gegenüber der Verwendung fossiler Energieträger wie Kohle oder Gas zu reduzieren, ist fraglich. (WWF 2011: 18)*
- *“Priorität der Nutzung der angebauten Biomasse hat deshalb deren Nutzung als Nahrungsmittel oder stofflicher Rohstoff.“ (BUND 2010: 12)*
- *“Der intensive Anbau von Energiepflanzen, wie etwa Raps und Mais, mit geringem Fruchtwechsel begünstigt das Auftreten von Krankheiten und Schadinsekten. Dies wiederum verleitet zu vermehrtem Einsatz von Pestiziden. Oder es dient als Begründung für den Einsatz von GVO, wie etwa Bt-Mais, der eine Resistenz gegen den Schädling Maiszünsler trägt.“ (BUND 2010: 9)*
- *„Trotz der Chancen, die die Bioenergie für die wirtschaftliche Entwicklung hat, beinhaltet ihr weiterer Ausbau erhebliche Risiken. Die Produktions- und Anbauformen sowie Landnutzungsänderungen, die mit der erhöhten Nachfrage nach verfügbaren Flächen einhergehen, stellen eine Bedrohung für Biodiversität und Klima dar. Auch gewaltsame Vertreibungen und Enteignung sowie Ausbeutung und Unterdrückung sind soziale Auswirkungen der starken Nachfrage nach Bioenergie, die durch den Druck auf die verfügbare Landfläche zunehmen.“ (ForumUE, 2007: 10)*
- *Eine 85-Liter Tankfüllung eines großen Geländewagens entspricht etwa 200 kg Mais - genug um eine Person ein Jahr lang zu ernähren. (ForumUE, 2007: 12)*
- *„Die Nutzung sauberen Wassers für die Bewässerung von Energiepflanzen steht in unmittelbarer Konkurrenz zur Trinkwassernutzung durch die lokale Bevölkerung. Dies wirkt sich besonders negativ auf Regionen aus, die ohnehin bereits von Wassermangel betroffen sind.“ (ForumUE, 2007: 4)*
- *„Großflächige industrialisierte und mechanisierte landwirtschaftliche Produktion schafft nur in geringer Zahl Arbeitsplätze, zerstört aber gleichzeitig existierende kleinbäuerliche und indigene Strukturen. Die Konsequenz ist größere soziale Ungleichheit und Armut.“ (ForumUE, 2007: 12)*

Ausgewählte Zitate von Wissenschaftsinstitutionen zur Nutzung von Bioenergie:

- „Es ist zusammenfassend davon auszugehen, dass sämtliche Bodenfunktionen durch einen mehrjährigen Maisanbau nachhaltig geschädigt werden.“ (LUGV 2011: 8)
- „Unter Berücksichtigung aller klimarelevanten Emissionen (Bodenbearbeitung, Düngemittleinsatz, Pestizideinsatz, Transportaufwand, Leckagen u.ä.) liegen sie auf dem Niveau von Gaskraftwerken. Im Mittel aller Anlagen ist davon auszugehen, dass ca. 200 g/kWh CO₂-Äquivalente emittiert werden. Dieser Betrag liegt knapp unter den Emissionswerten von erdgasbetriebenen Heizkraftwerken.“ (LUGV 2011: 1)
- „Im Jahr 2008 machten Brach- und Stilllegungsflächen nur noch einen Anteil von 2,6 % des Ackerlandes aus, während es 2006 noch 6,2 % waren. Dadurch wurden Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten vernichtet und damit u.a. deren Nahrungsflächen, Schlafplätze, Nistmöglichkeiten, und Rückzugsräume in der intensiv genutzten Agrarlandschaft. So wurde zum Beispiel den Körnerfressern wie Lerchen, Finken und Ammern die reichhaltige winterliche Nahrungsreserve genommen. Darüber hinaus gingen verbindende Biotopstrukturen verloren, was zu Beeinträchtigungen der Wandermöglichkeiten für Tierarten führt. Bewirtschaftet werden die zusätzlichen Ackerflächen überwiegend mit Wintergetreide, Raps und Mais. Aufgrund der anhaltenden Umnutzung von Brachen ist mit einer weiteren Beschleunigung der Bestandsverluste von Feldvogelarten zu rechnen.“ (Quelle: Umweltbundesamt 2011: Daten zur Umwelt. Umwelt und Landwirtschaft, Seite 92) in (WWF 2011: 17)
- „Um den Verbrauch von fossilen Brennstoffen und die Emissionen von Treibhausgasen zu reduzieren, sollte Deutschland nicht den weiteren Ausbau von Bioenergie anstreben.... Vielmehr sollte sich Deutschland auf andere erneuerbare Energieressourcen konzentrieren wie Photovoltaik, Solarthermie und Windenergie, deren Flächeneffizienz, Treibhausgas-Emissionen und andere Umweltbeeinträchtigungen niedriger sind als die von Bioenergie. Die Einsparung von Energie und Verbesserungen der Energieeffizienz sollten Vorrang haben.“ (Leopoldina, 2012: 13)

2.2 Die Klimabilanz der Bioenergie

Aufgrund der vielen verschiedenen Arten von Biomasse und der verschiedenen Techniken zur Verstromung kann keine allgemeine Aussage über die Klimabilanz der Bioenergienutzung gemacht werden. Vielmehr kann die Bilanz sehr unterschiedlich ausfallen und muss daher differenziert, abhängig von der verwendeten Biomasse und Technologie, beurteilt werden.

Die Klimabilanz von Strom aus Bioabfällen, Altholz oder Gülle ist in der Regel recht gut. Anders ist es bei der Verstromung von NawaRo. Dabei können - im Vergleich zu anderen Erneuerbaren Energien wie insbesondere Windenergie, Wasserkraft oder der Solarenergie - vergleichsweise große Mengen von Treibhausgasen emittiert werden. So werden laut Forschungsbericht des BMU zur Vorbereitung des EEG-Erfahrungsberichtes 2011 (BMU 2011b) bei einer nur mit Anbaubiomasse betriebenen Biogasanlage knapp 200 g THG (Energie) bzw. über 300 g THG (Exergie) freigesetzt (DBFZ, 2012: 72). Strom aus Windenergie oder Wasserkraft verursacht dagegen nur THG-Emissionen im unteren zweistelligen Grammbereich (BMU, 2011a: 24).

Werden Biogasanlagen nicht ausschließlich mit Anbaubiomasse beschickt, können die THG-Emissionen teils deutlich niedriger liegen. Bei diesen Anlagen werden neben Anbaubiomasse andere Stoffe vergast, beispielsweise Gülle, Bioabfälle, Landschaftspflegematerial etc.. Da deren Klimabilanz sehr gut ist, sind auch die Gesamt-THG-Emissionen dieser Anlagen vergleichsweise gut. Dennoch wären sich vermutlich noch besser, wenn der Anbaubiomasse-Anteil geringer wäre.

Zwar ist die Klimabilanz einer ausschließlich mit Anbaubiomasse betriebenen Biogasanlage noch besser als diejenige eines mit Braunkohle (1000-1240 g THG/kWh), Steinkohle (750-900 g THG/kWh) oder Erdgas (350-430 g THG/kWh) betriebenen Kraftwerks (BMU, 2011a: 24). Allerdings verlangen das 2°-Klimaziel und die nationalen und internationalen Klimaschutzziele eine Reduktion der THG-Emissionen des Energieberei-

ches auf deutlich unter 20 Prozent. Neue wissenschaftliche Erkenntnisse machen deutlich, dass eine Reduktion im oberen Bereich der im IPCC-Sachstandsbericht von 2007 angegebenen Reduktion von 80-95 Prozent der THG-Emissionen notwendig ist, wenn das 2°-Ziel erreicht werden soll. In Bereichen wie der Landwirtschaft oder einigen Industrieprozessen sind die Emissionsreduktionen technisch kaum möglich oder vergleichsweise teuer. Daher muss der Energiebereich überdurchschnittlich zur Emissionsreduktion beitragen. An diesen Anforderungen muss sich jede Stromerzeugungsart der Zukunft messen lassen. Mit Anbaubiomasse produzierter Strom wird diesen Anforderungen in der Regel nicht gerecht.

2.3 Die Flächeneffizienz der Biogasverstromung

Für die Erzeugung von Strom wird nicht nur Energie benötigt, sondern auch Fläche. Offensichtlich ist dies beispielsweise bei der Nutzung der Kohleenergie, wenn der Abbau im Tagebau stattfindet. Auch die Erneuerbaren Energien benötigen Flächen, allerdings in sehr unterschiedlichem Ausmaß. Deutlich sichtbar ist dies bei Stauseen, die zur Stromerzeugung verwendet werden oder beim Anbau von Mais, Raps und anderen Bioenergiepflanzen.

Tatsächlich sind die Stromerträge pro genutztem Quadratmeter Fläche beim speziellen Biomasseanbau im Vergleich zu anderen modernen EE sehr gering. Für die Produktion einer bestimmten Menge Strom wird also vergleichsweise viel Fläche benötigt. Tabelle 1 stellt typische jährliche Energiebeiträge von Technologien zur Nutzung von EE dar.

Tabelle 1 Flächenenergieerträge verschiedener Technologien der Erneuerbaren Energien

Technologie	Energieertrag	Bemerkungen
Biomasseanbau	2-6 kWh _{chem} /m ²	Bei der Umwandlung in Strom reduziert sich der nutzbare Energieertrag
Windenergie	40 kWh _{el} /m ²	Windpark mit 5 MW Anlagen, Abstand 500 Meter
Photovoltaik	100-130 kWh _{el} /m ²	Strahlungsangebot 1.100 kWh/m ² (mittlere Breiten)
Solarkollektoren	250-300 kWh _{th} /m ²	Wärme mit 80-200°C

Quelle: Nitsch, 2008: 72

Bei den in Tabelle 1 genannten Werten für den Energieertrag ist zu beachten, dass die jeweils berücksichtigten Flächen in unterschiedlicher Art und Weise genutzt werden. Die Nutzung hat damit unterschiedliche Auswirkungen auf Umwelt und Natur. Insbesondere bei der Windenergie sind in der Regel nur die vergleichsweise kleinen versiegelten Flächen rund um das Windrad selber nicht mehr für andere Zwecke nutzbar. Der allergrößte Teil der berücksichtigten Fläche kann für landwirtschaftliche und teilweise auch forstwirtschaftliche Zwecke genutzt werden. Auch bei Photovoltaik Freiflächenanlagen können die Flächen zwischen den Modulen teilweise genutzt werden. Darüber hinaus können große Strommengen allein aus der Nutzung geeigneter Dach- und Fassadenflächen gewonnen werden. Damit werden zwar auch Flächen benötigt. Allerdings sind diese Flächen ja bereits durch die Gebäude genutzt, es entstehen so keine zusätzlichen negativen Auswirkungen auf Natur und Umwelt.

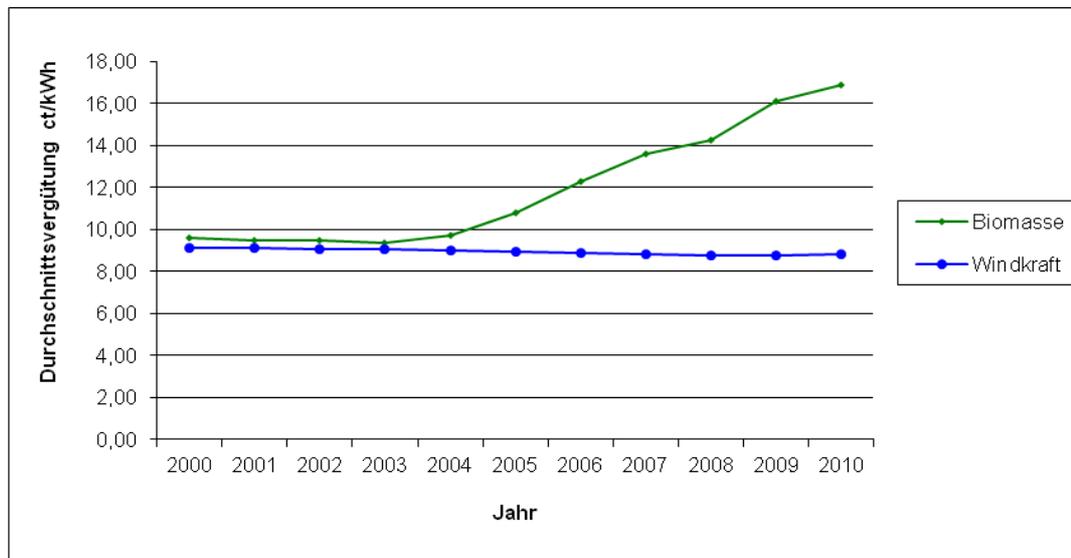
Beim Biomasseanbau zur Biogas- und Stromgewinnung allerdings werden die Flächen zumindest für die Zeit des Pflanzenwachstums jeder anderen Nutzungsmöglichkeit entzogen. Auf diesen Flächen können

keine Nahrungsmittel mehr angebaut und kein Naturschutz betrieben werden. Zusätzlich werden die Flächen und ggf. das Grundwasser durch die Verwendung von Düngemitteln und Pestiziden belastet.

2.4 Strom aus Biogas ist teuer

Die durchschnittliche Vergütung von Strom aus Biomasseanlagen ist seit dem Jahr 2000 kontinuierlich gestiegen. Im Jahr 2000 lag sie mit 9,62 ct/kWh nur leicht über der durchschnittlichen Vergütung von Windenergieanlagen mit 9,10 ct/kWh. Während deren durchschnittliche Vergütung kontinuierlich leicht sank, stieg sie für Biomassestrom auf 12,27 ct/kWh im Jahr 2006, 14,24 ct/kWh im Jahr 2008, 16,86 ct/kWh im Jahr 2010 und 17,48 im Jahr 2011 (siehe Abb. 1) (BDEW, 2012c: 31). Im Jahr 2012 lag sie vermutlich noch höher.

Abbildung 1 Entwicklung der Durchschnittsvergütung aller installierten und EEG-geförderten Biomasse- und Windenergieanlagen an Land von 2000 bis 2010⁴



Quelle: BDEW, 2012c: 31

Grund für diese Steigerung ist, dass im EEG erst seit der Neufassung 2004 eine höhere Vergütung für Strom aus Anbaubiomassee eingeführt wurde. Denn die Potenziale für kostengünstige Biomassetypen wie beispielweise Altholz waren schon bald größtenteils erschlossen, sodass kaum neue Anlagen, die mit diesen Stoffen zusätzlichen günstigen Biomassestrom hätten produzieren können, hinzu gebaut wurden. Dies war auch die Motivation bei der Einführung der erhöhten Förderung der Stromproduktion aus Anbaubiomassee: man wollte einen weiteren Zuwachs an Biomassestrom, was nur mit neuen, bislang kaum erschlossenen, aber auch teureren Biomassepotenzialen möglich war.

Angaben über die Durchschnittsvergütung von Biogasanlagen - ohne Betrachtung der Anlagen zur Verstromung von fester Biomasse - sind rar. Die höchste theoretisch mögliche Vergütung für kleine Anlagen, die 2004 in Betrieb gingen, liegt bei 30,67 ct/kWh, für im Jahr 2012 in Betrieb genommene Anlagen liegt sie bei 25,3 ct/kWh und für im Jahr 2013 in Betrieb genommene Anlagen bei knapp unter 25 Ct/kWh. Der BMU-Entwurf des EEG-Erfahrungsberichtes 2011 gibt für typische Beispielanlagen, die im Jahr 2009 in Betrieb genommen wurden, Vergütungen an. Mit durchschnittlich 25,77 ct/kWh wird eine Biogasanlage mit einer Leistung von 150 kW_{el} vergütet, die den damaligen NawaRo- und KWK-Bonus erhält, einen Anteil von 35 Prozent Gülle verwendet und den Formaldehydgrenzwert einhält. Eine mit einer Leistung von 500 kW_{el} recht große - und damit „kostengünstige“ - Anlage, die ebenfalls den damaligen NawaRo- und KWK-Bonus

⁴

Dieser Durchschnitt liegt deutlich unter den durchschnittlichen Vergütungen neuer Biogasanlagen auf Basis von Anbaubiomassee, da die vor allem bis 2004 gebauten deutlich günstigeren Anlagen für feste Biomasse den Durchschnitt spürbar verringern. Auch diese Anlagen bekommen heute noch diese günstige Vergütung, da sie für 20 Jahre ausgezahlt werden müssen.

erhält und den Formaldehydgrenzwert einhält bekommt durchschnittlich 20,03 ct/kWh (BMU, 2011b: 69). Diese Werte sind mehr als doppelt so hoch wie die Anfangsvergütung für Windenergieanlagen an Land und höher als die Anfangsvergütung für Windenergieanlagen Offshore sowie deutlich höher als die Vergütung aller PV-Anlagen, die zukünftig ans Netz gehen. Auch im BMU wird das heute bereits kritisch gesehen. So stellt die Parlamentarische Staatssekretärin Ursula Heinen-Esser im April 2012 fest, dass „Strom aus Biomasse teilweise heute teurer ist als aus Solaranlagen, was in der Zukunft immer häufiger der Fall sein wird“ (BMU, 2012b: 6).

Dennoch hat sich diese Situation mit dem seit 1.1.2012 geltenden EEG nicht grundlegend geändert. Der damalige NawaRo Bonus wurde zwar abgeschafft, dafür wurde aber eine einsatzstoffbezogene Vergütung eingeführt, welche im Vergleich zum NawaRo-Bonus nur geringfügig abgesenkt worden ist. Mais z.B., der bisher unter den NawaRo-Bonus fiel, gehört jetzt zur Einsatzstoffvergütungsklasse I und wird somit nach wie vor über die Grundvergütung hinaus vergütet. Desweiteren wurde die Grundvergütung im Vergleich zum EEG 2009 erhöht (siehe Tabelle 4). Anders als bei Windenergie Offshore und PV sind die im EEG festgelegten Degressionsstufen bei Biogasanlagen eher zu vernachlässigen. Sie liegen nach dem EEG 2012 für Grundvergütung und Boni bei 2 Prozent. Die neu eingeführten Einsatzstoffvergütungsklassen unterliegen zudem überhaupt keiner Degression (BMELV, 2012: 35). Strom aus Anbaubiomasse zu erzeugen bleibt also auf absehbare Zeit teuer. In diesem Papier wird aufgrund der o.g. Werte und einer Analyse der Steigerung der durchschnittlichen Vergütung aller Biomasseanlagen über mehrere Jahre in Verbindung mit dem entsprechenden Zubau von Biomasseanlagen davon ausgegangen, dass eine mit Anbaubiomasse beschickte Anlage auch zukünftig eine durchschnittliche Vergütung von rund 23 ct/kWh erhält.⁵

Tabelle 2 Vergütungen für Biogasanlagen im EEG 2009*

Anlagenleistung (kW)	EEG 2009		EEG 2012	
	2011		2012	
Inbetriebnahmejahr	Grundvergütung	NawaRo Bonus	Grundvergütung	Zusätzliche Einsatzstoffvergütung (Klasse I / II)
< 150 ¹⁾	11,44	6,86	14,3	6 / 8
< 500	9,0	6,86	12,3	6 / 8
< 750	8,09	3,92	11,00	5 / 8 bzw. 6
< 5000	8,09	3,92	11,00	4 / 8 bzw. 6
< 20000	7,63		6,00	

Quelle: BMELV, 2012: 32f

* Im aktuellen EEG kann noch ein Gasaufbereitungsbonus in Höhe von bis zu 3 Ct/kWh hinzukommen. Kleine Gülleanlagen erhalten 25 ct/kWh

2.5 Starker Ausbau in den letzten Jahren

Der Zubau der Biomasseanlagen war in den vergangenen Jahren vergleichsweise zügig. Daher ist die Biomasse derzeit nach der Windenergie der zweitwichtigste Erneuerbare Energieträger bei der Stromversorgung. Diese dynamische Entwicklung wurde von den meisten relevanten Energieszenarien nicht prognostiziert bzw. für nicht sinnvoll und notwendig erachtet (siehe Tabelle 2). Eine stärkere Nutzung von Anbaubiomasse bzw. ein so schnelles Wachstum wurde insbesondere aus ökologischen Gründen als nicht sinnvoll eingeschätzt. So wurde in DLR et al. (2012, S. 83f) von einer begrenzten Menge aus Umweltsicht vertretbar zu nutzende Anbaubiomasse ausgegangen, die auch langfristig nicht überschritten werden sollte. In der längerfristigen Aufteilung zwischen Biogas, Kurzumtriebsplantagen und Biotreibstoffen wird der Biogaserzeugung eine Anbaufläche von 1,0 Mio. ha zugeordnet, die bereits damals zu 80 Prozent genutzt

⁵ Leider liegen zur durchschnittlichen Vergütung von Biogasanlagen, die mit Anbaubiomasse betrieben werden, keine Angaben vor.

wurde (DLR et al., S. 84). Aufgrund des weiteren Zubaus in 2012 und 2013 dürften die 1 Mio. ha inzwischen fast vollständig ausgeschöpft sein. Nach einigen Schwankungen beim Ausbau der Biomasseanlagen zu Beginn des Jahrtausends stieg der Zubau an Biomasse- und Biogasanlagen zwischen 2007 und 2011 kontinuierlich an und ist im Jahr 2012 spürbar abgefallen - lag aber noch immer auf sehr hohem Niveau (siehe Abb. 2). Sollte sich der Zubau der Jahre 2010 bis 2012 in etwa so fortsetzen, dann wäre der für 2020 erwartete Wert für Biogasanlagen in DLR et al. (2012) bereits im Laufe des Jahres 2014 erreicht. Auch die Werte für Biomasseanlagen der Szenarien von Bundesregierung zum aktuellen Energiekonzept oder des Sachverständigenrat für Umweltfragen würden deutlich früher erreicht (EWI et al., 2010 und SRU, 2010). Würde diese Ausbaugeschwindigkeit anhalten, würde im Jahr 2020 rund 2,4 Mal so viel Biogasstrom produziert, als von DLR et al. 2012 angenommen.

Tabelle 3 Vergleich des Ausbaus von Biomasseanlagen in verschiedenen Energieszenarien

Installierte elektrische Leistung von Biomasseanlagen (MW)	Szenario	2020	2050
DLR et al., 2012, (S.311)	Basis A	8.955, davon Biogas: 3.437	10.377 davon Biogas: 4.160
EWI et al., 2010, (Anhang 1-20)	Alle	5.700	6.000
SRU, 2010, (S.55 Abb. 4-10),	2.1.a	Rund 8.000-9.000	Rund 2.000-2.500

Das schnelle Wachstum im Biomassebereich beruhte in den vergangenen Jahren in immer stärkerem Maße auf dem Zubau von Biogasanlagen. In Abb. 2 wird deutlich, dass sie inzwischen fast den gesamten Biomasseausbau ausmachen, da kaum noch andere Biomasseanlagen mehr gebaut werden.

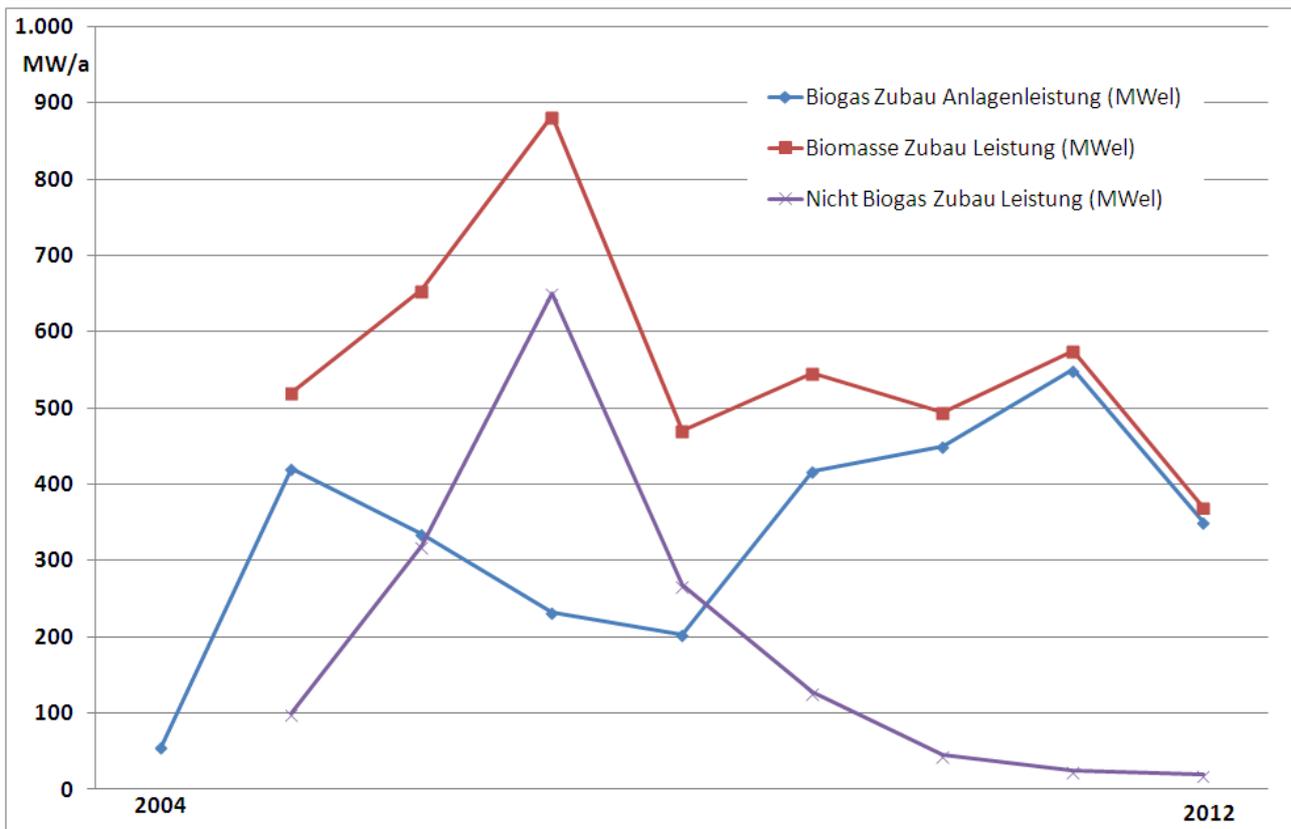
Tabelle 4 Vergleich Annahmen Leitstudie 2011 und Ausbau in 2010 und 2011

	2010	2011	2012	Konstanter Zubau wie 2010 bis 2012 bzw. im Jahr 2020	DLR et al., 2012, Szenario Basis A zwischen 2010 und 2020 bzw. im Jahr 2020
Zubau Biogasanlagen (MW/a)	450 ¹⁾	550 ¹⁾	350	400 ³⁾	65 ⁵⁾
Gesamte installierte Leistung Biogasanlagen (MW)	2.300 ¹⁾	2.850 ¹⁾	3.200	6.550 ⁴⁾	3.437 ⁵⁾
Stromproduktion aller Biogasanlagen (GWh/a)	15.740 ²⁾	19.500 ³⁾	22.000 ³⁾	45.000 ⁴⁾	21.341 ⁵⁾

Quelle: ¹⁾ E-Mail Scheftolowitz, DBFZ ²⁾ BMU, 2012c ³⁾ eigene Annahme ⁴⁾ Errechneter Wert ⁵⁾ DLR et al., 2012

Die hier dargestellten Energieszenarien erreichen die Klimaziele der Bundesregierung, dadurch erscheint ein schnelleres Wachstum als in diesen Szenarien nicht notwendig. Vielmehr droht ein längerfristig so schnelles Wachstum die Anpassungsfähigkeit des Ökosystems zu überlasten.

Abbildung 2 Jährliche Zubauraten von Biomasseanlagen zwischen 2004 und 2012



Quellen: BMU 2012 a, DBFZ 2012, persönliche Information vom DBFZ, 2013

3 Die Rolle der Biomasse auf dem Weg zur annähernd vollständigen erneuerbaren Stromversorgung

3.1 Die erneuerbare Strommenge wird hauptsächlich aus Wind- und Sonnenenergie kommen

Sowohl die Windenergie (an Land) als auch die Photovoltaik kann einen deutlich höheren Anteil der Stromversorgung Deutschlands zur Verfügung stellen, als zu Beginn des Jahrtausends allgemein angenommen wurde. Insbesondere bei der Photovoltaik kam es zu einem rasanten Wachstum und zu einer extremen Kostenreduktion. Beides wurde vor zehn Jahren von kaum jemandem auch nur in ähnlichen Dimensionen abgesehen.

Während zu Beginn des Jahrtausends jedes Jahr PV-Anlagen mit einer Leistung von etwas über 100 MW installiert wurden, waren es in den vergangenen drei Jahren jeweils rund 7.500 MW (BMU, 2012a: 10). Damit lieferte die Sonnenenergie bereits 2012 knapp 5 Prozent der deutschen Stromversorgung. Vor zehn Jahren gingen die meisten Akteure davon aus, dass mit PV-Anlagen auf absehbare Zeit zumindest in Deutschland keine nennenswerten Strommengen erzeugt werden könnten. So stellt die Vorläuferstudie der BMU-Leitstudien von 2004 fest: „Selbst bei weiterhin anhaltenden starken Wachstumstendenzen - wofür die Ausbaupläne der Industriefür PV-Fertigungskapazitäten sprechen - kann ein Beitrag von 0,1 Prozent erst um 2010 und von 1 Prozent um 2020 erreicht werden.“ (BMU, 2004)

Tabelle 5 Installierte Leistung von Photovoltaikanlagen 2000-2012

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Leistung (MW)	76	186	296	435	1105	2056	2899	4170	6120	9914	17320	24800	32400
Zunahme		110	110	139	670	951	843	1271	1950	3794	7406	7500	7600

Quelle: BMU 2012a, Seite 10; BNetzA, 2012a: 1 und BNetzA 2012b

Da die Kosten und die EEG-Vergütungen für PV-Strom seit Inkrafttreten des EEG um rund 80 Prozent gefallen sind, liegen sie inzwischen so niedrig, dass aus Kostengründen ein weiterer Zubau in vierstelliger MW-Höhe durchaus vertretbar erscheint. Dies entspricht den im EEG festgelegten Ausbaukorridor von 2.500 bis 3.500 MW pro Jahr. Bei Einhaltung dieses Korridors - d.h. bei einem im Vergleich zu den vergangenen drei Jahre auf weniger als die Hälfte reduzierten Zubau - trüge die Sonnenenergie im Jahr 2020 mit gut 8 Prozent zur deutschen Stromversorgung bei - statt zu 1 Prozent, wie vor weniger als 10 Jahren noch angenommen.

Auch die Windenergie an Land kann heute deutlich mehr, als vor einigen Jahren angenommen. BMU 2004 ging davon aus, dass beispielsweise die installierte Leistung einer einzelnen Windenergieanlage zwischen 2020 und 2050 bei 3 MW liegen würde. Tatsächlich werden seit einigen Jahren Anlagen mit einer Leistung von bis zu 8 MW gebaut und betrieben. Ferner haben heutige Anlagen eine deutlich höhere Volllaststundenzahl als vor 10 Jahren angenommen, u.a. weil sie deutlich höher gebaut werden können und einen größeren Rotordurchmesser haben. Nicht zuletzt stehen heute mehr Flächen für die Windenergie zur Verfügung. Nachdem lange Zeit praktisch nur landwirtschaftliche Flächen für die Windenergie zur Verfügung zu stehen schienen, können Windparks heute auch auf Militärgeländen und im Forst errichtet werden.

Deutlich werden diese Entwicklungen in dem unterstellten Potenzial für die Stromerzeugung aus Windenergie an Land. Bis vor wenigen Jahren ging man davon aus, dass in Deutschland Windenergieanlagen mit einer Leistung von insgesamt maximal rund 50 GW installiert werden können. Aktuelle Studien errechnen, dass bei einer Nutzung von 2 Prozent der Fläche Deutschlands knapp 200 GW Windenergieleistung möglich sind. Wenn aber mehr als 2 Prozent der Fläche verwendet werden kann, steht ein noch deutlich höheres Potenzial zur Verfügung. Damit ist offensichtlich, dass allein mit Windenergie an Land ein erheblicher Anteil unseres gesamten Strombedarfs gedeckt werden kann. Im Zweifel auch der gesamte (IWES, 2011).

3.2 Biomasse kann einen stärkeren Beitrag zur Sicherung der notwendigen Erzeugungskapazitäten leisten

Während Biomasse für die Produktion von Strommengen heute eine geringere Bedeutung hat als noch vor wenigen Jahren unterstellt wurde, kann sie eine wichtigere Rolle für die Stromversorgungssicherheit übernehmen als bisher. Denn Biomasse - und damit auch die Verstromung von Anbaubiomasse in Biogasanlagen - kann bedarfsgerecht Strom produzieren und einspeisen. Sie kann damit zuverlässig dann Strom liefern, wenn Wind und Sonne gerade nicht zur Verfügung stehen. Deswegen ist die Verstromung von Biogas zumindest so lange wichtig für die Energiewende, bis andere direkte oder indirekte Speichermöglichkeiten für Strom technisch verfügbar und bezahlbar sind. Um diese Vorteile der Biomasse voll zur Geltung zu bringen, müssen die Biomasseanlagen umgerüstet werden und mehr Verantwortung für die Versorgungssicherheit übernehmen. Unter diesen Bedingungen können Biomassekraftwerke konventionelle Kraftwerke vollständig ersetzen und damit beispielsweise den Ausstieg aus der Atomenergie sinnvoll unterstützen.

Ende 2012 waren in Deutschland Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von gut 3.000 MW_{el} in Betrieb. Deren Beitrag zur Sicherung der Stromversorgung war aber deutlich geringer, als er sein könnte. Aufgrund der Struktur des EEG sind diese Anlagen dafür ausgelegt, möglichst hohe Volllaststunden zu haben. Durchschnittlich weisen bestehende Biomasseanlagen zwischen 5.900 und 6.400 Volllaststunden auf - bei 8760 Stunden, die ein Jahr hat (ÜNB, 2012: 15). Neue Biogasanlagen laufen mit bis zu 7500 Volllast-

stunden (r2b, 2012, Seite 41). Sie fahren also möglichst rund um die Uhr, immer mit der gleichen Leistung. Sie gleichen somit weder Flauten der Wind- und Solarenergie aus noch reagieren sie, wenn ein hoher Strombedarf besteht.

Beides können Biogasanlagen nur, wenn sie auch technisch in der Lage sind, Biogas zu speichern - oder die Produktion von Biogas spürbar und relativ kurzfristig beeinflussen können. Und sie müssten in der Lage sein, das vorhandene Biogas in den wenigen Stunden zu verstromen, in denen dieser Strom besonders dringend gebraucht wird. Dafür müssen sie ihre Stromproduktionskapazität erhöhen. Biogasanlagen, die in Kraft-Wärme-Kopplung betrieben werden, müssen zudem das heiße Wasser speichern können. Denn nur dann steht es zu Verfügung, wenn eine Nachfrage nach Wärme, nicht aber nach Strom besteht. All diese Vorrichtungen sind heute technisch kein Problem. Die bestehenden Biogasanlagen in Deutschland haben sie derzeit aber in der Regel nicht, da bis vor kurzem die Anreize im EEG dafür vollständig fehlten.

Mit der Flexibilitätsprämie, die seit der Novelle des EEG zum 1.1.2012 genutzt werden kann, sind solche Anreize eingeführt worden. Allerdings erscheint diese Prämie sehr niedrig, und sie kann nicht in Anspruch genommen werden, wenn die Anlagenbetreiber die traditionelle Festvergütung nutzen. Entsprechend werden in den Prognosen der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) zur Entwicklung der EEG-Umlage 2012 und 2013 keine nennenswerten Zuwächse bei der Nutzung der Flexibilitätsprämie angenommen (ÜNB, 2012). Dies deutet darauf hin, dass das Potenzial, das die Biomasseanlagen zur Sicherung der Stromversorgung bieten, auch in den kommenden Jahren bei weitem nicht ausgenutzt werden dürfte, es keine entsprechenden stärkeren Anreize gegeben werden. Die Flexibilitätsprämie ist als Kostenfaktor für die EEG-Umlage mit einem Beitrag von nur rund 0,001 ct/kWh angenommen (IZES, 2012: 23). Dies ist ein Hinweis darauf, dass keine bedeutende Entwicklung erwartet wird. Es besteht also allem Anschein nach deutliches Verbesserungspotenzial beim Anreiz zur bedarfsgerechten Einspeisung von Biomassestrom. Hinsichtlich der Inanspruchnahme der Flexibilitätsprämie bleibt abzuwarten, ob die Prognose der ÜNB sich in der Realität bestätigt. Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass der Anreiz der Flexibilitätsprämie nicht zur Erhöhung der gesamten Stromproduktion missbraucht wird.

Das Potenzial zur Substitution konventioneller Kraftwerke könnte durch eine umfassende Nachrüstung von Biomasseanlagen deutlich erhöht werden, insbesondere wenn neben den Biogasanlagen auch die anderen Arten von Biomasseanlagen hinzugenommen werden. Damit Biogas- und andere Biomasseanlagen als Spitzenlastkraftwerke fungieren können und somit wind- und sonnenschwache Zeiten überbrücken sowie zur Bereitstellung von Reserve- und Regelleistung beitragen können, muss u.a. deren Stromerzeugungskapazität ausgebaut werden. Insgesamt waren in Deutschland Ende 2012 Biomasseanlagen mit einer installierten Leistung von gut 5,85 GW in Betrieb (BMU, 2012c: 21), Ende 2013 könnten es rund 6,2 GW sein.

Wenn davon ausgegangen wird, dass ab 2014 bis 2020 etwa die Hälfte aller Biomasseanlagen - insbesondere die großen Biogasanlagen - für eine bedarfsgerechte Einspeisung umgerüstet werden und diese Anlagen ihre installierte Leistung verdreifachen, kann die installierte Leistung aller Biomasseanlagen auf rund 11,8 GW erhöht werden, wovon 8,4 GW explizit bedarfsgerecht Strom einspeisen.⁶ Bis 2025 kann sich unter diesen Annahmen die Gesamtleistung aller Biomasseanlagen auf knapp 16 GW erhöhen, wovon dann 14,4 GW explizit bedarfsgerecht einspeisen können. Die aufgerüsteten Anlagen müssten dabei gleichzeitig ihre Volllaststundenzahl dritteln, damit die Stromproduktion und damit die negativen Umweltauswirkungen sowie die Kosten für die Stromkunden nicht erhöht werden. Diese bis 2020 installierte Leistung von 11,8 GW Biomasseanlagen entsprechen der Leistung aller nach dem Atomunglück von Fukushima im Jahr 2011 endgültig abgeschalteten Atomkraftwerke und den Atomkraftwerken Grafenrheinfeld, Grundremmingen B und Philippsburg 2, die in den Jahren 2015, 2017 und 2019 abgeschaltet werden sollen.

Mit dieser Strategie wird zwar die installierte Leistung von Biogasanlagen erhöht, die produzierte Strommenge bliebe aber gleich. Somit bleibt auch die Menge der eingesetzten Biomasse gleich, wodurch keine zusätzliche Anbaubiomasse angebaut werden muss und kein zunehmender Bedarf an landwirtschaftlicher Fläche entsteht. Die Umweltbelastung durch die Biogasverstromung wird also nicht weiter verschärft.

⁶

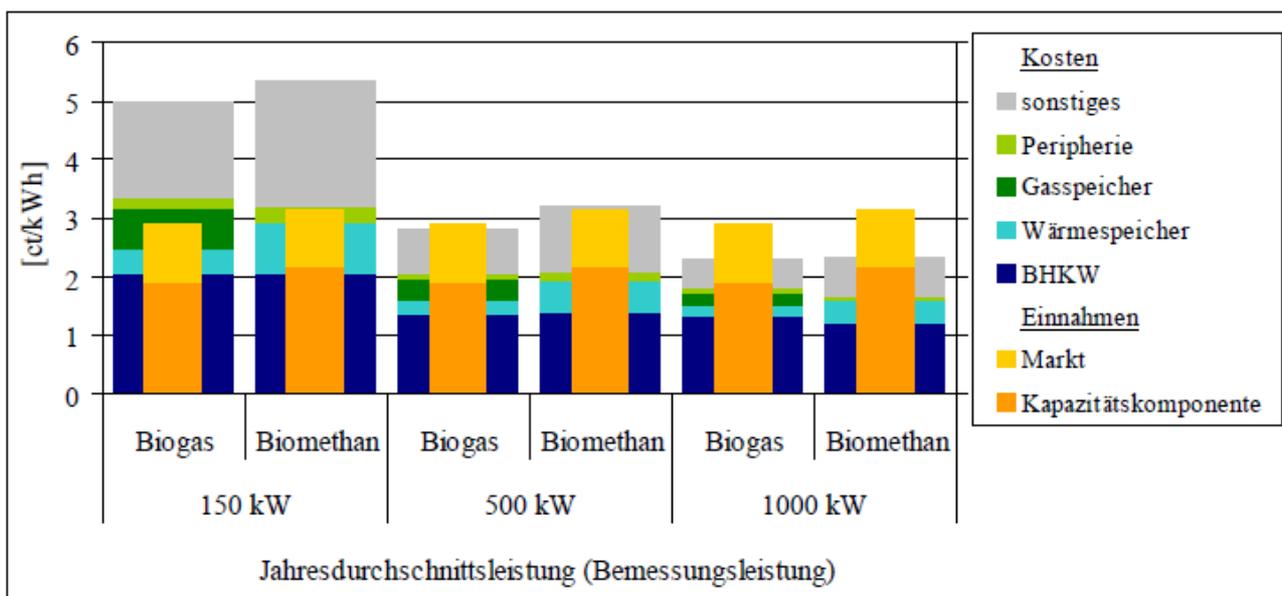
Die Agentur Erneuerbare Energien hält eine Leistung von bis zu 15 GW installierter Leistung von flexiblen Biomasseanlagen im Jahr 2020 für möglich. (AEE, 2013)

Gleichzeitig bietet diese Strategie einen Übergang für die Wirtschaftsakteure, die mit dem Ausbau der Biogasanlagen in den vergangenen Jahren Umsätze gemacht haben. Denn die Nachfrage nach Generatoren und Biogasspeichern bleibt bestehen, auch wenn insgesamt nicht mehr Strom aus Anbaubiomasse erzeugt wird. Auch die Landwirte, die auf die Anbaubiomasse-Produktion umgestellt haben, können ihr Geschäft uneingeschränkt weiter führen. Es kommen aber keine neuen Flächen für den Anbau von Anbaubiomasse hinzu.

Kosten für eine Umstellung auf eine bedarfsgerechte Einspeisung fallen durch die Erhöhung der installierten Stromerzeugungsleistung, einen Biomassespeicher und ggf. einen Warmwasserspeicher an. Darüber hinaus wird die gesamte Anlage bei einer bedarfsgerechten Betriebsführung mit deutlich weniger Volllaststunden betrieben. Mehreinnahmen entstehen im Fall der Direktvermarktung durch den höheren Wert des Stroms am Großmarkt. Im Falle einer Vergütung durch die Netzbetreiber müsste dieser zusätzliche Wert in Form einer zusätzlichen Vergütung an den Betreiber weitergegeben werden.

Diese Zusatzeinnahmen würden aber nicht ausreichen, um die gesamten Zusatzkosten abzudecken. Daher wird im bestehenden Instrument der Flexibilitätsprämie eine zusätzliche Kapazitätzahlung ausgezahlt. Diese richtet sich nach der durch die Umrüstung der Anlage zur Verfügung stehenden Leistung. Abb. 3 stellt die Zusatzkosten und die entsprechenden Einnahmen entsprechend dem Vorschlag von IWES (2011) dar. Die Höhe der Flexibilitätsprämie müsste allerdings erhöht werden, wenn ein schneller Umbau der bestehenden Anlagen erfolgen soll.

Abbildung 3: Spezifische Kosten der Anlagenerweiterung, Vergütung aus der Kapazitätskomponente mit einem einheitlichen leistungsspezifischen Vergütungssatz und spezifische Zusatzerlöse am Markt



Quelle: IWES, 2011

3.3 Zwischenfazit

Insgesamt können Windenergie an Land und Photovoltaik in den kommenden Jahren deutlich mehr Strom produzieren, als noch bis vor kurzem erwartet. Vor diesem Hintergrund und in Anbetracht der Probleme und Nachteile, die mit dem Biomasseanbau zur Stromgewinnung verbunden sind, verliert die Biomasse für die reine Stromproduktion zukünftig an Bedeutung. Sie kann aber mehr sichere Kraftwerkskapazität bereitstellen als heute und Schwankungen in Angebot und Nachfrage ausgleichen.

Entsprechend stellt auch die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina in seinen durch zahlreiche Wissenschaftler erstellten energiepolitischen Empfehlungen fest, dass Deutschland „nicht den weiteren Ausbau von Bioenergie anstreben“ sollte. „Vielmehr sollte sich Deutschland auf andere erneuerbare Energieressourcen konzentrieren wie Photovoltaik, Solarthermie und Windenergie, deren Flächeneffizienz,

Treibhausgas-Emissionen und andere Umweltbeeinträchtigungen niedriger sind als die von Bioenergie. Die Einsparung von Energie und Verbesserungen der Energieeffizienz sollten Vorrang haben.“ (Leopoldina, 2012: 13)

4 Reformvorschlag

Basierend auf den obigen Ausführungen wird vorgeschlagen, die Stromproduktion aus Anbaubiomasse ggü. dem heutigen Niveau nicht weiter zu steigern. Stattdessen sollte die gesicherte und flexible Leistung von Biomasseanlagen zügig erhöht werden. Damit können diese Biomasseanlagen gemeinsam mit den fluktuierenden Erneuerbaren Energien die weggefallenen Atomkraftwerke und die zukünftig wegfallenden konventionellen Kraftwerke teilweise ersetzen.

4.1 Der Vorschlag

Der Bonus für die Einsatzstoffvergütungskategorie I für Neuanlagen und Anlagenerweiterungen sollte ersatzlos entfallen, soweit letztere nach der Erweiterung mehr Strom erzeugen als vorher. Ohne diese Boni werden neue Biogasanlagen auf Basis von Anbaubiomasse unwirtschaftlich, weswegen kein weiterer Zubau und keine Anlagenerweiterungen zu erwarten sind.

Stattdessen sollte ein stärkerer Anreiz geschaffen werden, bestehende Anlagen umzurüsten, so dass sie zukünftig Strom bedarfsgerecht produzieren und einspeisen können. Dafür müssen sie insbesondere ihre installierte Stromerzeugungskapazität erhöhen und einen Biomassespeicher vorhalten. Bereits seit 2012 besteht ein solcher Anreiz in Form der Flexibilitätsprämie. Um den Anreiz zu entsprechenden Umrüstungen zu erhöhen, sollte u.a. der bisherige Anreiz in Form der Flexibilitätsprämie auch von Anlagen, die über die Festvergütung finanziert werden, genutzt werden können. Ferner sollten die Flexibilitätsprämie erhöht und administrative Hemmnisse abgebaut werden. Eine dadurch technisch mögliche höhere Stromproduktion ist zu vermeiden, um die genannten Nachteile des Biomasseanbaus nicht zu verschärfen. Daher muss darauf geachtet werden, dass eine entsprechende Regelung im EEG bzw. in einer EEG-Verordnung sicherstellt, dass die umgerüsteten Anlagen tatsächlich keine Steigerung der Stromproduktion vornehmen. Dies könnte beispielsweise umgesetzt werden, indem eine Biomasseanlage, die zur bedarfsgerechten Einspeisung umgerüstet wurde, ihren Vergütungsanspruch verliert, wenn sie nach der Umrüstung in einem Jahr mehr Strom eingespeist und dafür eine höhere EEG-Vergütung verlangt hat als durchschnittlich in den vorherigen Jahren.

4.2 Die Vorteile

Da die Stromproduktion aus Anbaubiomasse nicht weiter gesteigert wird, werden keine zusätzlichen Umweltschäden verursacht, die Treibhausgasemissionen bei der Biogasverstromung entfallen, die Flächenkonkurrenz zwischen Nahrungsmittelproduktion, stofflicher Biomassenutzung und Bioenergie werden nicht weiter verschärft. Insgesamt kann und darf nach den in 4.1 vorgeschlagenen Reformen mit den umgerüsteten Biomasseanlagen die gleiche Menge Ökostrom produziert werden wie bisher, ein entsprechender wirtschaftlicher Anreiz bleibt erhalten. Hier wird davon ausgegangen, dass die Anlagenbetreiber diesen Anreiz ausnutzen. Zusätzlich wird eine sichere Stromerzeugungskapazität zur Verfügung gestellt, durch die bestehende konventionelle Kraftwerke vollständig substituiert werden können. Insgesamt kann die Steigerung der EEG-Umlage deutlich eingegrenzt werden (s.u.).

4.3 Die Einsparungen

Unter den folgenden vereinfachenden Annahmen kann die Wirkung der Empfehlungen auf die Höhe der EEG-Umlage im Vergleich zu einem anhaltenden Ausbau der Biogasverstromung abgeschätzt werden:

- Für die Ermittlungen der Einsparpotenziale wurden zwei Szenarien für den Ausbau der Biomasseverstromung zwischen 2014 und 2020 bzw. 2025 berechnet (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6 Daten zu den Szenarien „BAU“ und „Flexi“ (bei nicht privilegiertem Stromverbrauch von 385 TWh, einem durchschnittlichen Strompreis an der EEX von 4 Ct/kWh und einer gleichbleibenden Stromproduktion durch neue EE-Anlagen zwischen 2014 und 2025)

		BAU-Szenario			„Flexi“-Szenario		
		2014	2020	2025	2014	2020	2025
1	Installierte Leistung Biomasseanlagen (MW)	6649	9049	11049	7049	11849	15849
2	davon installierte Leistung neuer Biomasseanlagen und Erweiterungen (MW) ⁸	400	2800	4800	0	0	0
3	davon installierte Leistung bedarfsgerecht ausgebauter Biomasseanlagen (MW)	0	0	0	1200	8400	14400
4	Stromproduktion neue Biomasseanlagen (TWh/a)	2,9	20,2	34,6	0	0	0
5	Stromproduktion zusätzlicher Windenergieanlagen an Land				2,9	20,2	34,6
6	Vergütungszahlungen neuer Biomasseanlagen (Mio. €/a)	660	4640	7950	0	0	0
7	Differenzkosten neuer Biomasseanlagen (Mio. €/a)	550	3830	6570	0	0	0
8	Prämien für die Umstellung auf bedarfsgerechte Biomassestromproduktion (Mio. €/a)	0	0	0	100	695	1190
9	Differenzkosten für die Umstellung auf bedarfsgerechte Biomassestromproduktion (Mio. €/a)	0	0	0	75	520	890
10	Vergütungszahlungen zusätzlicher Windenergieanlagen an Land (Mio. €/a) ¹⁾				263	1590	2530
11	Differenzkosten zusätzlicher Windenergieanlagen an Land (Mio. €/a) ¹⁾				150	790	1150
12	Umlageänderung durch neue Biogasanlagen (Ct/kWh)	0,14	0,99	1,70	0	0	0
13	Umlageänderung durch bedarfsgerechte Biomassestromproduktion (Ct/kWh)	0	0	0	0,02	0,16	0,27
14	Umlageänderung durch zusätzliche Windenergieanlagen an Land (Ct/kWh) ¹⁾				0,04	0,20	0,30

¹⁾ Dies ist ein Maximalwert in dem davon ausgegangen wird, dass alle Anlagen die hohe Anfangsvergütung bis einschließlich 2025 erhalten. Mittel- bis langfristig sind die Kosten für Windenergie an Land deutlich niedriger, da bei in Betrieb genommenen Anlagen die hohe Anfangsvergütung nach frühestens 5 Jahren durch die niedrigere Grundvergütung ersetzt wird. Diese liegt unter 5 Ct/kWh, weswegen dann bei einem Börsenpreis von 4 Ct/kWh die Differenzkosten bei unter einem Ct/kWh liegen.

⁷ Siehe Fußnote 9.

⁸ Um die Komplexität der Darstellung zu verringern wird davon ausgegangen, dass dies ausschließlich Biogasanlagen sind; da ohnehin kaum mehr Biomasseanlagen auf Basis fester oder flüssiger Biomasse neu gebaut oder erweitert werden, wird das Gesamtergebnis dadurch nicht verfälscht.

- Es wird jeweils eine durchschnittliche Vergütung von neuen Anbaubiomasse-Anlagen von 23 ct/kWh unterstellt (siehe Kapitel 2.4).
- Der Baseload-Preis an der Strombörse wurde mit 4,0 Ct/kWh angenommen.
- Weitere Rahmenbedingungen wie privilegierter Stromverbrauch und Menge des Eigenstrombedarfs werden als gleichbleibend angenommen.
- Im BAU-Szenario⁹ werden jährlich rund 400 MW neue Anbaubiomasse-Anlagen hinzu gebaut (der Durchschnitt der Jahre 2010 bis 2012 liegt bei 450 MW), die mit rund 7200 Volllaststunden pro Jahr betrieben werden. Dies liegt über dem Durchschnitt der bestehenden Biogasanlagen, in r2b (2012, Seite 41) werden für neue Anlagen aber bis zu 7500 Volllaststunden angenommen. Der her angenommene Wert liegt damit zwischen den gut 6900 Volllaststunden aus IE (2011, Seite 40) und den 7500 aus r2b (2012). Ferner wird davon ausgegangen, dass praktisch kein Ausbau von Anlagen zur bedarfsgerechten Stromeinspeisung stattfindet.

Ein solcher Ausbau im Bereich der Biogasverstromung würde zu einer anteiligen EEG-Umlage von knapp 1 Ct/kWh führen.

- Im „Flexi“-Szenario findet praktisch kein Neubau von Biogasanlagen statt, so dass die Stromproduktion durch Biogasanlagen konstant auf heutigem Niveau zugrunde gelegt wird.
- Um die dadurch wegfallende EE-Stromerzeugung zu substituieren wird vereinfachend unterstellt, dass stattdessen zusätzliche Windenergieanlagen an Land gebaut werden. Zur Vereinfachung der Berechnungen wird darüber hinaus über den gesamten Zeitraum vereinfachend die hohe Anfangsvergütung zugrunde gelegt, auch wenn einige der Anlagen bereits vor 2025 in die günstigere Grundvergütung fallen dürften. Während neue Biogasanlagen über den gesamten Zeitraum von 20 Jahren eine hohe Vergütung bekämen und damit hohe Kosten für die Verbraucher verursachen würden, sind bei Windenergieanlagen an Land die Kosten minimal, wenn nach mindestens fünf Jahren nur noch die Grundvergütung gezahlt wird. Diese liegt um weniger als einen Ct/kWh über den 4 Ct/kWh Börsenstrompreis. Im Jahr 2020 entsteht unter diesen Annahmen eine zusätzliche EEG-Umlage in Höhe von gut 0,20 Ct/kWh.
- Ferner wird im Flexi-Szenario unterstellt, dass Ende 2013 bestehende große Biomasseanlagen mit einer Gesamtleitung von gut 40 Prozent aller Biomasseanlagen ihre bestehende installierte Leistung jeweils durchschnittlich verdreifachen - ohne dabei die Stromproduktion zu erhöhen. Die Gesamtleistung von Biomasseanlagen steigt damit um 5800 MW auf 11850 MW im Jahr 2020.
- Bei den umgerüsteten Anlagen erhöht sich die Vergütung für Anlagen mit einer derzeitigen Größe von über 500 kW - umgerechnet auf die produzierte Strommenge - um 4 Ct/kWh. Dies ist deutlich mehr, als in IWES et al (2011) als notwendig angenommen wurde und ist damit eine konservative Annahme.
- Kleinere Anlagen, die höhere Kosten bei einer entsprechenden Umrüstung hätten, werden in diesem Szenario nicht umgerüstet (IWES et al., 2011).
- Für die hier angenommenen überschlägigen Berechnungen wird ein Durchschnittswert für die Zusatzkosten der bedarfsgerechten Einspeisung von Biomassestrom von 4,0 Ct/kWh verwendet, da es nur relativ wenige Anlagen mit einer Leistung über 1.000 kW gibt (DBFZ, 2012). Auf der anderen Seite werden höhere Erlöse am Strommarkt von rund 1 Ct/kWh angenommen (insgesamt dann 5 Ct/kWh), da der Biomassestrom dann zu Zeiten eingespeist würde, wenn der Strompreis besonders

⁹

Im Business as Usual (BAU)-Szenario wird der durchschnittliche Zubau von Biogasanlagen der vergangenen Jahre fortgeführt. Dieser lag zwischen 2009 und 2012 bei gut 440 MW/a, in den Jahren zwischen 2005 und 2012 bei rund 370 MW/a. Das BAU-Szenario ist dabei keine Prognose. Tatsächlich kann der Ausbau auch bei unverändertem EEG niedriger liegen - wie teilweise erwartet wird - oder auch höher ausfallen.

hoch ist (EEX, 2013).¹⁰ Unter diesen Voraussetzungen würden die tatsächlichen Mehrkosten pro bedarfsgerecht produzierte Kilowattstunde Biomassestrom um durchschnittlich rund 3,0 Ct/kWh steigen.

Das Flexi-Szenario würde im Jahr 2020 zu einer Erhöhung der EEG-Umlage um rund 0,15 Ct/kWh führen. Im Vergleich zum BAU-Szenario würde die Umsetzung des „Flexi“-Szenarios unter den skizzierten Annahmen durch den praktischen Stopp der Steigerung der Anbaubiomasseverstromung im Jahr 2020 zu einer Entlastung der EEG-Umlage um knapp 1 Ct/kWh führen. Zusätzliche Kosten entstünden durch die alternativ hinzu gebauten Windenergieanlagen an Land in Höhe von gut 0,20 Ct/kWh und durch die erhöhten Kosten der bedarfsgerechten Einspeisung von Biomassestrom. Diese beliefen sich auf gut 0,1 Ct/kWh im Jahr 2020. Insgesamt ergibt sich daraus eine Entlastung der EEG-Umlage durch das Flexi-Szenario um gut 0,6 Ct/kWh in 2020 und gut 1,1 Ct/kWh in 2025.

¹⁰ Vor wenigen Jahren war der Preisunterschied noch höher, ISET et al. (2009) geben ihn mit 2,0 Ct/kWh an. Aufgrund des starken Wachstums der PV sind die hohen Mittagspreise zum großen Teil verschwunden. Diese Entwicklung wird sich fortsetzen. Allerdings dürfte mittel- bis langfristig die tägliche Preisschwankung wieder zunehmen, wenn die fluktuierenden EE weiter ihren Anteil erhöhen und damit konventionelle Kraftwerke tatsächlich verdrängt werden.

QUELLEN

- AEE 2013: Renew's Spezial. Ausgabe 67 / August 2013. Hintergrundinformation der Agentur Erneuerbare Energien. Bioenergie im Strommarkt der Zukunft. Verfügbar unter http://www.unendlich-viel-energie.de/fileadmin/content/Renews%20Spezial/67_Renews_Spezial_Bioenergie_im_Strommarkt_der_Zukunft_online.pdf (5.9.2013)
- AGEB 2012: Bruttostromerzeugung in Deutschland von 1990 bis 2012 nach Energieträgern. Stand 14. Februar 2013. Verfügbar unter: <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65> (7.5.2013)
- BDEW 2012a: „Entwicklung der deutschen Stromwirtschaft im 1. Halbjahr 2012“ verfügbar unter: <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65> (27.08.2012)
- BDEW 2012b: „Anhang zur BDEW Pressemeldung“ verfügbar unter: [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/20120726-pi-erneuerbare-energien-liefen-mehr-als-ein-viertel-des-stroms-de/\\$file/Strom_Erneuerbaren_Energien_1_Halbjahr_2012.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/20120726-pi-erneuerbare-energien-liefen-mehr-als-ein-viertel-des-stroms-de/$file/Strom_Erneuerbaren_Energien_1_Halbjahr_2012.pdf) (09.08.2012)
- BDEW 2012c: Entwicklungen in der deutschen Stromwirtschaft 2012. Sitzung der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen am 18. Dezember 2012 in Hamburg. Michael Nickel, BDEW. Verfügbar unter <http://www.ag-energiebilanzen.de/viewpage.php?idpage=65> (7.5.2013)
- BDEW 2012d: (korrigierte Fassung vom 23.01.2012) „Erneuerbare Energien und das EEG in Zahlen“, verfügbar unter: [http://www.bdew.de/internet.nsf/id/3564E959A01B9E66C125796B003CFCCE/\\$file/BDEW%20Energie-Info_EE%20und%20das%20EEG%20%282011%29_23012012.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/3564E959A01B9E66C125796B003CFCCE/$file/BDEW%20Energie-Info_EE%20und%20das%20EEG%20%282011%29_23012012.pdf)
- BMELV, 2012: „Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, Daten und Fakten zur Biomasse - Die Novelle 2012“, verfügbar unter: http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/EEG-Novelle.pdf?__blob=publicationFile (16.08.2012)
- BMU 2013: Erneuerbare Energien 2012. Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2012 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (AGEE-Stat). Vorläufige Angaben, Stand 28. Februar 2013. Verfügbar unter <http://www.erneuerbare-energien.de/die-themen/datenservice/erneuerbare-energien-in-zahlen/erneuerbare-energien-im-jahr-2012/> (7.5.2013)
- BMU 2012a: „Erneuerbare Energien in Zahlen“, Digitale Version (Stand: Dezember 2012), verfügbar unter: http://www.erneuerbareenergien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_zahlen_internet-update.pdf (15.08.2012)
- BMU 2012b: „Rede von Ursula Heinen-Esser anlässlich der VLI-Frühjahrstagung“, verfügbar unter: http://www.bmu.de/presse/reden/ursula_heinen-esser/doc/pdf/48643.pdf (24.08.2012)
- BMU 2011a: „Erneuerbare Energien. Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft“ Oktober 2011
- BMU 2011b: Entwurf des „Erfahrungsbericht 2011 zum Erneuerbare Energien Gesetz (EEG-Erfahrungsbericht“) verfügbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eeg_erfahrungsbericht_2011_entwurf.pdf
- BMU 2011c: Vergütungssätze, Degressionen und Berechnungsbeispiele nach dem neuen Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vom 04. August 2011 (‘EEG 2012’). Verfügbar unter http://www.erneuerbare-energien.de/fileadmin/Daten_EE/Dokumente_PDFs/_verguetungssaetze_eeg_2012.pdf (7.5.2013)
- BMU 2004: Umweltpolitik. Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Berlin, April 2004.
- BUND 2010: Energetische Nutzung von Biomasse. BUND-Position 34. Abrufbar unter http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/publikationen/energie/20101223_energie_position_biomasse.pdf (7.5.2013)
- BNetzA 2012a: Pressemitteilung „Zubau an Photovoltaik-Anlagen 2011 noch höher als im Rekordjahr 2010“, verfügbar unter:

http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Presse/Pressemitteilungen/2012/120109_ZubauPVAnlagen_pdf.pdf?__blob=publicationFile (24.08.2012)

BNetzA 2012b: Weiterhin hoher Photovoltaik Zubau in 2012. Abgerufen im Internet am 2.9.2012 unter: <http://www.photovoltaik.org/news/marktentwicklung-studien/weiterhin-hoher-photovoltaik-zubau-2012-12292>

DBFZ 2012: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse Kurztitel: Stromerzeugung aus Biomasse (FZK: 03MAP138) Endbericht zur EEG-Periode 2009 bis 2011. März 2012, verfügbar unter: http://www.dbfz.de/web/fileadmin/user_upload/Berichte_Projektdatenbank/3330002_Stromerzeugung_aus_Biomasse_Endbericht_Ver%C3%B6ffentlichung_FINAL_FASSUNG.pdf

DLR et al. (2012): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit. Verfügbar unter: http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Politische_Papiere_anderer/12.03.29.BMU_Leitstudie2011/BMU_Leitstudie2011.pdf (21.08.2012)

EWI et al. 2010: „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“. EWI, GWS, Prognos. verfügbar unter: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszzenarien_2010.pdf (15.08.2012)

FNR 2012: Grafik „Anbau nachwachsender Rohstoffe in Deutschland (ha)“, verfügbar unter: <http://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/anbau/anbaufache-fur-nachwachsende-rohstoffe-2012-tabelle.html> (24.08.2012)

ForumUE 2007: Forum Umwelt und Entwicklung. Ernährungssicherung und Biomassenutzung für energetische Zwecke. Diskussionspapier Plattform nachhaltige Biomasse. Diskussionspapier Dezember 2007. verfügbar unter: http://www.forumue.de/fileadmin/userupload/publikationen/diskussionspapier_nachhaltige_biomasse_w eb.pdf (7.5.2013)

FÖS 2013: ökonomische Instrumente für eine Senkung des Fleischkonsums in Deutschland. Beiträge zu einer klima- und umweltgerechteren Landwirtschaft. Berlin, Mai 2013. Verfügbar unter <http://www.foes.de/pdf/2013-05-Oekonomische-Instrumente-zur-Senkung-des-Fleischkonsums.pdf> (13.9.2013)

FÖS 2012a: Was Strom wirklich kostet. Vergleich der staatlichen Förderungen und gesamtgesellschaftlichen Kosten von konventionellen und erneuerbaren Energien. Überarbeitete und aktualisierte Auflage. Im Auftrag des Bundesverbandes Windenergie und Greenpeace e.V. August 2012. Abrufbar unter http://www.foes.de/pdf/2012-08-Was_Strom_wirklich_kostet_kurz.pdf (5.9.2013)

FÖS 2012b: Die EEG-Umlage entspricht nicht den Kosten für den Umstieg auf Erneuerbare Energien. Ein Kommentar von FÖS-Vorstand Uwe Nestle. Februar 2013. Abrufbar unter <http://www.foes.de/pdf/2013-02-Kommentar-Uwe-Nestle-EEG-Umlage-kritisch-betrachtet.pdf> (5.9.2013)

IE 2011: Mittelfristprognose der deutschlandweiten Stromerzeugung aus regenerativen Kraftwerken bis 2016. Prognose der Stromeinspeisung und der Vergütung im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes. Im Auftrag von Amprion GmbH, 50Herz Transmission GmbH, EnWG Transportnetze AG, Tennet TSO GmbH. Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig, 2011. Abrufbar unter http://www.eeg-kwk.net/de/file/111115_IE-Leipzig_EEG-Mittelfristprognose_bis_2016.pdf (7.10.2013)

ISET et al. 2009: Wissenschaftliche Begleitung bei der fachlichen Ausarbeitung eines Kombikraftwerksbonus gemäß der Verordnungsermächtigung § 64 EEG 2009. Abschlussbericht. Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET e.V.), Dr. Diekmann (DIW), Prof. Dr. Ehrlich (Uni Duisburg-Essen), Dr. Nabe (Ecofys Berlin), Dr. Rehfeld (WindGuard), Hr. Schrader (BET), Dr. Sensfuss (Fhg ISI) und BET. Kassel, Juli 2009.

IWES 2011: Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land. Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Abteilung Energiewirtschaft und Netzbetrieb. Kassel, März 2011. Abrufbar unter http://www.eeg-aktuell.de/wp-content/uploads/2011/04/IWES_Potenzial_onshore_2011.pdf (7.5.2013)

IWES et al. 2011: Flexible Stromproduktion aus Biogas und Biomethan. Die Einführung einer Kapazitätskomponente als Förderinstrument. Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Becker Büttner Held (BBH), Deutsche Windguadr, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin),

April 2011, verfügbar unter

[http://www.iwes.fraunhofer.de/de/publikationen/uebersicht/2011/flexible_stromproduktionausbiogasundbiome-
than/_jcr_content/pressrelease/linklistPar/download/file.res/Flexible%20Stromproduktion%20aus%20Biogas%20und%20Biomethan.pdf](http://www.iwes.fraunhofer.de/de/publikationen/uebersicht/2011/flexible_stromproduktionausbiogasundbiome-
than/_jcr_content/pressrelease/linklistPar/download/file.res/Flexible%20Stromproduktion%20aus%20Biogas%20und%20Biomethan.pdf)

IZES 2012: Kurzgutachten „Eruierung von Optionen zur Absenkung der EEG-Umlage“, verfügbar unter: http://www.izes.de/cms/upload/pdf/20120123_Absenkung_EEG_Umlage.pdf

Leopoldina 2012: Bioenergie: Möglichkeiten und Grenzen. Empfehlungen, verfügbar unter: www.leopoldina.org.

LUGV 2011: Zusammenstellung von grundlegenden Informationen zum Thema Maisanbau und zu aus der Sicht des MUGV relevanten Fragen.

Nabu 2012: „Biomasse im Spannungsfeld von Energiegewinnung und Biodiversität“. Anhörung im Umweltausschuss des Deutschen Bundestags am 30.11.2011. Kurz-Stellungnahme von Florian Schöne, NABU-Bundesverband.

Nitsch; Joachim 2008: „Leitstudie 2008“. Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas. Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. In Zusammenarbeit mit der Abteilung „Systemanalyse und Technikbewertung“ des DLR-Instituts für Technische Thermodynamik.

R2b 2012: Jahresprognose zur deutschlandweiten Stromerzeugung aus EEG-geförderten Kraftwerken für das Jahr 2013. Im Auftrag von Amprion GmbH, 50Herz Transmission GmbH, EnWG Transportnetze AG, Tennet TSO GmbH. R2B Energy Consulting GmbH, Köln, 12.10.2012. Abrufbar unter http://www.eeg-kwk.net/de/file/r2b_EEG_Prognose_2013_20121012.pdf (7.10.2013)

ÜNB 2012: EEG-Mengentestat auf Basis von WP-Bescheinigungen per 20.7.2012: Stromeinspeisemengen, Direktvermarktung, Vergütungen und Letztverbräuche. 50 Herz, Amprion, Tennet, Transnet BW. Stand 20.7.2012.

WWF 2011: Energie im großen Stiel. Auswirkungen des Biogas-Booms auf Umwelt, Artenvielfalt und Landwirtschaft. Abrufbar unter http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Biogas_Energie_im_grossen_Stiel.pdf (7.5.2013)