

Kiel Policy Brief

**Effiziente Nutzung von Biomasse
durch einen globalen Kohlenstoffpreis**
Empfehlungen für eine koordinierte Bioenergiepolitik

**Angela Kopmann, Bettina Kretschmer,
Mareike Lange**

Nr. 14 | Dezember 2009



1 Einleitung

Im Rahmen der Klimaschutzstrategie hat sich die Bundesregierung dem Ausbau und der Verwendung von erneuerbaren Energien verpflichtet, also der Energiegewinnung aus natürlichen Quellen oder nachwachsenden Rohstoffen. Sie umfassen Wasser-, Wind- und Sonnenenergie sowie die Energiegewinnung aus Biomasse und Erdwärme. Für das Jahr 2050 wurde das Ziel gesetzt, 50 Prozent des Primärenergieverbrauchs über erneuerbare Energieträger abzudecken. Im Jahre 2008 lag der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch Deutschlands bei 7,0 Prozent. Davon wurden mehr als zwei Drittel aus Biomasse erzeugt (BMU, 2009b).

Das langfristige Ziel der Bundesregierung ist eine große Herausforderung, da der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung Deutschlands im Vergleich zum Jahre 2007 bis zum Jahre 2050 erheblich wachsen müsste. Um dieses Ziel zu erreichen, sind einerseits massive Effizienzsteigerungen im Energiesektor nötig: Je weniger Energie verbraucht wird, desto geringer ist die erforderliche absolute Menge an erneuerbarer Energie zur Erfüllung des obengenannten Ziels. Andererseits müssen die verschiedenen erneuerbaren Energieträger ausgebaut werden. Eine Schlüsselrolle in der nachhaltigen Energieversorgung wird die Nutzung von Biomasse spielen, die bereits heute die wichtigste erneuerbare Energiequelle ist. Die energetische Nutzung von Biomasse zeichnet sich im Strom- und Wärmesektor durch niedrige CO₂-Vermeidungskosten aus und stellt im Transportsektor die einzige kommerziell verfügbare, regenerative Energiequelle dar.

Das Potenzial der Bioenergieträger ist hoch und in vielen Fällen noch ungenutzt. Beispielsweise bestehen im Energiepflanzenanbau oder der energetischen Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Rest- und Abfallstoffe noch Potenziale. Dennoch ist das Gesamtpotenzial endlich und über die begrenzt zur Verfügung stehende produktive Fläche beschränkt. Deshalb ist es unabdingbar, dass sich die Förderung und Nutzung von Biomasse an klaren Zielsetzungen orientiert. Gleichzeitig müssen bei der zunehmenden Nutzung von Biomasse auftretende Nachhaltigkeitsrisiken minimiert werden. Durch die weltweit begrenzte produktive Fläche entsteht beim Biomasseanbau zum einen Konkurrenz zwischen Nahrungsmittelanbau und dem Anbau von Energiepflanzen. Zum anderen konkurrieren Innerhalb des Energiepflanzenanbaus verschiedene energetische Nutzungspfade, d.h. die Verwendung von Biomasse im Transport-, Wärme- und Stromsektor. Im Rahmen dieses *Policy Briefs* steht insbesondere die letztere Allokation im Zentrum. Am Beispiel Deutschlands wird analysiert, anhand welcher Zielsetzungen diese gestaltet werden sollte.

Das oberste Ziel bezüglich der energetischen Biomassenutzung muss die kostengünstige Vermeidung von Treibhausgasemissionen sein. Diesem Oberziel sollten alle anderen, in der politischen Debatte häufig genannten Ziele, untergeordnet sein, wie zum Beispiel die Förderung der deutschen Landwirtschaft, die Belebung des ländlichen Raumes etc. Dies sind allesamt wünschenswerte Nebeneffekte, die aber nicht dazu führen dürfen, das Hauptziel, also die Einsparung von Treibhausgasemission, zu vernachlässigen. Dies ist gerade wegen der

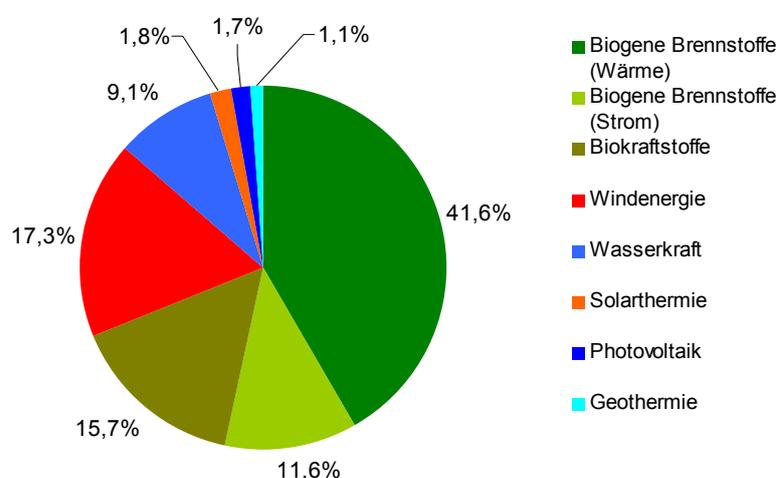
Nutzungskonkurrenzen hervorzuheben: Die produktive Agrarfläche ist zu knapp und dadurch kostbar, um sie für nicht effiziente Bioenergienutzung einzusetzen. Wir konzentrieren uns daher besonders auf die Bewertung unterschiedlicher Bioenergieformen anhand dieses Oberziels.

Im Rahmen dieses *Policy Briefs* wird ein Konzept zum Ausbau der energetischen Biomassenutzung skizziert, das auf gesamtwirtschaftlichen und Effizienzüberlegungen beruht. Dafür diskutieren wir zunächst unterschiedliche Nutzungsformen und stellen die entsprechenden Rahmenbedingungen der Biomassenutzung dar, auch unter Berücksichtigung gesetzlicher Regelungen auf europäischer und nationaler Ebene. Unsere zentrale Politikempfehlung ist die Einführung eines Knappheitspreises für fossilen Kohlenstoff, gleichzeitig stellen wir aber auch Anforderungen an zukünftige (Übergangs-) Maßnahmen vor.

2 Biomassenutzung in Deutschland

Im Jahre 2008 lag der Anteil erneuerbarer Energien am Primärenergieverbrauch Deutschlands bei 7,0 Prozent. Mehr als 2/3 davon wurden auf der Basis von Biomasse erzeugt (BMU, 2009b). Die nach Umwandlungsprozessen für den Verbraucher verfügbare Verbrauchsenergie wird Endenergie genannt. Der Anteil erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch betrug in Deutschland im Jahre 2008 9,5 Prozent (BMU, 2009b). Deutschland wurden im Jahre 2008 rund zwei Drittel der Endenergie aus erneuerbaren Energiequellen durch Biomasse bereitgestellt (Abbildung 1). Die Biomassenutzung in der Wärmeerzeugung leistete den größten Beitrag mit 41,6 Prozent. Aufgrund der steigenden Energiepreise hat die Biomassenutzung in der Wärmeerzeugung wie z.B. durch Pelletheizungen zugenommen. Gegenüber anderen erneuerbaren Energien, wie der Wind- und Solarenergie, hat Biomasse den Vorteil, rund um die Uhr verfügbar und bedarfsgerecht einsetzbar zu sein.

Abbildung 1: Anteil verschiedener Energieträger am Endenergieverbrauch aus erneuerbaren Energieträgern 2008



Quelle: BMU, 2009b.

Zur Bereitstellung von Biomasse wurden in Deutschland in 2007 Energiepflanzen auf insgesamt ca. 1,75 Mio. Hektar (ha) Land angebaut. Unter der Annahme eines gleichbleibenden Versorgungsgrades mit Nahrungs- und Futtermitteln wird die theoretisch verfügbare Anbaufläche für die stoffliche und energetische Nutzung von Biomasse im nationalen Biomasseaktionsplan auf 2,5–4 Mio. ha im Jahre 2020 geschätzt. Daraus abgeleitet ergibt sich bei effizienter Verwertung der Biomasse das Potenzial, 8–12 Prozent des heutigen bzw. 11–15 Prozent des für 2020 erwarteten Primärenergiebedarfs zu decken (BMELV-BMU, 2009). Ein Sondergutachten zum Thema „Klimaschutz durch Biomasse“ des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU, 2007) schätzt das Potenzial von Reststoffen und nachwachsenden Rohstoffen bis zum Jahre 2030 auf 10 Prozent des Primärenergieverbrauchs. Berechnungen des Johann Heinrich von Thünen Instituts (vTI) zufolge sind unter anderem für die energetische Nutzung von Holz in den kommenden Jahren große Potenziale vorhanden. Die Holzreserven werden für die energetische Nutzung auf 12–19 Mio. m³/Jahr geschätzt. Dies entspricht in etwa 65–116 PJ bzw. 0,5–0,8 Prozent des Primärenergiebedarfs Deutschlands im Jahre 2007 (BMELV-BMU, 2009).

Biomasse und daraus resultierende Energieprodukte sind handelbare Güter, so dass weltweite Märkte berücksichtigt werden müssen. Global gesehen könnte eine effiziente Nutzung sämtlicher Biomasseformen mit 100 EJ/annum laut Schätzungen der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) ein Viertel des heutigen weltweiten Energiebedarfs decken (FNR, 2008). Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen sieht weltweit ein technisch nachhaltiges Potenzial von 80–170 EJ pro Jahr, womit mittelfristig bis zu 10 Prozent des geschätzten globalen Primärenergiebedarfs im Jahre 2050 gedeckt werden könnten. Ein Teil dieses technisch nachhaltigen Potenzials wird jedoch nicht umsetzbar sein, da wirtschaftliche Erwägungen dagegen sprechen oder weil es sich in politischen Krisengebieten befindet. Das wirtschaftlich mobilisierbare Potenzial liegt bei etwa der Hälfte des nachhaltigen technischen Potenzials (WBGU 2009). Zudem kann das theoretisch mögliche Biomassepotenzial nur dann optimal ausgeschöpft werden, wenn die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen dem nicht entgegenwirken.

3 Warum Bioenergie fördern? – Ziele und Zielgewichtung

Der Verwendung und Förderung von Biomasse liegen insbesondere drei, im nationalen Biomasseaktionsplan der Bundesregierung verankerte Ziele zugrunde: Der Klimaschutz, die wirtschaftliche Entwicklung sowie die Versorgungssicherheit (BMELV-BMU, 2009). Weiterhin wird in der politischen Debatte zusätzlich die Förderung des ländlichen Raumes als Ziel der Biomasseförderung genannt.

Bezüglich des Klimaschutzes soll die Förderung und Verwendung von Biomasse einen Beitrag zur globalen Reduktion von Treibhausgasemissionen leisten. Verschiedene Formen von Bioenergie verursachen je nach Art der Energiepflanze, des Anbauverfahrens, der Umwandlung und der Verwendung unterschiedliche CO₂-Emissionen. Die Nutzung von Bio-

masse zur Energiegewinnung sollte dementsprechend danach ausgerichtet werden, dass energetische Verwertungsoptionen mit besonders hohem Treibhausgasreduzierungspotenzial vorrangig Verwendung finden.

Weiterhin wird mit der Förderung der energetischen Biomassenutzung die Verbesserung der wirtschaftlichen Situation des Landes verfolgt. Der Aspekt der Wirtschaftlichkeit kann unterschiedlich definiert werden: Zum einen kann durch die Förderung eine höhere Wertschöpfung, somit die Entstehung von Arbeitsplätzen sowie ein höheres Einkommen erzeugt werden (SRU 2007). Große Bedeutung wird hierbei der Technologieführerschaft Deutschlands und der voraussichtlich damit verbundenen Exportentwicklung und dadurch generierten Arbeitsplätze, beigemessen. Zum anderen kann aber unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit die Förderung der Bioenergieformen mit den geringsten Produktionskosten pro Energieeinheit verstanden werden.

Durch die verstärkte Nutzung von Bioenergie kann schließlich eine Diversifizierung der Energiequellen erreicht werden, indem die Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen vermindert wird, was zu erhöhter Versorgungssicherheit führen soll. Allerdings ist bezüglich der Versorgungssicherheit auch der Schutz vor zu hohen Preisschwankungen zu beachten. Volatile Preise können insbesondere durch Kopplungen verschiedener Märkte entstehen. So kann im Falle der Biomassenutzung beispielsweise die Herstellung und Verwendung von Biokraftstoffen eine Abhängigkeit zwischen dem Markt für Agrargüter und dem Markt für Erdöl bewirken (SRU 2007). Steigt der Preis für Erdöl, ist damit auch ein Anstieg der Preise für die in der Biokraftstoffproduktion eingesetzten Agrargüter verbunden. Somit ist ein Zielkonflikt mit der Ernährungssicherheit möglich, da diese durch volatilere Preise eingeschränkt wird, was verheerende Folgen für nahrungsmittelimportabhängige Entwicklungsländer haben kann (WBGU 2009).

Die aufgeführten Ziele lassen sich möglicherweise nicht alle gleichzeitig mit Hilfe bestimmter Maßnahmen verfolgen. Es kann zu Konflikten zwischen den einzelnen Zielsetzungen kommen. So leistet zum Beispiel der Import von Biomasse in Deutschland einen Beitrag zur kostengünstigen Herstellung von Bioenergie, es können jedoch durch Landnutzungsänderung in den Exportländern daraufhin negative Effekte auf die Klimabilanz entstehen, wenn zum Beispiel kostengünstiges Palmöl auf gerodeten Regenwaldflächen gewonnen wird. Somit ist es für eine zielgerichtete Politik von großer Bedeutung, eine Rangfolge dieser Ziele zu entwickeln, die eindeutig definiert, welches Ziel beim Auftreten von Zielkonflikten Priorität hat.

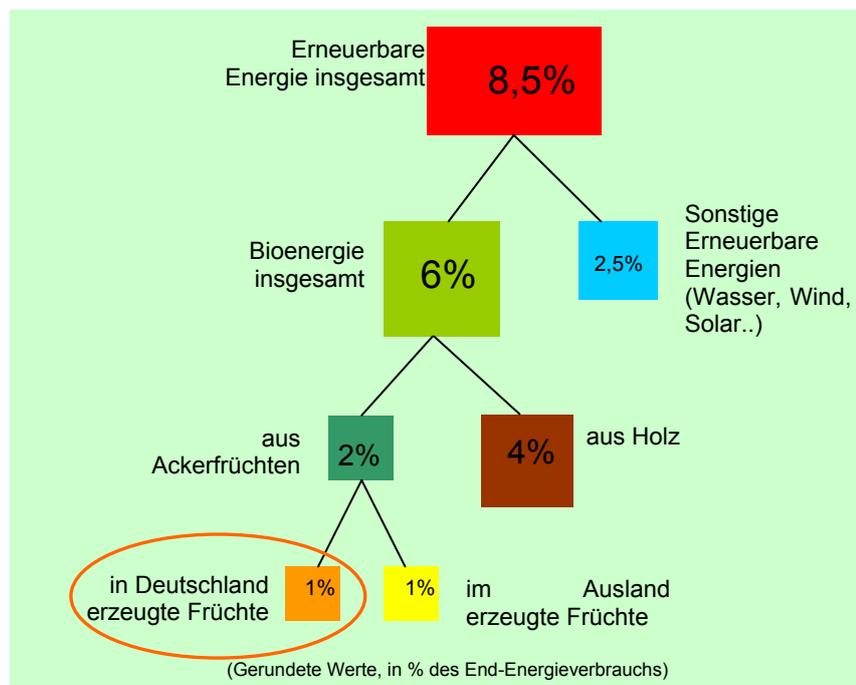
Bei einer Ausrichtung der Biomasseförderung auf die Maximierung des Klimaschutzbeitrages können Synergieeffekte zwischen dem Klimaschutz und der Förderung des ländlichen Raumes entstehen, da durch einen erhöhten Einsatz von Biomasse in bestimmten Bereichen Arbeitsplätze geschaffen werden können. Die Förderung des ländlichen Raumes sollte allerdings nicht als vorrangiges Ziel verfolgt werden, da es bei der Ausrichtung auf dieses Ziel nur als Nebeneffekt zu Treibhausgaseinsparungen kommen kann. Dies ist aber keinesfalls

garantiert. Es ist durchaus möglich, dass die optimale Bioenergieform zur Förderung der deutschen Landwirtschaft nur geringe oder sogar negative Treibhausgaseinsparungen beinhaltet. (SRU 2007, WBA 2007).

Bei einem Einsatz von mehr als 10 Prozent der Agrarfläche Deutschlands liegt die landwirtschaftlich produzierte Bioenergie aus heimischer Erzeugung gegenwärtig nur bei etwa einem Prozent des Endenergieverbrauchs (siehe Abbildung 2) (BMELV 2009). Bei einem gleichbleibendem Bioenergie-Mix würde eine Ausdehnung auf 30 Prozent der Agrarfläche lediglich zu einer Deckung von 2,3 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland führen. Der Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (WBA) kommt in seinem Gutachten zu dem Schluss, dass sich selbst durch eine Fokussierung auf die Biomasseformen mit den höchsten Netto-Energieerträgen je Hektar eine Versorgungssicherheit durch Nutzung von Biomasse nicht annähernd erreichen ließe (WBA 2007). Auch dieses Ziel sollte dementsprechend nur nachrangig verfolgt werden.

Aufgrund der negativen Auswirkungen des Klimawandels auf das Ökosystem der Erde muss in den Industrieländern bei der energetischen Nutzung von Biomasse der Klimaschutz an oberster Stelle stehen. Basierend auf den obenstehenden Überlegungen ist eine Zusammenführung des Wirtschaftlichkeitsprinzips mit dem Treibhausgaseinsparungsziel von großer Bedeutung, da so die Bioenergieform gefördert wird, die eine Einheit Treibhausgasemissionen zu den geringsten Kosten einsparen kann. Somit wird das Oberziel Klimaschutz in effizienter Art und Weise verfolgt.

Abbildung 2: Beiträge der einzelnen Segmente der regenerativen Energien zum Endenergieverbrauch in Deutschland 2009



Quelle: In Anlehnung an Isemeyer, BMELV 2009.

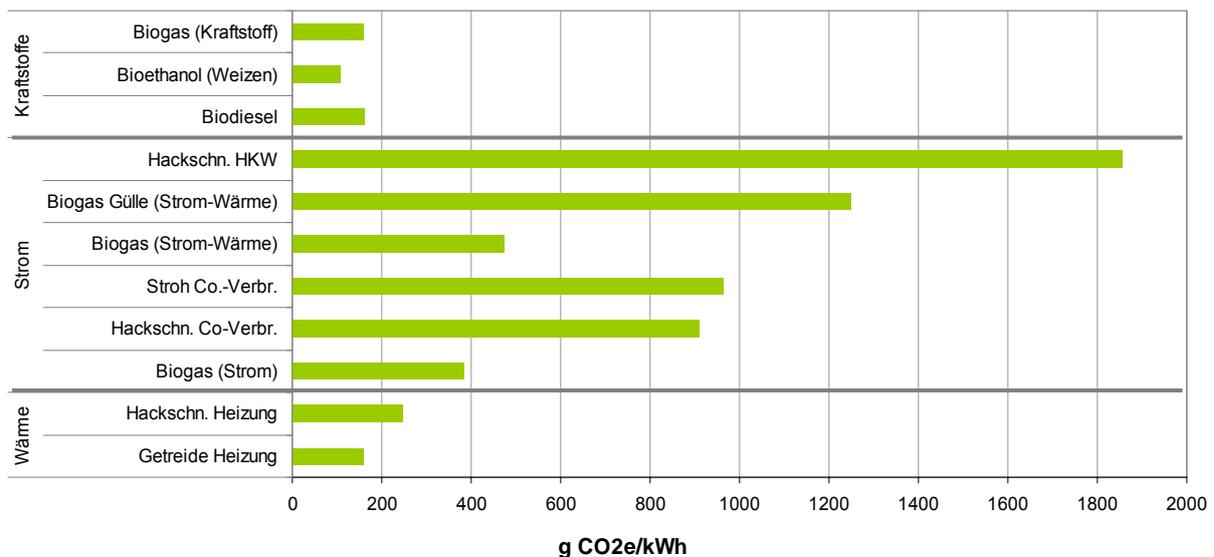
4 Bewertung unterschiedlicher energetischer Biomassenutzungsformen

Im Rahmen der dargestellten Zielgewichtung stellt sich somit die Frage, wie die energetische Biomassenutzung anhand der beiden übergeordneten Ziele Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit am besten beurteilt werden kann. Mögliche Bewertungskriterien umfassen unter anderem die Treibhausgasvermeidung je Energieeinheit sowie die Treibhausgasvermeidungskosten.

Die Klimaschutzwirkung oder das Vermeidungspotenzial gibt an, wie viele Treibhausgase durch den Einsatz der jeweiligen Bioenergieform bei Berücksichtigung anfallender Nebenprodukte gegenüber der Verwendung fossiler Energieträger eingespart werden können. Je höher die CO₂-äquivalente Einsparung einer Biomasseform, desto größer ist dementsprechend ihr Beitrag zum Klimaschutz.

Einen Überblick über vorhandene Vermeidungspotenziale, die durch unterschiedliche Biomassenutzung erreicht werden können, ist in Abbildung 3 dargestellt. Den höchsten Beitrag zum Klimaschutz leisten die Biogaserzeugung auf Güllebasis sowie die Nutzung von Hackschnitzel in Heizkraftwerken (HKW). Weiterhin lassen sich in der Stromerzeugung mit Kraftwärmekopplung wie zum Beispiel bei der Stroh oder Hackschnitzel Co-Verbrennung oder der Biogasnutzung hohe Treibhausgaseinsparungen erreichen. Ein Vergleich der potenziellen Treibhausgasvermeidung im Stromsektor und der Vermeidungspotenziale der Biomassenutzung im Verkehrssektor zeigt, dass die Förderung von Biokraftstoffen bezüglich des Klimaschutzziels nicht optimal ist.

Abbildung 3: CO₂e-Einsparungspotenzial verschiedener Biomasseformen

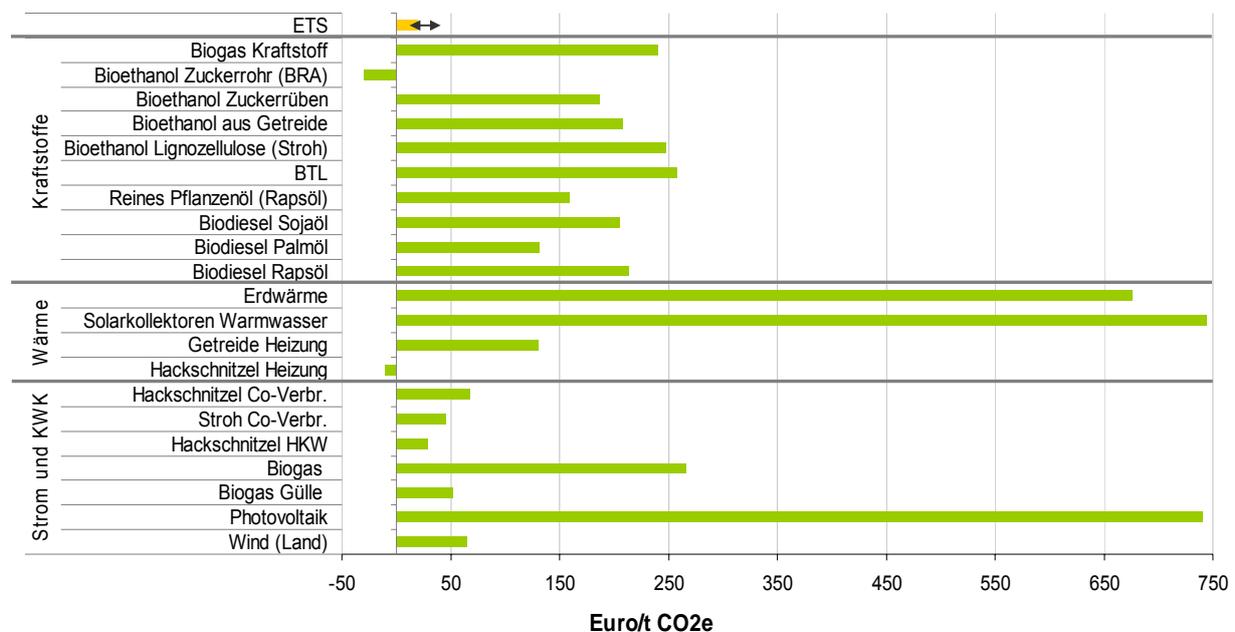


Quelle: WBA 2007.

Eine alleinige Fokussierung auf den Klimaschutz durch die Beurteilung der Vermeidungspotenziale der einzelnen Bioenergieformen ist jedoch aufgrund der vorhandenen Ressourcenknappheit nicht ausreichend. Durch die Berücksichtigung der Kosten der einzelnen Nutzungspfade muss zusätzlich dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit der Biomassenutzung Rechnung getragen werden. Die in Abbildung 4 dargestellten Treibhausgasvermeidungskosten umfassen die Kosten, die durch den Einsatz einer bestimmten Technologie zur Reduktion von CO₂-Emissionen entstehen. Im Sinne einer effizienten Klimaschutzpolitik sollten nur die Optionen gewählt werden, deren Kosten unter denen eines akzeptablen CO₂-Preises liegen, beispielsweise des Zertifikatspreises im Europäischen Emissionshandelssystem (ETS, siehe den entsprechenden Balken in Abbildung 4). Zur Veranschaulichung beinhaltet die Abbildung auch die Vermeidungskosten ausgewählter nicht-biogener erneuerbarer Energieformen.

Nach dem Kriterium der Vermeidungskosten ist unter den Bioenergieformen besonders die Nutzung von Hackschnitzeln in Heizkraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und in Heizungsanlagen sowie die Biogaserzeugung auf Güllebasis hervorzuheben. Allerdings liegen auch hier die Vermeidungskosten teilweise noch weit über dem ETS-Preis. Im Bereich der Biokraftstoffe ist die Bioethanolerzeugung in Brasilien aus Zuckerrohr die einzige kostengünstige Option. Dies liegt darin begründet, dass die Treibhausgasbilanz der Ethanolproduktion aus Zuckerrohr in Brasilien durch den geringen Einsatz fossiler Energie in der Konversion positiver ist als die Bioethanolproduktion aus Getreide oder Zuckerrüben in Deutschland.

Abbildung 4: CO₂-Vermeidungskosten erneuerbarer Energien



Quelle: Eigene Zusammenfassung aus BMU 2009a, FNR 2009, WBA 2007.

Da die Biokraftstoffe der zweiten Generation einem kostenintensiven Herstellungsprozess unterliegen und hohe Investitionskosten zur Erlangung der noch nicht erreichten Marktreife verursachen, weisen sie relativ hohe Vermeidungskosten auf und sind derzeit noch nicht großflächig einsetzbar (FNR 2009). Die bereits stark genutzte Windenergie sowie Sonnenenergie bieten langfristig ein hohes Potenzial. Um Solarkraft im großen Stil effizient nutzen zu können, besteht jedoch noch ein hoher Entwicklungsbedarf. Die Biomassenutzung wird somit voraussichtlich erst langfristig durch diese Formen der erneuerbaren Energien abgelöst (WBA 2007).

Eine Beurteilung der verschiedenen Biomasseformen im Bezug auf Klimaschutzwirkung und Wirtschaftlichkeit kann somit anhand der oben dargestellten Kriterien erfolgen. Hinsichtlich des Vermeidungspotenzials, ist insbesondere die Nutzung von Hackschnitzeln als Bioenergieform zu nennen. Nach dem Kriterium der geringsten Vermeidungskosten sollte sich die Förderung auf die Nutzung von Biomasse zur Wärme und Strombereitstellung konzentrieren. Insbesondere die Verstromung von Biogas aus Gülle, möglichst mit Kraftwärmekopplung, und die Strom- und Wärmeerzeugung aus Hackschnitzeln (aus Waldrestholz oder Kurzumtriebsplantagen) oder die Co-Verbrennung von Hackschnitzeln oder Stroh sind zu bevorzugen. Es muss allerdings hervorgehoben werden, dass die Optionen Hackschnitzel und Gülle nur marginale, dezentrale Lösungen für den ländliche Raum darstellen können, da aufgrund ihrer geringen Energiedichte ein überregionaler Transport die Treibhausgasbilanz sprunghaft verschlechtern würde. Der großflächige Anbau von Schnellumtriebsplantagen für die Hackschnitzelproduktion anstatt der Verwertung von forstwirtschaftlichen Reststoffen um eine größere Nachfrage zu bedienen, würde die Treibhausgasbilanz von Hackschnitzel aufgrund des notwendigen Einsatzes von maschinellen Erntegeräten zudem verschlechtern.

Die Förderung von Biokraftstoffen kann allein nach den Zielen Klimaschutz und Wirtschaftlichkeit in Deutschland nicht gerechtfertigt werden. Es werden jedoch hohe Erwartungen an die Biokraftstoffe der zweiten Generation geknüpft (WBA 2007). Außerdem muss hervorgehoben werden, dass Bioethanol aus Brasilien die niedrigsten negativen Vermeidungskosten aufweist. Die Förderung von Biokraftstoffen sollte daher eher über eine Förderung des Imports solcher günstiger Optionen geschehen. Die Vermeidungskosten der übrigen erneuerbarer Energieträger liegen dagegen teilweise erheblich über dem Europäischen Emissionshandelspreis.

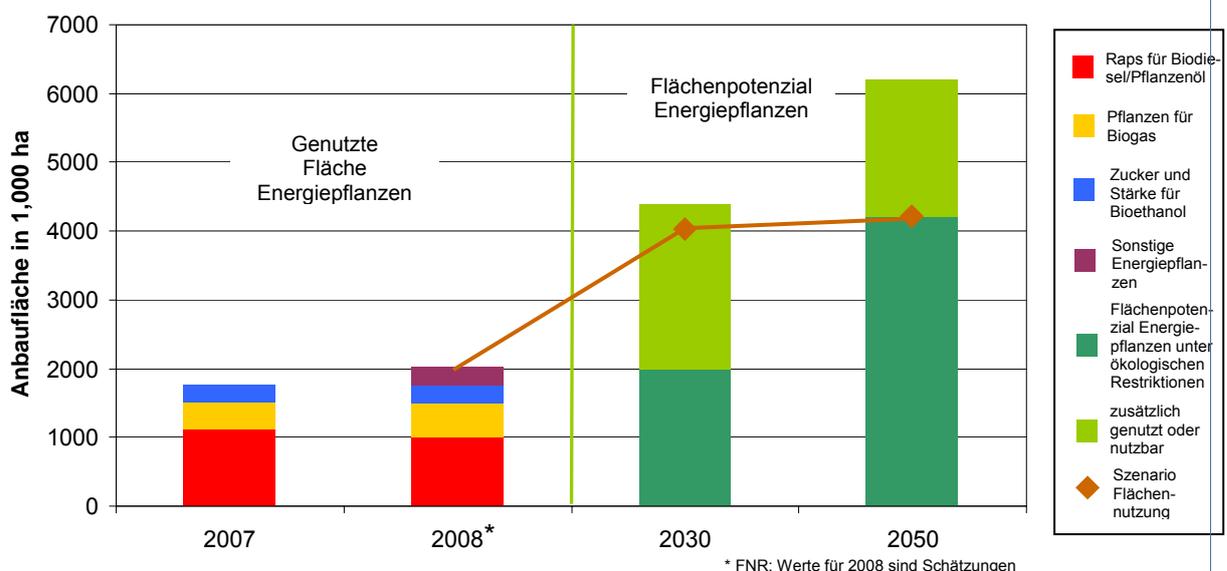
Eine abschließende Beurteilung lässt sich jedoch nur erreichen, wenn bei der Bewertung der Bioenergieformen die vorgegebenen Rahmenbedingungen, insbesondere in Deutschland, berücksichtigt werden. Im folgenden Abschnitt werden diese vorgestellt und in die Bewertung der Biomasseformen mit einbezogen.

5 Wirtschaftlichen Rahmenbedingungen

Global gesehen ist die Biomasseproduktion durch die zur agrarischen Nutzung zur Verfügung stehende Fläche beschränkt. Dies soll im Folgenden anhand des Biomasseproduktionspotenzial in Deutschland diskutiert werden. Durch begrenzte Landflächen entstehen Konkurrenzen zwischen den verschiedenen Arten der Flächennutzung. In der Biomassenutzung bestehen direkte Nutzungskonkurrenzen zwischen der energetischen Biomassenutzung und klassischen Verwendungsformen von Biomasse, etwa in der Nahrungsmittelproduktion oder der stofflichen Verwendung in der Industrie. Zudem kann es zwischen den jeweiligen Nutzungen der Energiegewinnung aus Biomasse zu Konkurrenzen um die gleichen Flächen kommen (WI-RWI, 2008).

Zur Einschätzung der Auswirkungen der begrenzten Flächenkapazitäten auf die Nutzung von Biomasse analysieren wir im Folgenden das Flächenpotenzial sowie die voraussichtliche Nutzung der Flächen in Deutschland. Wie in Abbildung 5 dargestellt, betrug die Flächennutzung zur Herstellung energetisch genutzter Biomasse in Deutschland im Jahre 2007 ungefähr 1,77 Mio. ha. Laut Schätzungen der FNR ist in 2008 die Flächennutzung in Deutschland auf insgesamt etwas über 2 Mio. ha gestiegen. Der starke Anstieg der Flächennutzung zur Biogasherstellung lässt sich dadurch erklären, dass mit der Einführung verschiedener Boni im Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) von 2004 bzw. 2008 Impulse für den Ausbau der Biogasnutzung gesetzt wurden.

Abbildung 5: Agrarflächennutzung und Flächenpotenzial zur Herstellung von Energiepflanzen in Deutschland



Quelle: Eigene Zusammenstellung von www.fnr.de, BMU 2008.

Anhand von Abbildung 5 wird außerdem deutlich, dass in Zukunft weiteres Flächenpotenzial für Energiepflanzen zur Verfügung stehen wird, dieses aber vor allem auch unter der Annahme ökologischer Restriktionen begrenzt ist. Insgesamt wird erwartet, dass 2050 ca. 6 Mio. ha zur Energiepflanzennutzung vorhanden sein werden. Unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte des Naturschutzes sowie des Boden- und Gewässerschutzes, stünde im Szenario 2050 lediglich ein Flächenpotenzial von 4,2 Mio. ha zur Verfügung. Das Biomassepotenzial ökologisch verträglich auszubauen wird eine zukünftige Schlüsselaufgabe sein: Es wird erwartet, dass durch einen zunehmend flächenintensiven Ernährungsstil die Agrarflächen trotz einer Erhöhung der Flächenproduktivität allein für die Nahrungsmittelproduktion weltweit bis 2030 um 13 Prozent ausgeweitet werden müssen, so dass auch von dieser Seite der Druck auf ungenutzte Naturflächen steigen wird. (WBGU 2009).

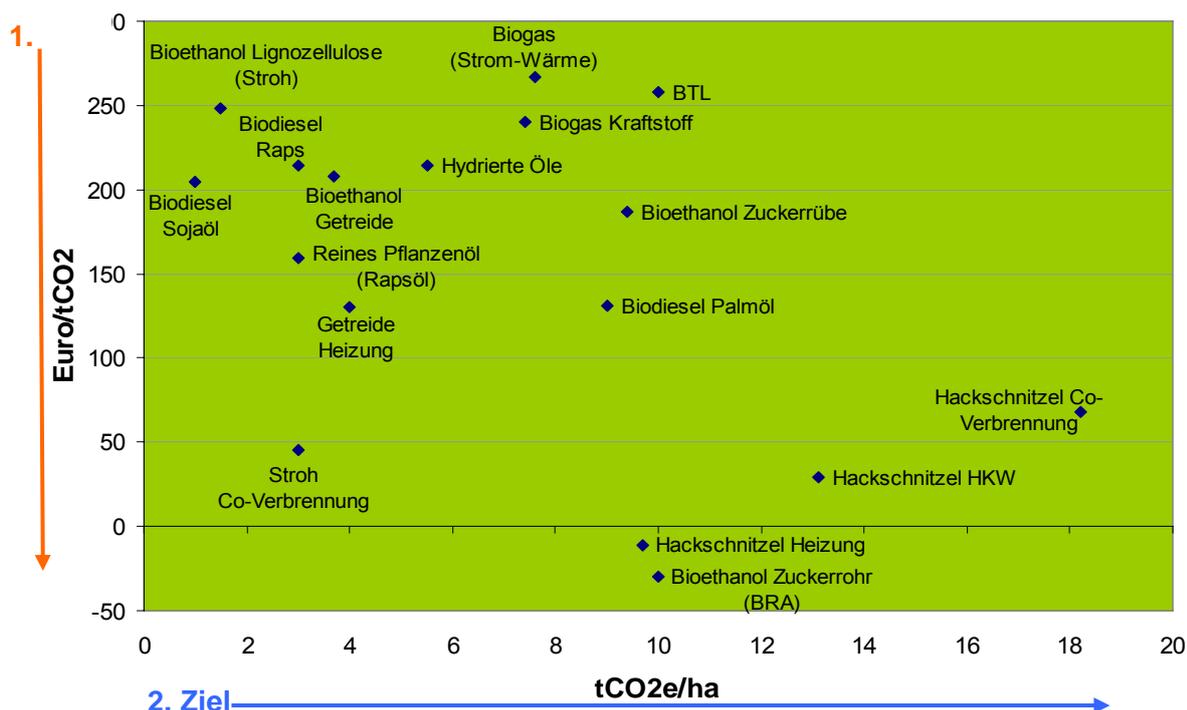
Gemäß der Leitstudie des BMU 2008, wird Bioenergie im Jahr 2030 in etwa 13 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland decken. Wie in Abbildung 5 verdeutlicht, ist das gesamte Flächenpotenzial (unter Beachtung von ökologischen Restriktionen) in Höhe von rund 4 Mio. ha annahmegemäß bis dahin jedoch fast vollständig erschlossen. Der erwartete Anstieg des Anteils von Bioenergie am Endenergieverbrauch auf 17 Prozent im Jahre 2050 beruht somit hauptsächlich auf Effizienzsteigerungen (BMU, 2008).

Eine Ausweitung der Produktion über das Agrarflächenpotenzial hinaus würde schützenswerte Naturflächen bedrohen mit negativen Folgen für Klima und Biodiversität und kann somit das Knappheitsproblem nicht nachhaltig lösen. Bei einem Umbruch von Ökosystemen mit hohem Kohlenstoffanteil, wie z.B. von Wäldern und Feuchtgebieten oder natürlichem Grasland, werden hohe Emissionen freigesetzt und folglich die Klimaschutzwirkung der Bioenergienutzung aufgehoben bzw. umgekehrt. Zur adäquaten Beurteilung der Biomassenutzung müssen daher sämtliche Auswirkungen, d.h. sowohl die direkten als auch die indirekten Landnutzungsänderungen, in die Bewertung mit eingehen.

Um dem Aspekt der Knappheit der Flächen in Deutschland in der Beurteilung der Biomassenutzung Rechnung zu tragen, sollte die Bewertung die Flächennutzung einzelner Bioenergieformen mit einbeziehen. Abbildung 6 stellt zusätzlich zu einer Einordnung der Bioenergieformen nach den Vermeidungskosten, eine Differenzierung nach den CO₂-Einsparungen je Hektar dar. Für einen hohen Klimaschutzbeitrag sollten zunächst erneuerbare Energieträger mit den geringsten Vermeidungskosten und daraufhin derjenige Nutzungspfad ausgewählt werden, der die höchsten CO₂-Einsparungen je Hektar erzielt. Es zeigt sich, dass die Nutzung von Hackschnitzel im HKW sowie die Hackschnitzel Co-Verbrennung bei geringen Vermeidungskosten hohe Treibhausgaseinsparungen pro Hektar ermöglichen und somit unter den Bioenergieformen den höchsten Klimaschutzbeitrag leisten können. Die Nutzung von Hackschnitzeln in Heizanlagen zur Wärmeengewinnung sowie Bioethanol aus Zuckerrohr als Biokraftstoff weisen eine gute Flächennutzungseffizienz auf bei sogar negativen Vermeidungskosten und sind somit für die Biomassenutzung in Deutschland vorzuziehen. Für Hackschnitzel gilt hier aber wiederum die Einschränkung, dass es sich eher um eine dezentrale, marginale Option handelt. Die Nutzung von biogenem Abfall und Reststoffen hat den

Vorteil, dass keine Anbauflächen (direkt) in Anspruch genommen werden. Somit sind diese Formen der Biomassenutzung effizienter und ihnen sind grundsätzlich höhere Prioritäten einzuräumen als der Nutzung von Energiepflanzen (WBGU 2009). Biogas stellt in dieser Hinsicht eine Mischform dar, da zusätzlich zur Gülle Energiemais zur Erzeugung benötigt wird und diese somit nicht flächenneutral ist.

Abbildung 6: Effizienz verschiedener Biomassenutzungspfade: Vermeidungskosten und Treibhausgaseinsparungen pro Hektar



Quelle: Eigene Zusammenstellung aus BMU 2009a, FNR 2009, WBA 2007).

Die Berücksichtigung der Flächenproduktivität bestätigt die bereits bei der Analyse des Klimaschutzbeitrags und der Wirtschaftlichkeit erfolgte Einschätzung, dass die Förderung des Biomasseanbaus in Deutschland zur Herstellung von Biokraftstoffen kaum gerechtfertigt ist. Alle in Deutschland hergestellten Biokraftstoffe weisen im Vergleich zu anderen Formen der Biomassenutzung relativ hohe Vermeidungskosten bei geringen bis mittleren CO₂-Einsparungen pro Hektar auf. Am besten unter den auf heimischen Pflanzen basierenden Kraftstoffen schneidet noch Bioethanol aus Zuckerrüben ab.

Nach Einschätzung der verschiedenen Biomasseformen stellt sich nun abschließend die Frage, mit welchen Maßnahmen die Förderung der Biomassenutzung umgesetzt werden kann, so dass die individuellen Entscheidungen der Akteure zu einer gesamtwirtschaftlich optimalen Verwendung der Biomasse führen. Dazu soll im folgenden Abschnitt ein Lösungsvorschlag präsentiert werden.

6 Knapheitspreis für Kohlenstoff

Der anthropogene Einfluss gilt als Hauptursache für die globale Klimaerwärmung. Dies liegt vor allem darin begründet, dass externe Kosten, die durch die Emissionen von CO₂ entstehen, nicht angemessen berücksichtigt werden. Unter externen Kosten ist zu verstehen, dass beim individuellen Verbrauch von fossilen Rohstoffen, die Kosten des durch Treibhausgas-Emissionen verursachten Klimawandels, etwa durch vermehrte Naturkatastrophen, nicht miteinbezogen werden. Es wird für den individuellen Verbraucher über den Markt kein Anreiz gesetzt, weniger fossile Energie zu verbrauchen, um den Klimawandel abzuschwächen. Für die gesamte Menschheit wäre es dagegen vorteilhaft und kostengünstiger, weniger fossile Energie zu verbrauchen, denn die Kosten des Klimawandels sind enorm. Die fehlende Berücksichtigung der Klimakosten bei der Verbrennung von fossilen Rohstoffen hat dazu geführt, dass diese in zu hohen Mengen genutzt und die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre von vorindustriellen 280ppm auf 380ppm in 2005 angestiegen ist. Um eine Stabilisierung bei 450ppm zu erreichen¹ müssten die derzeitigen Emissionen in den nächsten 50 Jahren in etwa halbiert werden. Auch eine Stabilisierung bei 650ppm erfordert noch einen drastischen Bruch mit dem Emissionswachstumspfad der letzten 50 Jahre und erhebliche Reduktionen (Raupach et al., 2007). Um das Dilemma der individuellen „Übernutzung“ von fossilen Brennstoffen zu korrigieren, müssen die Kosten, die durch das Verstärken des Klimawandels entstehen, den fossilen Brennstoffen zugerechnet, diese also teurer werden. Dafür bedarf es regulatorischer Markteingriffe der Politik.

Die Berücksichtigung der Klimakosten in den Preisen von fossilen Rohstoffen würde zu einer geringeren Nutzung von fossilen Energiequellen und damit auch zu einem stärkeren Einsatz von Biomasse und anderen regenerativen Energiequellen führen. Da fossile Rohstoffe bei der Gewinnung aus vorhandenen Reserven und bei ihrer Verbrennung Kohlenstoff freisetzen, ohne dass dieser wieder gebunden werden kann, würden ihnen hohe Klimakosten zugeteilt. Bei der Herstellung und Verwendung von Biomasse wird zwar Kohlenstoff freigesetzt, dieser wurde aber zuvor durch das Pflanzenwachstum aus der Atmosphäre gebunden. Der Biomasse als Energieträger würden dementsprechend keine oder geringe Klimakosten zugeordnet, so dass sie einen relativen Preisvorteil gegenüber den fossilen Rohstoffen erlangen könnten. Mit Hilfe eines einheitlichen Kohlenstoffpreises, der für sämtliche Ländern und wirtschaftliche Aktivitäten gilt, wäre so eine Korrektur des bisherigen Preisbildungsmechanismus möglich, um eine gesamtwirtschaftlich effiziente Nutzung von Energieträgern zu erreichen. Somit würden auch die Klimakosten direkter und indirekter Landnutzungsänderungen, einer der Hauptvorbehalte gegen eine Ausdehnung der Agrarflächen für den Biomasseanbau zur energetischen Nutzung, ausgelöst z. B. durch verstärkten Energiepflanzenanbau, berücksichtigt. Von direkten Landnutzungsänderungen spricht man, wenn auf einer zuvor anders genutzten Fläche nun Biomasse zur Bioenergieproduktion angebaut wird. Dies kann zu Emissionen führen, insbesondere, wenn die genutzte Fläche vorher Grünland oder

¹ Dies ist die oft zitierte, ungefähre maximale Konzentration, die einen Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur um mehr als 2°C gegenüber vorindustrieller Zeit vermeiden könnte.

Wald war und durch die Umwandlung der in der Vegetation und zum Teil im Boden gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt wird. Rechnet man diese Emissionen der Bioenergieoption zu, so würde die Kohlenstoffbilanz der Biomasseform abhängig von der vorherigen Vegetation möglicherweise erheblich verschlechtert werden. Problematischer zu erfassen sind diese Art von Emissionen bei indirekten Landnutzungsänderungen. Dieser Zusammenhang beruht auf der schon angesprochenen Annahme, dass die weltweite Agrarfläche begrenzt ist und dass eine Förderung von Bioenergie aus Biomasse die Konkurrenz um Anbauflächen weltweit erhöht. Eine weltweit steigende Nachfrage nach Agrarland wird langfristig dazu führen, dass neue Flächen hinzugewonnen werden, was ebenfalls zu den beschriebenen Landnutzungsemissionen führen wird. Aufgrund der Annahme, dass diese Landnutzungsänderungen allein durch die Ausweitung des Biomasseanbaus zur Bioenergieproduktion stattfinden, könnte man fordern, dass diese Emissionen der Klimabilanz der Bioenergieformen zugerechnet werden müssen. Dies ist aber konsistent kausal nicht möglich, denn man müsste beispielsweise belegen, dass der Energiemaisanbau auf einem Feld in Deutschland zur Abholzung einer konkreten Fläche in Brasilien führt und die durch die Abholzung verursachten Emissionen der Klimabilanz des Energiemais zurechnen. Konsequenterweise wäre ein globales Landmanagement nötig, welches Flächen mit einem hohen Kohlenstoffgehalt, wie Regenwälder oder Torfmoore, und anderweitig – z.B. aufgrund hoher Biodiversität – schützenswerte Flächen grundsätzlich von der Umwandlung zu Ackerland ausschließt. Zumindest der Schutz von Flächen mit einem hohen Kohlenstoffgehalt ließe sich über einen globalen Kohlenstoffpreis lösen, indem allen weltweit produzierten Agrarprodukten der Preis für die durch direkte Landnutzungsänderungen verursachten Emissionen zugerechnet würde. Würden alle weltweiten Agrarprodukte in dieses System miteinbezogen, gäbe es per Definition keine indirekten Landnutzungsemissionen mehr.

Ein Preis für die Emission von CO₂ würde einen Anreiz schaffen, dort den Kohlenstoffdioxid-Ausstoß zu verringern, wo dies zu den geringsten Kosten erreicht werden kann. Mögliche Instrumente, durch die ein einheitlicher Kohlenstoffpreis umgesetzt werden kann, stellen die Einführung einer Steuer auf Emissionen oder der Verkauf von Emissionsrechten dar. Beide Instrumente entsprechen dem Konzept der Kosteneffizienz, d.h. sie ermöglichen das Erreichen eines Emissionsreduktionsziels zu den geringsten gesamtwirtschaftlichen Kosten. Außerdem bewirken sie entweder ein Ausweichen auf kohlenstoffarme Energieträger oder einen positiven Effekt auf die Energieeffizienz, da sie die Nutzung von nicht-fossilen Rohstoffen bevorzugen und Investitionen in verbesserte Technologien begünstigen.

Im Rahmen des Emissionshandels, wie er in der EU umgesetzt wurde, werden Emittenten aus ausgewählten Sektoren der energieintensiven Industrie verpflichtet, für ihre CO₂-Emissionen eine entsprechende Menge an Zertifikaten einzulösen. Emissionssenkungen werden durch Emissionshöchstgrenzen bewirkt, die den Emissionen das Attribut eines knappen Faktors zuteilen und somit die Preisbildung auf dem Handelsmarkt für Emissionszertifikate beeinflussen. Durch eine Besteuerung hingegen wird der Preis eines Gutes oder eines Produktionsfaktors nach seinem Kohlenstoffgehalt erhöht. Es ist somit von der Reaktion der Verbraucher oder Produzenten abhängig, welche Mengenreaktion eine Steuer zur Folge hat.

Ist die Steuer richtig bemessen, kann eine kosteneffiziente Emissionsvermeidung erreicht werden. Das System führt in diesem Fall zu äquivalenten Ergebnissen wie der Handel von Emissionszertifikaten.

Es stellt sich die Frage, welches Instrument sich besser zur Emissionsreduktion eignet. Für die Implementierung einer festgesetzten Steuer spricht, dass mögliche Preisschwankungen von Emissionszertifikaten die Unternehmen davon abhalten könnten hohe Investitionen in Vermeidungstechnologien zu tätigen. Mit dem Emissionshandel ist es hingegen möglich, die Vermeidung einer festgelegten Menge an Emissionen zu erreichen. Das Ergebnis der Steuer wäre von der Einschätzungsfähigkeit des Staates abhängig, die mit einem hohen Fehlerisiko behaftet ist (ZEW 2008). Dies und die Tatsache eines bereits bestehenden Handelssystems in Europa sprechen für den Emissionshandel. Für Deutschland und Europa bedeutet dies, dass eine Ausweitung des Europäischen Handelssystems auf weitere Sektoren stattfinden sollte. Neben den energieintensiven Produzenten muss besonders auch der private Energieverbrauch Teil des Handelssystems werden. Um einen globalen Kohlenstoffpreis einzuführen, muss schließlich ein alle Sektoren und Länder umfassendes Handelssystem etabliert werden.

7 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen für eine Förderung und Verwendung von erneuerbaren Energien durch Biomasse sind durch europäische Politikvorgaben bestimmt, die in nationale gesetzliche Vorgaben umgesetzt werden. Im Folgenden sollen die wichtigsten politischen Grundlagen dargestellt und diskutiert werden, inwiefern sie eine effiziente Bioenergienutzung nach dem hier vorgestellten Rahmen fördern.

7.1 Europäische Zielsetzungen und Fördermaßnahmen

Die EU-Förderung von Biomasse als alternative Energiequelle sowie speziell von Biokraftstoffen können als Bausteine des gesamten Klima-Energiepakets der EU gesehen werden. Dieses wurde durch den Europäischen Rat im Dezember 2008 beschlossen und wurde Anfang 2009 endgültig vom Europäischen Parlament und Ministerrat verabschiedet. Die Eckdaten des Klima-Energiepakets sind eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes um 20 Prozent bis 2020 relativ zu den 1990er Emissionen und ein Anteil erneuerbarer Energie am Gesamtenergieverbrauch von 20 Prozent, wobei für den Transportsektor ein Anteil von 10 Prozent vorgeschrieben ist. Biomasse spielt nicht nur für die Erreichung der Erneuerbarenquote im Transportsektor eine wichtige Rolle, sondern ist auch die vorherrschende erneuerbare Energiequelle im Elektrizitätssektor und zur Wärmeerzeugung. Im Jahre 2007 wurden in der EU 135,9 Mtoe Primärenergie aus erneuerbarer Energie verbraucht, was einen Anteil am gesamten Primärenergieverbrauch von 7,5 Prozent ausmacht. Bioenergie ist auch auf europäischer Ebene mit 86,6 Mtoe und somit einem Anteil von zwei Dritteln die wichtigste Form erneuerbarer Energie (EurObserv'ER, 2008). Der von der Europäischen Kommission 2005

ausgearbeitete „Aktionsplan für Biomasse“ (Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 2005) sieht vor, dass spätestens bis zum Jahr 2012 Bioenergie bis zu 150 Mtoe zum Primärenergieverbrauch beisteuern könnte. Dies bedeutet, dass eine Steigerung der Biomassenutzung um 75 Prozent bis 2012 stattfinden soll. Mit der Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien hat sich die Europäische Union auf Nachhaltigkeitskriterien geeinigt und eine nationale Umsetzung gefordert (Europäische Union, 2009).

7.2 Nationale Umsetzung

Den Vorgaben des europäischen Biomasseaktionsplans folgend, wurde ein nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland im Jahre 2009 veröffentlicht (BMELV-BMU, 2009). Dieser formuliert Maßnahmen, die eine Ausrichtung auf das Ziel eines effizienten Klimaschutzbeitrages durch die Förderung der Biomassenutzung bewirken sollen. Besonders hervorzuheben ist die Forderung des deutschen Biomasseaktionsplans nach Maßnahmen zur Förderung einer verstärkten Wärmenutzung und der Bemessung der Förderung von Biokraftstoffen gemäß ihrem Nettobeitrag zum Klimaschutz.

Einige dieser Maßnahmen sind bereits in der jüngsten Novellierung des EEG im Jahre 2008 (in Kraft getreten im Januar 2009), insbesondere durch die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und die Förderung der Verwendung von Reststoffen, vor allem Gülle, in Biogasanlagen umgesetzt worden. So unterstützt der KWK-Bonus die Weiterverwendung der bei der Stromerzeugung anfallenden Wärme außerhalb der Anlage. Der NaWaRo-Bonus wird nicht nur für Biomasse gezahlt, die keine weitere Aufbereitung benötigt, sondern findet nun auch bei einer Nutzung von Gülle in Biogasanlagen Anwendung. Zusätzlich sieht das EEG einen Technologiebonus vor, der bei einem Einsatz von innovativen Technologien in der Biomasseproduktion gewährt wird. Nach der Biomasse-Strom-Nachhaltigkeitsverordnung dürfen für die Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien ab 2010 nur noch Pflanzenöle eingesetzt werden, die nachhaltig hergestellt worden sind (BioSt-NachV, 2009). Der Nachweis der Nachhaltigkeit soll über Zertifizierungssysteme, wie zum Beispiel das ISCC Projekt, gewährleistet werden.

Schon im Jahre 2008 fand auf nationaler Ebene eine Reduzierung der im Jahr 2007 für Biokraftstoffe formulierten Ausbauziele statt, die im Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen verankert wurden. Ab 2015 soll nach diesem Gesetz außerdem eine Ausrichtung der Biokraftstoffförderung nach dem Nettobeitrag zur Treibhausgasverminderung unter Berücksichtigung der bei der Herstellung entstandenen Emissionen stattfinden (BioKraftFÄndG, 2009).

Diese Entwicklungen auf gesetzlicher Ebene in Deutschland weisen darauf hin, dass bereits vereinzelte Maßnahmen für eine effiziente Biomassenutzung ergriffen werden. Bei genauer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass bezüglich der Vollständigkeit und Einheitlichkeit der einzelnen Gesetzgebungen Nachbesserungsbedarf besteht und bei der Erlassung von neuen Gesetzen Konflikte zu bestehenden Gesetzgebungen auftreten können. Die aufgrund des

unkoordinierten Instrumenteneinsatzes verursachten Verzerrungen bei der Flächen- und Biomassenutzung führen zu gesamtwirtschaftlich ineffizienten Lösungen, wie zum Beispiel bei der starren Biokraftstoffquote, und zu einer nicht optimalen Nutzung des Potentials der Biomassenutzung.

8 Politikempfehlungen

Es herrscht Einigkeit darüber, dass beim Klimaschutz effizientes und schnelles Handeln wichtig ist, da ein starker Anstieg der Vermeidungskosten des Klimawandels im Laufe der Zeit erwartet wird. Mittelfristig kann die Biomassenutzung hier einen großen Beitrag leisten, solange ein optimaler Einsatz gewährleistet ist.

Aufgrund der fehlenden Einbeziehung der externen Kosten von Kohlenstoffemissionen wurden in der Vergangenheit klimafreundliche Energieformen nicht ausreichend auf dem Markt bereitgestellt. Das in den letzten Jahren eingeführte Instrumentarium an gesetzlichen Einzelregelungen für die verschiedenen Bioenergieformen birgt die Gefahr beträchtlicher wirtschaftlicher Verzerrungen. Die einzelnen Förderprogramme sind nicht konsistent aufeinander abgestimmt, so dass keine einheitliche klimapolitische Ausrichtung erkennbar ist. Deswegen sollte die Förderung einzelner Bioenergieformen ersetzt werden durch eine einheitliche Bemessungsgrundlage für alle Bioenergieaktivitäten. Grundlage dafür könnte das Emissionshandelssystem der EU sein. Dieses beinhaltet einen einheitlichen Kohlenstoffpreis und damit gleiche Anreize für alle Formen der energetischen Biomassenutzung. So wäre auch der Schutz von Flächen mit hohem Kohlenstoffgehalt gewährleistet. Voraussetzung für einen einheitlichen Kohlenstoffpreis ist, dass dieser global, d.h. unter Teilnahme einer hohen Anzahl von Ländern und Wirtschaftssektoren, stattfindet.

Um die langfristige Umsetzung eines globalen Kohlenstoffpreises zu ermöglichen, sollten kurzfristige Maßnahmen eine Überleitung zu einer einheitlichen Kohlenstoffbewertung unterstützen. In diesem Sinne sollten sämtliche Fördermaßnahmen auf eine hohe Treibhausgas-einsparung abzielen. Es ist weiterhin zu empfehlen, dass der Technologiebonus im EEG durch einen Effizienzbonus abgelöst wird, um damit nur den technologischen Fortschritt zu fördern, der zur effizienten Klimaschutzwirkung führt.

Die oben erläuterten Politikmaßnahmen zeigen, dass einige im nationalen Biomasseaktionsplan geforderten Maßnahmen bereits umgesetzt wurden, jedoch weitere Anreize und insbesondere auch ein einheitlicher, übersichtlicher Ansatz notwendig sind, um eine effiziente Biomassenutzung zu gewährleisten.

Neben der bereits umgesetzten Maßnahme zur Unterstützung der Nutzung von Gülle für die Biogasherstellung sollte vor allem die Hackschnitzelnutzung verstärkt gefördert werden, da sie auf regionaler Ebene einen hohen Beitrag für den Klimaschutz leistet und eine hohe Flächeneffizienz aufweist. Hierfür ist eine bundesweite Herausnahme der Kurzumtriebsplantagen (KUP) auf landwirtschaftlichen Flächen aus dem gesetzlichen Waldbegriff zu empfehlen.

Natürlich sollte eine solche Änderung der gesetzlichen Grundlagen keine Schwächung des Waldschutzes verursachen. Es darf allerdings nicht vergessen werden, dass Bioenergie nur ein Baustein einer nachhaltigen Energieversorgung sein kann, und dass die obengenannten Nutzungsformen weitestgehend auf dezentrale Maßnahmen im ländlichen Raum beschränkt bleiben werden.

Der NaWaRo-Bonus bewirkt eine verstärkte Biogasherstellung in Deutschland, für die vor allem Silomais eingesetzt wird, der gleichzeitig als Futtermittel dient. Aufgrund seiner schlechten Transporteigenschaften könnte somit eine stärkere Biogasproduktion zu höheren Kosten in der lokalen Viehhaltung führen. Wenn andere Länder nicht gleichermaßen die Nutzung von Biomasse fördern, kann dies eine Verlagerung der tierischen Produktion ins Ausland hervorrufen. Eine Förderung der dezentralen Strom- und Wärmebereitstellung durch den KWK-Bonus ist grundsätzlich positiv zu beurteilen, sollte jedoch den Zusammenhang zwischen Anlagengröße und elektrischem Wirkungsgrad mit einbeziehen (WBA, 2007).

Die Neuorientierung der Anreize für die Biokraftstoffproduktion nach ihrem Treibhausgasesparungspotenzial und eine nicht diskriminierende Bewertung vor allem der Importe sind ein wichtiger Schritt zu einem effizienten Biokraftstoffeinsatz. Es sollte hier eine auf Nachhaltigkeitskriterien basierende Importstrategie geschaffen werden und eine weitere Reduktion der nationalen Produktion stattfinden. Hierfür sollte der Ausbau einer internationalen Nachhaltigkeitszertifizierung gefördert werden.

Quellenverzeichnis

- BioKraftFÄndG (2009). „Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen (BioKraftFÄndG)“, 15.07.2009, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 41, ausgegeben zu Bonn am 20. Juli 2009.
- BioSt-NachV (2009). „Verordnung über Anforderung an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom Nachhaltigkeitsverordnung)“, 23.06.09, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 29. Juli 2009.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz [BMELV] (2009): Forschungsreport Schwerpunkt: Pflanzen als nachwachsende Rohstoffe <http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/610474/publicationFile/36622/Forschungsrep1-2009.pdf> Zugriff: 31.08.2009.
- BMELV-BMU (2009). Nationaler Biomasseaktionsplan für Deutschland – Beitrag der Biomasse für eine nachhaltige Energieversorgung. http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/broschuere_biomasseaktionsplan.pdf, Zugriff 15.05.2009.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [BMU] (2009a). Erneuerbare Energien – Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ee_innovationen_energiezukunft_bf.pdf, Stand: Juni 2009, Zugriff 26.10.2009.
- BMU (2009b). Erneuerbare Energien in Zahlen – Nationale und internationale Entwicklung, Stand Juni 2009. http://www.erneuerbare-energien.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/broschuere_ee_zahlen_bf.pdf, Zugriff 28.10.2009.
- BMU (2008) (Hrsg.) Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien Leitstudie 2008 <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2008.pdf> Stand: Oktober 2008 Zugriff 21.09.2009.

- EEG (2008). "Gesetz zur Neureglung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG)" vom 25.10.2008, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2008.
- Edenhofer, O. & N. Stern (2009): Towards a global green recovery, <http://www.pik-potsdam.de/globalgreenrecovery>, Zugriff 31.08.2009.
- EurObserv'ER (2008). The State of Renewable Energies in Europe, 8th EurObserv'ER Report, <http://www.eurobserv-er.org/pdf/barobilan8.pdf>, Zugriff am 27.05.2009.
- Europäische Union (2009). Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. Amtsblatt der Europäischen Union L140/16 vom 5.6.2009.
- Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe [FNR] (2009): Biokraftstoffe: Eine vergleichende Analyse, http://www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/FNR_meo_biokraftstoffvergleich_apr09.pdf, Zugriff 30.07.2009.
- FNR (2008). Bioenergy: Plants, Raw materials, Products. http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_330-bioenergie_gb_finale.pdf, Zugriff 27.05.2009.
- Institut für Energetik und Umwelt in Zusammenarbeit mit KWS Saat AG [IE/KWS] (2008). Energie- und Klimaeffizienz ausgewählter Biomassekonversionspfade zur Kraftstoffproduktion. Leipzig, 18. April 2008.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2005). Aktionsplan für Biomasse. Mitteilung der Kommission, KOM(2005)628 endgültig, Brüssel, den 7.12.2005.
- Raupach, M., G. Marland, P. Ciais, C. Le Quéré, J. Canadell, G. Klepper, C. Field (2007). Global and Regional Drivers of Accelerating CO2 Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 104 (24), National Academy of Sciences, 10288-10293.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen [SRU] (2007). „Klimaschutz durch Biomasse“, Sondergutachten, Juli 2007, http://www.umweltrat.de/02gutach/download02/sonderg/SG_Biomasse_2007_Hausdruck.pdf, Zugriff 27.05.2009.
- Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik [WBA] (2007): Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlung an die Politik – <http://www.bmelv.de/cae/servlet/contentblob/382594/publicationFile/23017/GutachtenWBA.pdf> Zugriff 31.08.2009.
- Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen [WBGU] (2009). Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung, http://www.wbgu.de/wbgu_jg2008.pdf, Zugriff 27.05.2009.
- Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie und RWI Essen [WI-RWI] (2008): Nutzungskonkurrenzen bei Biomasse <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Studien/nutzungskonkurrenzen-bei-biomasse-endbericht,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> Zugriff 31.08.2009.
- Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung [ZEW] (2008): Energieeffizienz – eine neue Aufgabe für staatliche Regulierung? <http://opus.zbw-kiel.de/volltexte/2008/7015/pdf/dp08004.pdf> Zugriff 31.08.2009.

Imprint

Publisher: Kiel Institute for the World Economy
Duesternbrooker Weg 120
D – 24105 Kiel
Phone +49 (431) 8814-1
Fax +49 (431) 8814-500

Editorial team: Rita Halbfas
Helga Huss
Prof. Dr. Henning Klodt
(responsible for content, pursuant to § 6 MDStV)
Dieter Stribny

The Kiel Institute for the World Economy is a foundation under public law of the State of Schleswig-Holstein, having legal capacity.

Sales tax identification number DE 811268087.

President: Prof. Dennis Snower, Ph.D.

Vice President: Prof. Dr. Rolf J. Langhammer

Supervisory authority: Schleswig-Holstein Ministry of Science,
Economic Affairs and Transport

© 2009 The Kiel Institute for the World Economy. All rights reserved.