Dr. Claudia Hermeling | Nikolas Wölfing

Energiepolitische Aspekte der Bioenergienutzung: Nutzungskonkurrenz, Klimaschutz, politische Förderung

Endbericht

Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), Mannheim
Forschungsbereich Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement
L 7, 1, 68161 Mannheim, www.zew.de

Juli 2011

ZEW
Zentrum für Europäische
Wirtschaftsforschung GmbH

Energiepolitische Aspekte der Bioenergienutzung:

Nutzungskonkurrenz, Klimaschutz, politische Förderung

Endbericht

Der vorliegende Bericht wurde im Forschungsbereich Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement des Zentrums für Europäische Wirtschaftsförderung (ZEW) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) erstellt. Im Rahmen eines Sachverständigenauftrags wurde ein Überblick über energiepolitische Aspekte der Bioenergienutzung erarbeitet und umfangreich mit wissenschaftlicher Literatur und Daten unterlegt.

Die Autoren danken für die geleistete Unterstützung:
Vasilios Anatolitis, Silke Johanndeiter, Nadine Schwiertz und Eva Wichmann (in alphabetischer Reihenfolge).
Alle geäußerten Meinungen sind die der beiden Autoren.

Mannheim im Juli 2011,

Dr. Claudia Hermeling, Nikolas Wölfing

FB Umwelt- und Ressourcenökonomik, Umweltmanagement
Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW)
L 7, 1, 68161 Mannheim

Kontakt: +49-(0)621-1235-210
hermeling@zew.de, woelfing@zew.de

Das Wichtigste in Kürze

Der Bericht liefert einen Überblick über verschiedene Aspekte der Bioenergienutzung aus der Perspektive der Energiepolitik. Er widmet sich den Fragen der Nutzungskonkurrenz und der Preiseffekte auf Rohstoffmärkten, der Treibhausgaseinsparungen bei der Verwendung von biogenen Brennstoffen und des Förderinstrumentariums in Deutschland und weltweit. Dabei geht die Studie exemplarisch vor und behandelt ausgewählte Aspekte der Bioenergienutzung anhand von Statistiken, öffentlichen Stellungnahmen und wissenschaftlichen Analysen zum Thema.

Weltweit wurde 2008 ein Zehntel des Primärenergiebedarfs aus Biomasse oder Abfall bestritten. Bei den biogenen Energieträgern dominieren die festen Brennstoffe, welche 2008 rund 94 Prozent aller weltweit genutzten Bioenergie ausmachten. Folglich liefern Biokraftstoffe und Biogas bisher nur einen sehr geringeren Beitrag zur weltweiten Energieversorgung (weniger als ein Prozent des Primärenergieverbrauchs), doch gerade hier zeigt sich die dynamischste Entwicklung, welche sich auf umfangreiche staatliche Förderung in einigen Ländern stützt. Auch mit Blick auf Klimapolitik und die Nahrungsmittelkrise von 2008 konzentrierte sich die Debatte der letzten Jahre weitgehend auf die Nutzung von Biokraftstoffen und Biogas. Mit dem Fokus des vorliegenden Gutachtens auf die Energiepolitik rücken somit Biokraftstoffe und Biogas in den Vordergrund der Betrachtung.

Ein Überblick über relevante Studien zeigt einen breiten Konsens darüber, dass die verstärkte Nutzung von Agrarrohstoffen als Energieträger eine enge Kopplung der Nahrungsmittelpreise an die Preise für Energiegüter etabliert. Im Zusammenspiel mit hohen Ölpreisen und weiteren Faktoren, kann eine erneute Verknappung der Nahrungsmittel wie in 2008 in Zukunft nicht ausgeschlossen werden. Dies würde die weltweite Ernährungslage insbesondere für die ärmeren Schichten in den Entwicklungsländern deutlich verschlechtern.

Auch durch den zunehmenden Einfluss von Finanzinvestoren auf die Rohstoffmärkte ist in Zukunft häufiger mit einem verstärkten Gleichlauf von Energiepreisen und den Preisen für Agrarrohstoffe mit energetischer Nutzung zu rechnen. Die bereits vorhandene Volatilität der Preise in den Energie- und Rohstoffmärkte könnte sich in Zukunft verstärken.

Die CO_2-und Treibhausgasbilanz kann durch die alternative Nutzung von Bioenergie als Ersatz für fossile Energieträger gesenkt werden. Die Einsparpotentiale fallen jedoch bei verschiedenen Energieträgern sehr unterschiedlich aus. Besonders kritisch wird die Produktion von Biokraftstoffen gesehen, deren Treibhausgas-Einsparungen unter Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen negativ ausfallen können.

Die starke Förderung gasförmiger und flüssiger Bioenergieträger hat in einigen Ländern eine Branche geschaffen, die sich in Regionen ohne politische Förderung nicht etablieren konnte. Brasilien und die USA haben im Nachgang der Ölkrise von 1973 jeweils mit starker politischer Unterstützung eine umfangreiche heimische Produktion von Bioethanol aufgebaut. In der Europäischen Union wird vor allem Biodiesel genutzt, welcher teilweise importiert, teilweise vor Ort produziert wird. Für Biogas lässt sich feststellen, dass allein Deutschland, die USA und China drei Viertel des weltweiten Verbrauchs auf sich konzentrieren (2008). Dies unterstreicht erneut die Bedeutung der politischen Förderung für die genannten Energieträger.

Die Förderung als Teil der Energiepolitik sollte sich dabei am Zieldreieck der Energieversorgung: Umweltverträglichkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit orientieren. Die vorliegende Analyse zeigt jedoch, dass teilweise Fördergelder in Maßnahmen fließen, welche keine oder nur geringe

Einsparungen von Treibhausgasen bewirken, und somit weder Wirtschaftlichkeit noch Umweltverträglichkeit erreicht werden. Der Beitrag, den flüssige oder gasförmige Bioenergieträger zur Versorgungsicherheit leisten können, ist aufgrund der geringen Mengen bisher sehr begrenzt. Angesichts der Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion ist eine Ausweitung der Nutzung von Agrarrohstoffen für die Energieversorgung fraglich.

Umso mehr sollte sich die Förderpolitik darauf konzentrieren, die energetische Nutzung von Reststoffen und Abfällen zu verbessern. Bioenergieträger können in einem zukünftigen Energiesystem, welches weitgehend auf erneuerbaren Energiequellen beruht, eine wichtige Rolle als vielseitige und speicherbare Energieform einnehmen. Für einen sozial- und umweltverträglichen Ausbau zu annehmbaren Kosten sind jedoch weitere technische Fortschritte durch Forschungs- und Entwicklungsleistungen notwendig.

Summary

The report offers an overview of different aspects of bioenergy use in terms of energy policy. It deals with competing uses for agricultural products and with the resulting price effects on commodity markets, with greenhouse gas reductions by using biogenic fuels, and with the range of promotional instruments available in Germany and worldwide. The study represents an exemplary approach and concerns itself with chosen aspects of bioenergy use as represented through statistics, public statements and scientific contributions on the topic.

In 2008, one tenth of the worldwide primary energy supply stemmed from biomass or waste. Among the different forms of biomass, solid fuels are dominating, as they constituted 94% of all bioenergy carriers used worldwide in 2008. This means that until now, liquid biofuels and biogas have been playing a minor role in the worldwide energy supply, covering less than one per cent of the primary energy supply. However, these are also the energy carriers with the most dynamic development, as they enjoy a large-scale state funding in some countries. Especially with regard to climate policy and the food crisis in 2008, the public debate has largely focused on the use of liquid biofuels and biogas in recent years. As we are concerned with energy policy in our report, we therefore share this focus on these products.

A review of relevant studies shows a widely accepted consensus over the assumption that the stronger use of agricultural commodities as energy carriers establishes a close coupling between the prices for foodstuffs and the prices for energy goods. Together with the high prices on oil and other factors, this might lead to a repeated shortage of foodstuffs in the future, similar to that in 2008. This would worsen the worldwide food situation considerably, especially for the poorer social classes in developing countries.

Regardless of the use of biofuels, the growing impact of financial investors on commodity markets gives rise to the concern that a more pronounced comovement between energy prices and the prices for agricultural commodities used for energy production can be expected. The volatility of prices on the energy and commodity markets which is already present might grow further in future.

The CO_2 and greenhouse balance can be reduced by using bioenergy as an alternative to the fossil fuels. However, the saving potentials differ substantially for different sorts of fuels. One point of criticism is the production of such biofuels for which the greenhouse gas savings render negative when the changes in land use are taken into account.

In some countries, the strong state funding of liquid and gaseous bioenergy carriers has created a sector that could not take root in regions without the political promotion. In the wake of the 1973 oil crisis, Brazil and the USA have each established a large-scale domestic production of bioethanol with strong political support. The European Union mostly uses biodiesel, which is partly imported and partly produced locally. For biogas, it can be said that Germany, the US and China are responsible for three thirds of its worldwide consumption. This demonstrates once more how important the political promotion is for these energy carriers.

As part of energy policy, the promotion of bioenergy should be oriented at the threefold constellation of the political objectives environmental compatibility, energy security and economic efficiency. However, our analyses shows that certain parts of state funding programmes are spent on measures leading to a low reduction of greenhouse gases only, or none at all. Thus neither the economic efficiency nor the environmental compatibility goal is reached. Until now, liquid and

gaseous bioenergy carriers could not contribute to the security of supply on a large scale because of the low quantities available. With regard to the competition with the production of food, expanding the use of agricultural commodities for the energy supply seems questionable.

This is one more reason for the energy policy to concentrate on improving the use of residual materials and waste for energy. In a future energy system widely based on sustainable energy sources, bioenergy carriers could play an important role as versatile and storable energy form. However, further technical progress through research and development are necessary for a socially and environmentally compatible expansion at acceptable cost.

Inhalt

Inhalt 1
I.) Hintergründe zur Bioenergie – Definitionen, Nutzung, Förderung 3
I.1. Einleitung 3
I.2. Definition von Bioenergie 4
I.2.1) Marktübliche Bioenergieträger 4
I.2.2) Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation 5
I.3. Nutzung von Bioenergie weltweit 6
II.) Bioenergienutzung und Rohstoffpreise 15
II.1. Weltmarktpreise für Agrar- und Energierohstoffe 15
II.2. Wirkungskanäle für die Kopplung von Preisen für Energiegüter und Agrarrohstoffe 16
a.) Direkte und indirekte Kosteneffekte bei der Produktion von Agrargütern 16
b.) Direkte und indirekte Nutzungskonkurrenz von Energierohstoffen und Agrargütern . 16
c.) Wachstum der Schwellenländer und Rohstoffpreise 17
d.) Monetäre Effekte und Spekulation 17
II.3. Preisentwicklung in Rohstoffmärkten 18
II.4. Studien zum Preiseffekt von Bioenergienutzung auf Agrarmärkten 20
II.4.1) Studien zum Einfluss der Bioenergienutzung auf die Nahrungsmittelkrise von 2008 20
II.4.2) Strukturelle Analysen zum Zusammenhang von Energie- und Nahrungsmittelpreisen 22
II.4.3) Fazit zum Effekt der Bioenergienutzung auf die Preisentwicklung für Agrarrohstoffe 26
II.5. Spekulation in Rohstoffmärkten 27
II.5.1) Abgrenzung von Spekulation in Rohstoffmärkten und deren Effekte 27
II.5.2) Studien zum Preiseffekt von Finanzakteuren in Rohstoffmärkten 28
II.5.3) Fazit zum Effekt von Finanzinvestoren auf die Preisbildung in Rohstoffmärkten ... 34
III.) Treibhausgasemissionen bei der energetischen Nutzung von Biomasse 35
III.1. Kohlenstoffkreislauf und Biomasse-Lebenszyklus 35
III.2. Studien zu Treibhausgasemissionen der Bioenergienutzung 38
III.3. Treibhausgasemissionen durch Landnutzungsänderungen 41
III.4. Fazit 43
IV.) Politische Förderung der Bioenergienutzung 45
IV.1. Ziele und Instrumente der Energiepolitik 45
IV.1.1) Energiepolitische Ziele 45
IV.1.2) Gründe für Maßnahmen zur Förderung der Bioenergienutzung 46

IV.1.3) Instrumente in der Energie- und Klimapolitik 47
IV.2. Internationale Bioenergieförderung 48
IV.2.1) Überblick 48
IV.2.2) Biokraftstoffe 49
IV.2.3) Feste Biomasse 52
IV.2.4) Biogas 54
IV.3. Förderungsmaßnahmen in der EU und in Deutschland 56
IV.3.1) Biokraftstoffe 56
IV.3.2) Feste Biomasse 58
IV.3.3) Biogas 62
IV.3.4) Förderung der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz 63
Exkurs: Direkteinspeisung von Biogas ins Gasnetz 64
IV.4. Bioenergienutzung in Deutschland 69
IV.4.1) Nutzung und installierte Leistung 69
IV.4.2) Potentiale für den weiteren Ausbau der Bioenergienutzung in Deutschland? 75
IV.5. Fazit zur Politischen Förderung der Bioenergienutzung 76
V.) Fazit 79
Literaturverzeichnis 85

I.) Hintergründe zur Bioenergie – Definitionen, Nutzung, Förderung

I.1. Einleitung

Nach einem knappen Jahrzehnt steigender Energiepreise erreichten diese im Jahr 2008 ein weltweit bis dahin nicht gesehenes Niveau. Im öffentlichen Bewusstsein eingeprägt hat sich der Höchststand der Erdölpreise bei 146 USD für ein Fass Rohöl vom Sommer 2008. Doch gemeinsam mit den Rohölpreisen stiegen an den Warenterminbörsen die Preise für andere Güter, die vermehrt als Substitute für Produkte auf Mineralölbasis genutzt werden: Erdgas, Kohle, Pflanzenöle und Getreide. Die gleichzeitig steigenden Preise für Nahrungsmittel führten in mehreren Weltregionen zu Protesten und teilweise blutigen Aufständen von gesellschaftlichen Gruppen, die sich unvermittelt von Hunger bedroht sahen[1]. Dass parallel zu diesen Protesten in anderen Teilen der Welt Agrarrohstoffe wie Mais und Weizen als Ersatz für fossile Brennstoffe genutzt wurden, entfachte eine Debatte über die Nutzung von Agrarrohstoffen als Energieträger. Die Problematik ist seither im englischsprachigen Raum als „food or fuel dilemma“ bekannt. Im deutschen Sprachraum wird äquivalent und etwas ungenau von der „Tank oder Teller“ Problematik gesprochen [Sinn 2008].

Dabei ist Bioenergie nicht erst seit Kurzem ein relevanter Bestandteil der weltweiten Energieversorgung. Traditionell werden pflanzliche Brennstoffe wie Holz oder Dung auf der ganzen Welt verwendet. Die Statistiken zeigen außerdem, dass der weltweite Verbrauch fester Brennstoffe aus Biomasse immer noch zunimmt. Gleichzeitig zeigt sich im letzten Jahrzehnt eine rasante Entwicklung bei den flüssigen und gasförmigen Brennstoffen.

Politische Förderung erfahren die unterschiedlichen Formen der Bioenergie in mehreren Staaten bereits seit der Zeit der ersten Ölkrise 1973. Die Debatte um den Klimawandel hat der Entwicklung weiteren Vorschub geleistet, aber auch Fragen aufgeworfen, wie der großflächige Anbau von Energiepflanzen für die Kraftstoffproduktion auf den Treibhauseffekt einwirkt.

Der vorliegende Bericht liefert einen kursorischen Überblick über unterschiedliche Aspekte der Bioenergienutzung aus der Perspektive der Energiepolitik. Einzelne Kapitel widmen sich den Fragen der Nutzungskonkurrenz und der Preiseffekte auf Rohstoffmärkten, der Treibhausgaseinsparungen bei der Verwendung von biogenen Brennstoffen und des Förderinstrumentariums, welches die Energiepolitik hervorgebracht hat.

Dabei geht die Studie exemplarisch vor und behandelt ausgewählte Aspekte der Bioenergienutzung anhand von Statistiken, öffentlichen Stellungnahmen und wissenschaftlichen Studien zum Thema. Eine erschöpfende Behandlung aller hier vorgestellten Fragestellungen ist an dieser Stelle nicht zu leisten. Die umfangreich zitierte Literatur ermöglicht es dem Leser hingegen, tiefer gehende Analysen zu den angesprochenen Themen selbstständig zu sichten und anhand des vorliegenden Textes einzuordnen.

Die folgenden Abschnitte stellen zuerst die unterschiedlichen Formen der Bioenergienutzung vor und grenzen die Begrifflichkeiten ab. Anschließend wird ein Überblick über die Nutzung von Bioenergie weltweit und für einzelne Ländern gegeben. Obwohl hierbei die festen Brennstoffe

[1] Die Tagespresse berichtete ausführlich, vgl. zum Beispiel NYT 2008.

mengenmäßig deutlich dominieren, zeigt sich die dynamischste Entwicklung bei Biokraftstoffen und Biogas. Beide Energieformen erfahren umfangreiche staatliche Unterstützung in mehreren Ländern, wie in einem späteren Kapitel dargelegt wird. Da sich die vorliegende Studie insbesondere an die Energiepolitik richtet, liegt der Fokus des weiteren Gutachtens vor allem bei diesen beiden Energieformen.

Im zweiten Kapitel wird auf den Zusammenhang von Bioenergienutzung und der Preisbildung auf Agrar- und Energiemärkten eingegangen. Die Problematik der Nutzungskonkurrenz von Rohstoffen wie Mais und Soja und die Preiskopplung mit den fossilen Energieträgern wird erläutert. Entlang der vorgestellten Literatur zum Thema wird ein vorläufiges Fazit gezogen. Die Diskussion wird ergänzt um einen Abschnitt zum Einfluss von Finanzinvestoren auf die Preisbildung in Rohstoffmärkten. Aktuelle Veröffentlichungen werden vorgestellt und zur Bewertung der Situation herangezogen.

Das dritte Kapitel widmet sich der CO_2- und Treibhausgasbilanz von Bioenergie im Vergleich zu fossilen Energieträgern. Es werden die möglichen Quellen von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus von biogenen Energieträgern erläutert und die relevante Literatur gesichtet.

Das vierte Kapitel widmet sich schließlich der energiepolitischen Förderung der Bioenergienutzung in einzelnen Ländern sowie der deutschen Situation im Hinblick auf die Nutzung, Förderung und Potentiale von biogenen Brennstoffen im Energiesektor. Die Instrumente der Energiepolitik werden vorgestellt und einzelne Optionen der Verwendung näher beleuchtet.

Ein Fazit fasst die Ergebnisse der Studie zusammen.

I.2. Definition von Bioenergie

Der Begriff „Bioenergie“ steht für eine Vielzahl verschiedener Energieträger pflanzlicher oder tierischer Herkunft, welche im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen dem heutigen Kohlenstoffkreislauf entstammen. Entsprechend vielfältig sind die Anwendungsbereiche der einzelnen Produkte. So können biogene Energieträger als Treibstoffe, aber auch zur Wärme- und Stromerzeugung genutzt werden. Die folgenden Definitionen geben einen Überblick über die unterschiedlichen Energieträger, wie sie u.a. in den IEA-Energiestatistiken aufgeführt werden[2].

I.2.1) Marktübliche Bioenergieträger

Biomethan

Rohbiogas, der eigentliche Ausgangsstoff des Biomethans, entsteht durch die anaerobe (unter Luftabschluss stattfindende) Vergärung von Gülle, gezielt angebauter Energiepflanzen oder auch biomassehaltiger Reststoffe. Die bei der Gärung zurückgebliebenen Reste, wie nicht abgebaute Biomasse und Mineralien, werden in der Landwirtschaft aufgrund ihrer Eigenschaften als Dünger eingesetzt. Das energetisch nutzbare Methan wird anschließend durch chemische Verfahren aus dem Rohbiogas extrahiert. Biogas enthält neben einem großen Teil Methan auch Kohlendioxid, Schwefelwasserstoff, Ammoniak und Wasserdampf. Das isolierte Biomethan findet zum größten Teil Anwendung bei der Wärme- und Stromerzeugung durch Verbrennung, aber auch als Beimi-

[2] Vgl. IEA-Dok [2010a und 2010b]. Überblicksinformationen zu biogenen Energieträgern bietet auch Kapitel 2 in FAO [2008] und die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe: www.nachwachsenderohstoffe.de .

schung zu herkömmlichem Erdgas. In letzter Zeit wird Biomethan auch als eine mögliche Alternative zu fossilem Erdgas als Fahrzeug-Kraftstoff angesehen.

Bioethanol
Durch die Vergärung von in Pflanzen enthaltenem Zucker oder pflanzlicher Stärke lässt sich Bioethanol gewinnen, welches als Biokraftstoff Verwendung findet. Dabei gibt es eine Vielzahl geeigneter Pflanzen, wie die regional verschiedene Nutzung von Rohstoffen zeigt. In den USA und im europäischen Ausland wird der Großteil des Bioethanols aus Mais gewonnen, in Brasilien hingegen ist die Hauptquelle Zuckerrohr. Aufgrund der landwirtschaftlichen Gegebenheiten kommt in Deutschland auch eine Nutzung von Weizen, Roggen und Zuckerrüben in Betracht. Bioethanol ist in der öffentlichen Wahrnehmung in Deutschland durch den seit 2011 an den Tankstellen erhältlichen Kraftstoff E10 präsent. Dabei wird dem herkömmlichen Benzin ein Bioethanol-Anteil von zehn Prozent beigemischt. Im Folgenden wird der Begriff Bioethanol auch für ähnliche Kraftstoffe (bspw. Biomethanol) genutzt, welche gemeinsam in den Energiebilanzen der OECD unter *Biogasoline* geführt werden.

Biodiesel
Bei der Biodieselherstellung werden als Ausgangsstoffe Pflanzenöle, Tierfette oder Altspeiseöle benötigt. In Deutschland wird dieser Bedarf überwiegend durch Rapsöl gedeckt, welcher immer mehr durch den Import von Soja- und Palmöl ergänzt wird. Man unterscheidet dabei zwischen kaltgepresstem, welches vorwiegend in kleineren landwirtschaftlichen Betrieben hergestellt wird, und raffiniertem Öl, welches vor allem in großen zentralen Anlagen hergestellt wird. Anschließend wird durch ein chemisch-technisches Verfahren, die Umesterung, das Pflanzenöl in einen Kraftstoff für konventionelle Dieselmotoren umgewandelt. Das Pflanzenöl wird dabei mit Methanol versetzt und mit Hilfe eines Katalysators bei 50°C – 80 °C vermengt. Das daraus entstehende Biodiesel kann als Alternative zu den herkömmlichen fossilen Diesel-Kraftstoffen oder als Beimischung in Fahrzeugen Verwendung finden oder auch als Bioheizöl genutzt werden.

Feste Biomasse als Energieträger
Neben den oben genannten flüssigen bzw. gasförmigen Bio-Energieträgern werden verschiedene feste Rohstoffe durch Verbrennung einerseits zur Wärme-, aber auch zur Stromgewinnung genutzt. Der Großteil der genutzten festen Brennstoffe besteht aus Holz, welches aufgrund seiner guten Brenneigenschaften vor allem in Haushalten zum Heizen verwendet wird. Zum Einsatz kommen von Scheitholz, über Hackschnitzeln bis zu Pellets und Briketts unterschiedlichste Formen. Weitere Brennstoffe, wie zum Beispiel Stroh, schilfartige Gräser oder auch Getreideausschuss, welcher nicht zum Verzehr geeignet ist, kommen bedingt in Betracht. Entsprechende Anwendungen benötigen eine spezielle Verbrennungstechnik, welche sich oft nur für größere Anwender und Betriebe lohnt.

I.2.2) Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation

Biokraftstoffe werden unterteilt in Kraftstoffe der ersten, zweiten und dritten Generation. Zu den Kraftstoffen der ersten Generation gehören die oben bereits genannten Energieträger Bioethanol und Biodiesel, die aus Pflanzenteilen hergestellt werden. Hierfür werden vorrangig Rohstoffe benutzt, die traditionell für die Nahrungsmittelproduktion verwendet wurden. Zur Herstellung von Kraftstoffen der zweiten Generation wird die ganze Pflanze inklusive der zellulosehaltigen Reststoffe genutzt. Zu diesen Kraftstoffen zählen neben Biomethan, das in Fahrzeugen Benzin oder Erdgas substituieren kann, auch die im Folgenden noch aufgeführten Kraftstoffe BtL und Cellulose-Bioethanol. Mit Ausnahme von Biomethan sind die Herstellungsverfahren jedoch beim ge-

genwärtigen Stand der Technik sehr aufwendig und teuer, so dass noch keine Marktreife mit Produktion in nennenswertem Umfang erreicht werden konnte. In ersten Forschungsprojekten werden bereits Kraftstoffe der 3. Generation untersucht, die aus Pflanzen mit deutlich höherer Biomasseproduktivität pro Fläche wie zum Beispiel Algen gewonnen werden sollen. In diesem Bereich ist jedoch noch erheblicher Forschungs-und Entwicklungsbedarf gegeben.

BtL-Kraftstoffe

Eine vergleichsweise junge Technologie der Bioenergienutzung stellen die BtL-Kraftstoffe („Biomass-to-liquid") dar, welche noch nicht breit am Markt verfügbar sind. Dabei werden verschiedenste biogene Rohstoffe thermochemisch vergast und anschließend in flüssige Kohlenwasserstoffe umgewandelt. Diese können dann über bekannte chemische Verfahren der Raffinerie-Industrie zu herkömmlichem Benzin oder auch Diesel verarbeitet werden. Vorteilhaft an diesem Verfahren ist die Tatsache, dass eine große Bandbreite von Rohstoffen genutzt werden kann. Anfallende Reststoffe wie auch speziell angebaute Nutzpflanzen finden bei diesem Verfahren Verwendung. Aufgrund des hohen Potentials der Reststoffverwertung und der Möglichkeit, bei der Synthese die Eigenschaften des Kraftstoffs zu bestimmen, werden BtL-Kraftstoffe als eine zukünftige Alternative zu herkömmlichen fossilen Kraftstoffen angesehen.

Cellulose-Bioethanol

Eine weitere relativ junge aber vielversprechende Entwicklung ist Cellulose-Bioethanol. Bei gewöhnlichem Bioethanol steht die Verwendung von Rohstoffen meist in Konkurrenz zur Lebensmittelnutzung. Für Cellulose-Bioethanol würden hingegen kostengünstige Reststoffe wie Stroh oder Holz als Rohstoff ausreichen. Der in der Cellulose der Pflanzen gespeicherte Zucker könnte mit Hilfe von chemischen Verfahren in Bioethanol umgewandelt werden und anschließend Anwendung als Kraftstoff finden. Dadurch ergäbe sich eine Technologie, welche einerseits kostengünstige Reste verwertet und andererseits nicht in direkter Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion steht.

I.3. Nutzung von Bioenergie weltweit

Weltweit gesehen hat Bioenergie einen eher geringen Anteil an der Energieversorgung. Gemeinsam mit der Verwertung von Müll deckte Biomasse zu zehn Prozent den weltweiten Primärenergieverbrauch im Jahr 2008[3]. Abbildung 1 zeigt die Gewichte der unterschiedlichen Energieformen weltweit.

[3] Als Referenzgröße wird dieser für 2008 mit rund 12.267 mtoe angegeben. mtoe = „Millionen Tonnen Öläquivalente"; 1 mtoe = 1000 ktoe

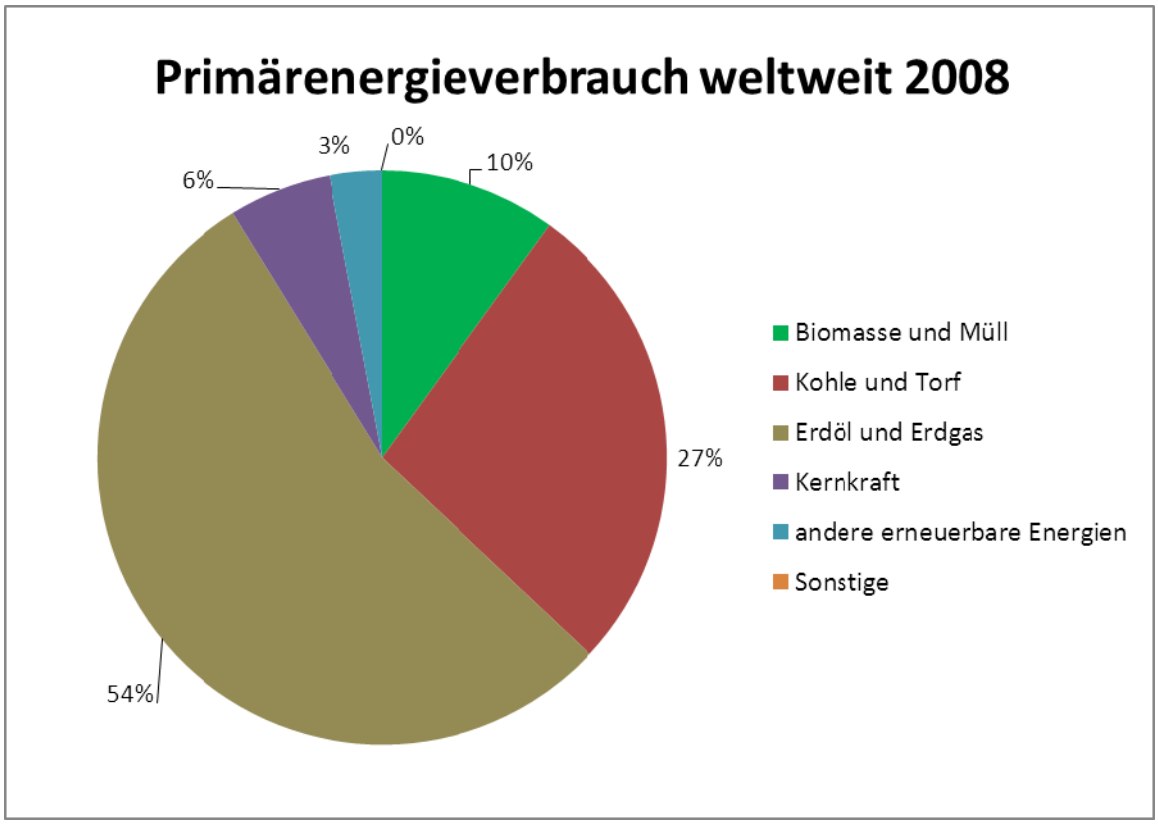


Abbildung 1, Quelle: IEA [2010]

Dabei ist zu berücksichtigen, dass Biomasse vor allem unmittelbar als Festbrennstoff wie zum Beispiel in Form von Brennholz genutzt wird. Deutlich wird dies in Abbildung 2, welche eindrucksvoll zeigt, dass die feste Biomasse den größten Teil der weltweit genutzten Bioenergie ausmacht. Modernere Formen der Bioenergie wie Biogas und Biokraftstoffe stehen im Vergleich dazu deutlich zurück.

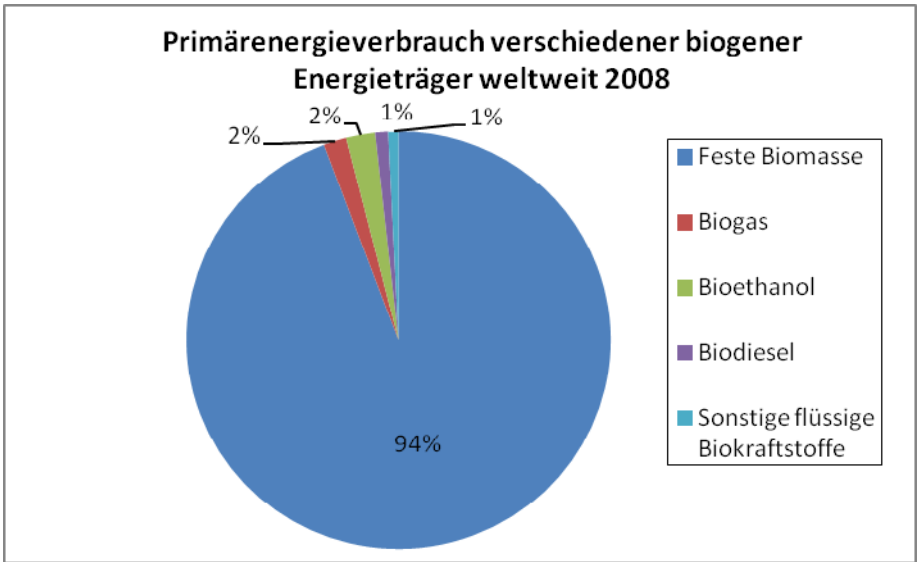


Abbildung 2, Quelle: OECD – IEA Extended World Energy Balances [IEA 2010]

Die regionale Aufteilung in Abbildung 3 zeigt, dass dies vor allem auf die Nutzung von fester Biomasse in Afrika und Asien zurück zu führen ist. Die OECD-Staaten in Nordamerika und Europa,

also die Regionen, die den größten Anteil des Weltbruttosozialprodukts erwirtschaften, kommen hingegen nur auf jeweils sechs Prozent am weltweiten Primärenergieverbrauch fester Biomasse.

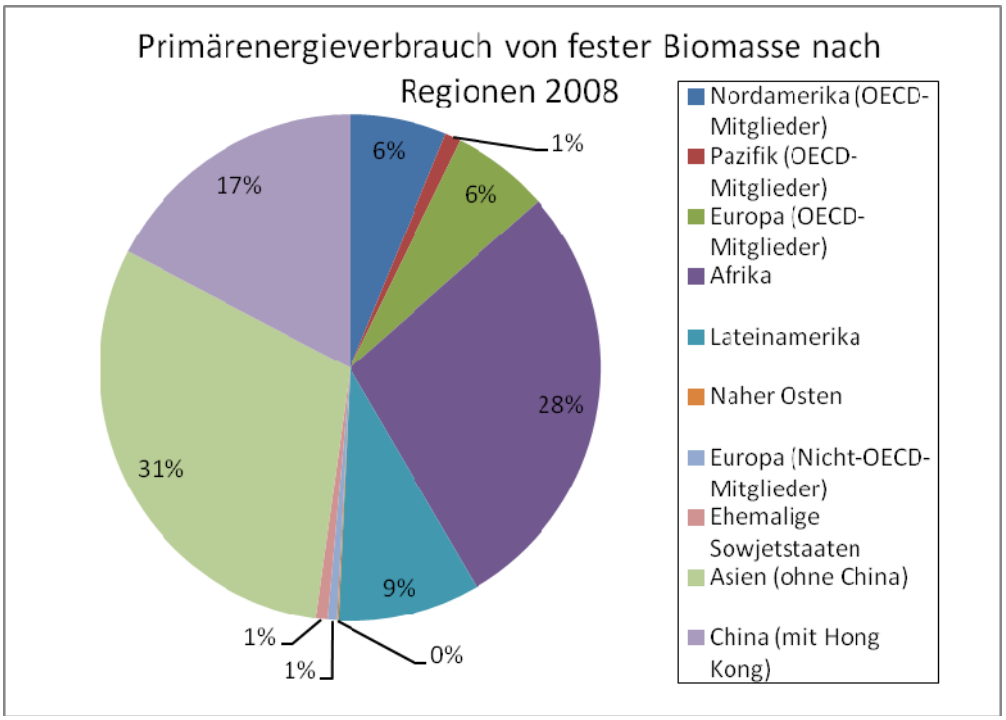


Abbildung 3, Quelle: IEA [2010]

Betrachtet man zusätzlich die Entwicklung des Primärenergieverbrauchs von fester Biomasse, erkennt man, dass dieser kontinuierlich ansteigt. Abbildung 4 weist ein deutliches Wachstum des Primärenergieverbrauchs von fester Biomasse über die letzten 40 Jahre aus. Allerdings ist die Entwicklung eher stetig und zeigt, abgesehen von der Phase nach dem Zusammenbruch der UDSSR, keine besonderen Auffälligkeiten.

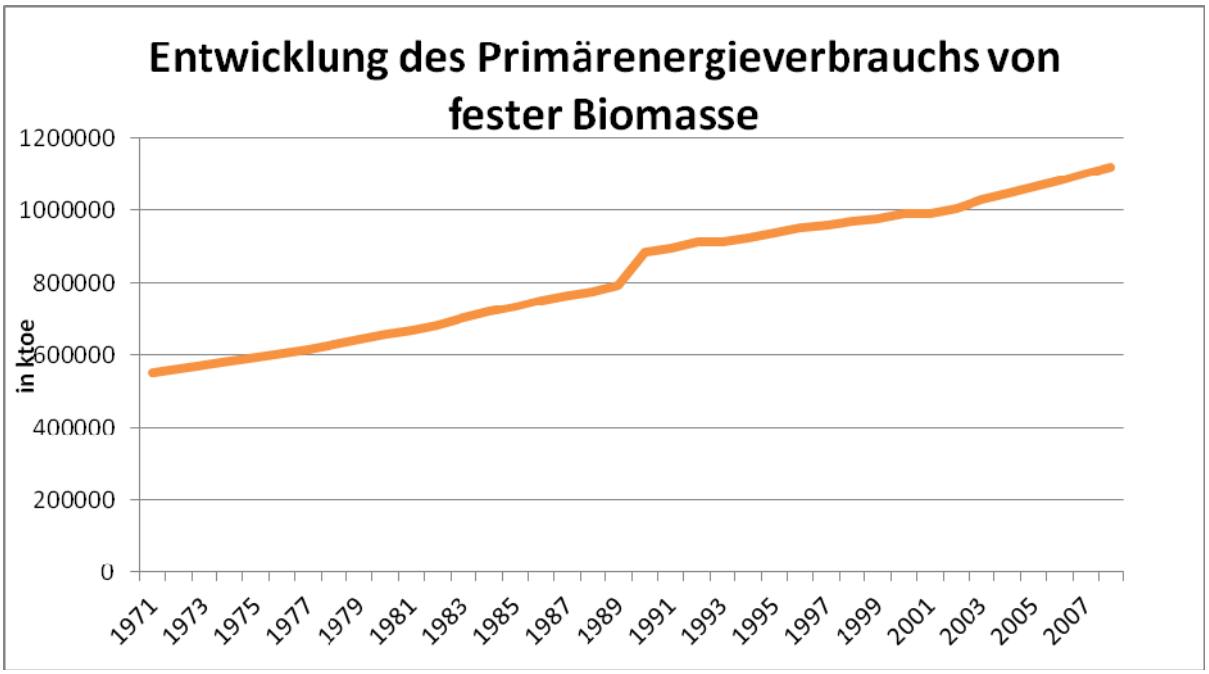


Abbildung 4, Quelle: IEA [2010]

Ganz anders verläuft die Entwicklung bei den Biokraftstoffen. Abbildung 5 lässt deutlich erkennen, wie in den letzten zehn Jahren der Primärenergieverbrauch von flüssigen Biokraftstoffen rapide ansteigt. Den größten Anteil an diesen Kraftstoffen macht Bioethanol aus. Schon seit Anfang der 1990er Jahre wächst die weltweite Nutzung von Bioethanol deutlich. Beim Biodiesel hingegen zeigt sich erst seit 2000 ein ähnlich starkes Wachstum wie für Bioethanol.

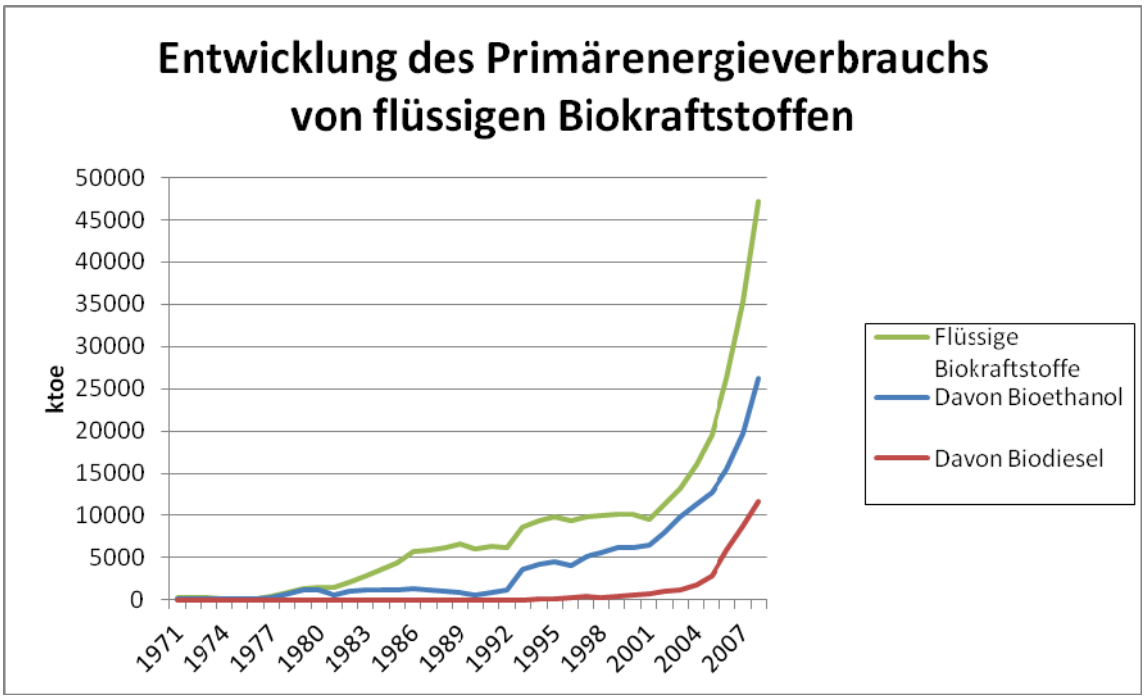


Abbildung 5, Quelle: IEA [2010]

Über die Hälfte des weltweiten Verbrauchs an Biokraftstoffen entfällt dabei auf Nordamerika, ein weiteres Viertel allein auf die europäischen OECD Staaten. Außerdem werden zwölf Prozent der weltweiten Biokraftstoffe in Lateinamerika verbraucht. Das Gros stammt hier aus der Bioethanolproduktion in Brasilien, welche sich stark auf die Zuckerindustrie des Landes stützt.

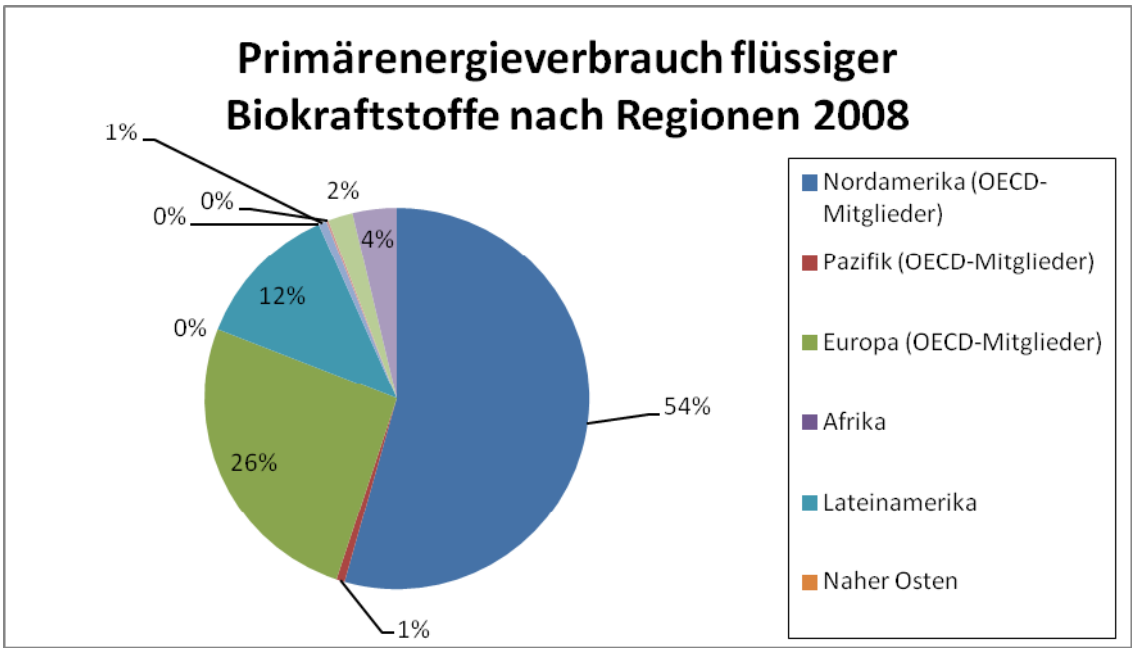


Abbildung 6, Quelle: IEA [2010]

Auch in den Vereinigten Staaten dominiert Bioethanol deutlich vor Biodiesel. Abbildung 7 zeigt darüber hinaus, dass der verbrauchte Kraftstoff überwiegend aus eigener Produktion stammt.

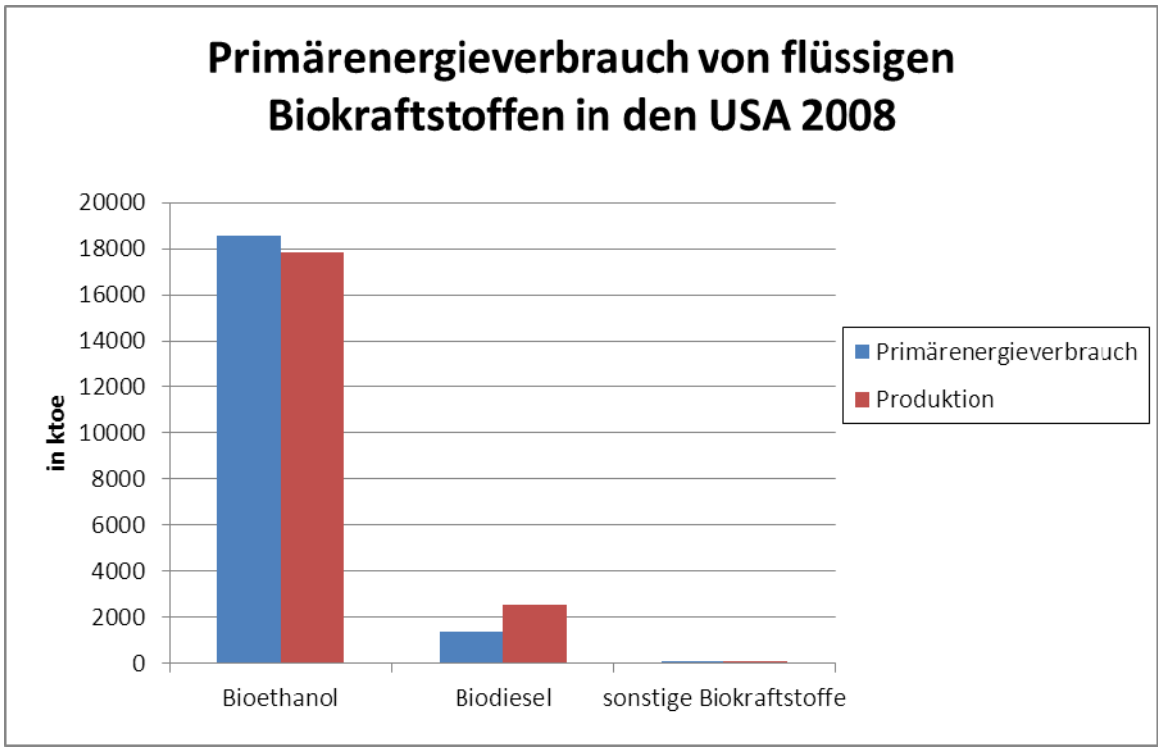


Abbildung 7, Quelle: IEA [2010]

Die USA sind damit der weltweit größte Produzent von Ethanol-Kraftstoffen. Nach aktuellen Schätzungen wurden im Jahr 2010 fast 50 Milliarden Liter (ca. 25 mtoe) Ethanol produziert. Somit hat sich die Produktion zwischen 2002 und 2010 mehr als versechsfacht. Insgesamt gibt es in 29 Bundesstaaten über 200 Anlagen zur Herstellung von Bioethanol. Der Schwerpunkt der Produktion liegt in den landwirtschaftlich geprägten Staaten des mittleren Westen. [vgl. RFA 2011].

Die Kehrseite des enormen Zuwachses von Bioethanol im nordamerikanischen Energiemarkt zeigt sich in den Verbrauchsdaten für Getreide des US-Landwirtschaftsministeriums. Ethanol wird in den USA hauptsächlich aus Mais hergestellt. Seit dem Jahr 2000 ist der Anteil, den die Bioethanolproduktion am gesamten amerikanischen Maisverbrauch ausmacht, massiv gestiegen und beträgt mittlerweile über 30 Prozent. Abbildung 8 zeigt den jährlichen Maisverbrauch nach Verwendungsarten gemeinsam mit der Maisproduktion in den Vereinigten Staaten. Deutlich zu erkennen ist der starke Anstieg des Maisverbrauchs für die Bioethanolproduktion seit 2005, welcher insgesamt stärker ausfällt als der Anstieg der produzierten Menge. Die deutlichsten Rückgänge zeigen sich im Bereich Futtermittel und sonstige Verwendungen. Dies ist unter anderem darauf zurück zu führen, dass die Reststoffe aus der Bioethanolproduktion für Tierfutter weiterverwendet werden können. Die Rückgänge in dieser Kategorie können also teilweise durch die Nebenprodukte der Ethanolproduktion kompensiert werden. Auffällig ist hingegen, dass die jährliche Betrachtung scheinbar keine Änderungen bei den Exporten zeigt.

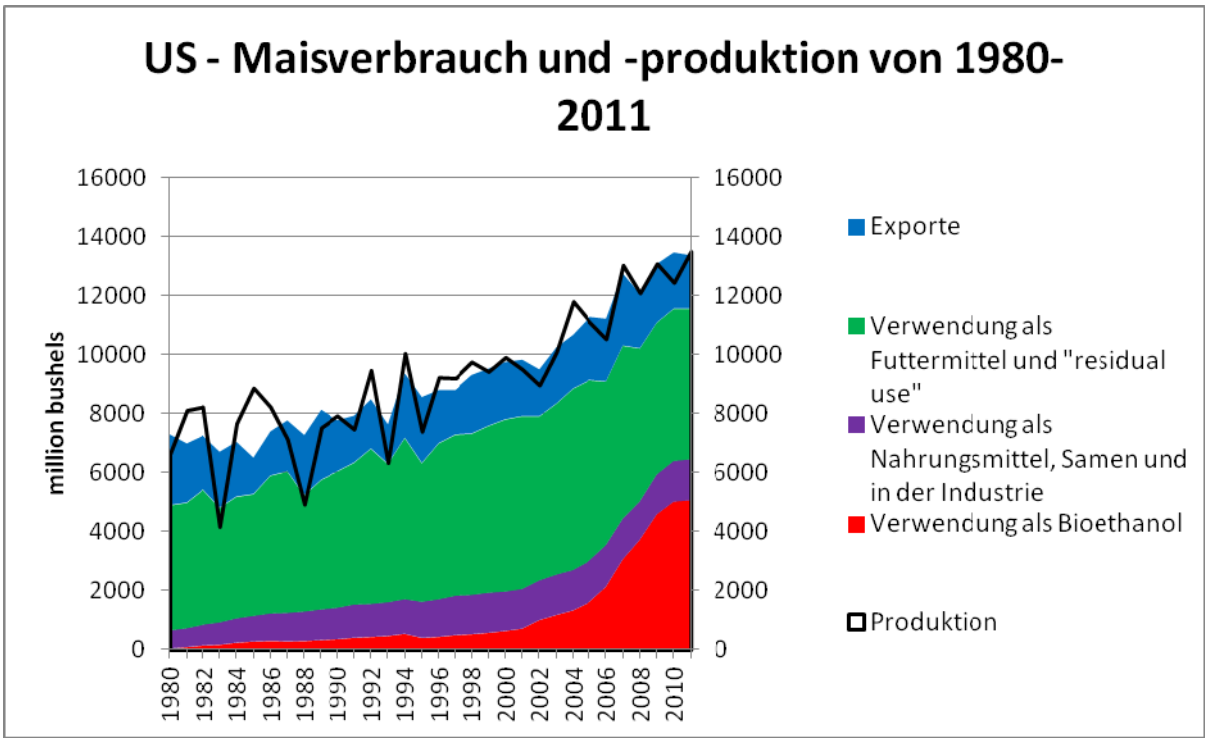


Abbildung 8, eigene Abbildung, Datenquelle: USDA [2011][4 5]

Bei der jährlichen Betrachtung wie in Abbildung 8 werden jedoch die saisonalen Schwankungen, welche die langfristige Dynamik überlagern, nicht erfasst. Abbildung 9 zeigt die US-amerikanischen Maisexporte nach Quartalen seit dem Jahr 2000. Zur besseren Übersicht wurden die Quartale als einzelne Zeitreihen dargestellt, um die saisonalen Schwankungen zu glätten und einen Vergleich zum jeweiligen Vorjahresquartal zu erleichtern.

[4] Grundlage ist nicht das Kalenderjahr sondern das Wirtschaftsjahr, welches jeweils vom 1. September bis zum 31. August läuft. Der Wert für 2011 beruht auf Schätzungen.

[5] „bushel“ (auf Deutsch „Scheffel“) ist eine in den USA weiterhin gebräuchliche Volumeneinheit. Für den Getreidehandel wird diese üblicherweise in Gewichtseinheiten bei normiertem Feuchtigkeitsgehalt übersetzt. Zum Beispiel gibt das Landwirtschaftsministerium von South Carolina folgende Definition: 1 bushel = 60 lbs (amerikanische Pfund), siehe http://agriculture.sc.gov/content.aspx?ContentID=724 . Dies entspricht circa 27,256 kg. Für eine genaue Brennwertangabe müssten wiederum Annahmen zum Feuchtigkeitsgehalt gemacht werden. Die US-amerikanische Handelsplattform „Biofuels B2B“ gibt den Brennwert von Weizen mit 4,17kWh/kg an (http://www.biofuelsb2b.com/useful_info.php?page=Typic). Bei 1 toe = 11630 kWh ergibt sich näherungsweise ein Brennwert von knapp 10 toe für 1000 bushel Weizen.

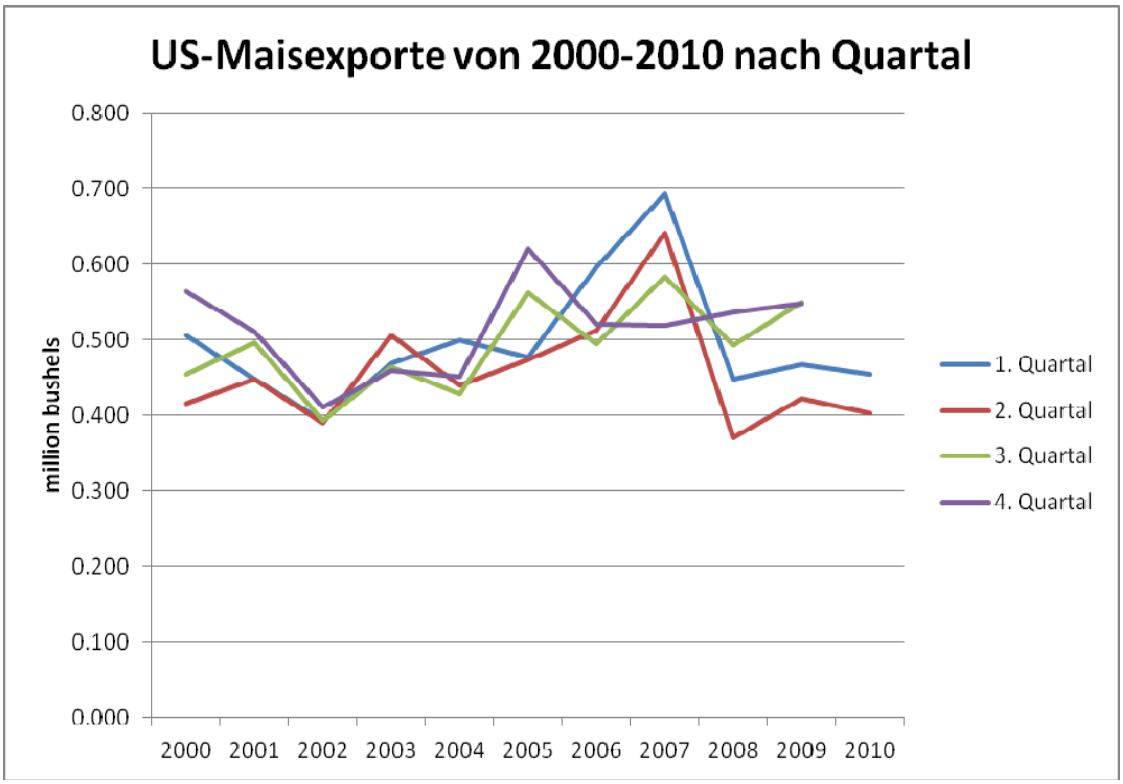


Abbildung 9, eigene Abbildung, Datenquelle: USDA [2011]

Gerade für das erste und zweite Quartal 2008, den Zeitraum in welchem die Weltmarktpreise enorm stiegen, zeigt sich ein starker Rückgang der exportierten Mengen gegenüber dem Vorjahr. Das ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass die USA als größter Maisexporteur der Welt einen starken Nachfrageschub auf dem Binnenmarkt erfahren haben, welcher die Preissprünge verursacht haben könnte. Andernfalls wären die hohen Weltmarktpreise von Exporteuren genutzt worden, um mit vermehrten Ausfuhren entsprechende Erlöse zu erzielen[6].

Biodiesel macht einen deutlich geringeren Anteil am amerikanischen Kraftstoffmarkt aus. Anders als Ethanol wird Biodiesel nicht aus Getreiden sondern aus Fetten hergestellt. In den USA wird die Produktion zu 85 Prozent aus Sojabohnen und zu fünf bis zehn Prozent aus ölhaltigen Abfallstoffen, Baumwolle, Raps, und Palmöl bestritten. Drei bis zehn Prozent der Produktion basieren auf tierischen Fetten. Die US-amerikanische Produktion belief sich in 2010 nach aktuellen Schätzungen auf 315 Millionen Gallonen. Sieben Prozent der US-amerikanischen Soja-Bohnenproduktion werden für die Herstellung von Biodiesel verwendet. [vgl. NBB 2011].

In Europa überwiegt hingegen (anders als in den USA) der Anteil des Biodiesels an den Biokraftstoffen. Abbildung 10 zeigt die Aufteilung der Biokraftstoffe bei Produktion und Verbrauch in der Europäischen Union.

[6] Detailliert wird auf die Preisentwicklung in Kapitel II eingegangen.

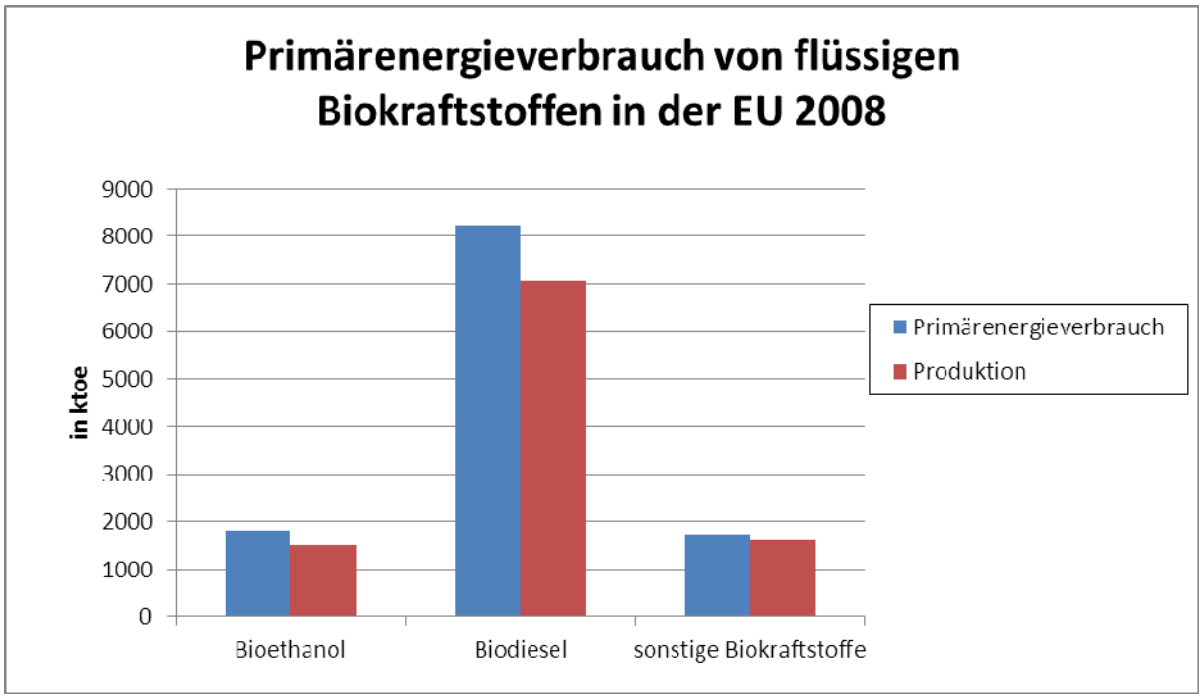


Abbildung 10, Quelle: IEA [2010]

Es ist bereits durch die Lücke zwischen Produktion und Verbrauch ersichtlich, dass die europäische Biodieselnutzung auf Importe angewiesen ist. Natürlich lässt sich auch nicht ausschließen, dass die innereuropäische Biodieselproduktion auf Vorprodukte wie Palmöl und Ölsaaten aus anderen Erdteilen zurückgreift. Vergleichbare Daten zum Verbrauch von Agrarrohstoffen wie für die USA sind für die EU oder ihre Mitgliedsländer jedoch nicht verfügbar.

Die Nutzung von Biogas nimmt verglichen mit den Biokraftstoffen einen noch geringeren Anteil am weltweiten Primärenergieverbrauch ein. Abbildung 11 zeigt den weltweiten Primärenergieverbrauch von Biogas und die Entwicklung in einigen ausgewählten Ländern.

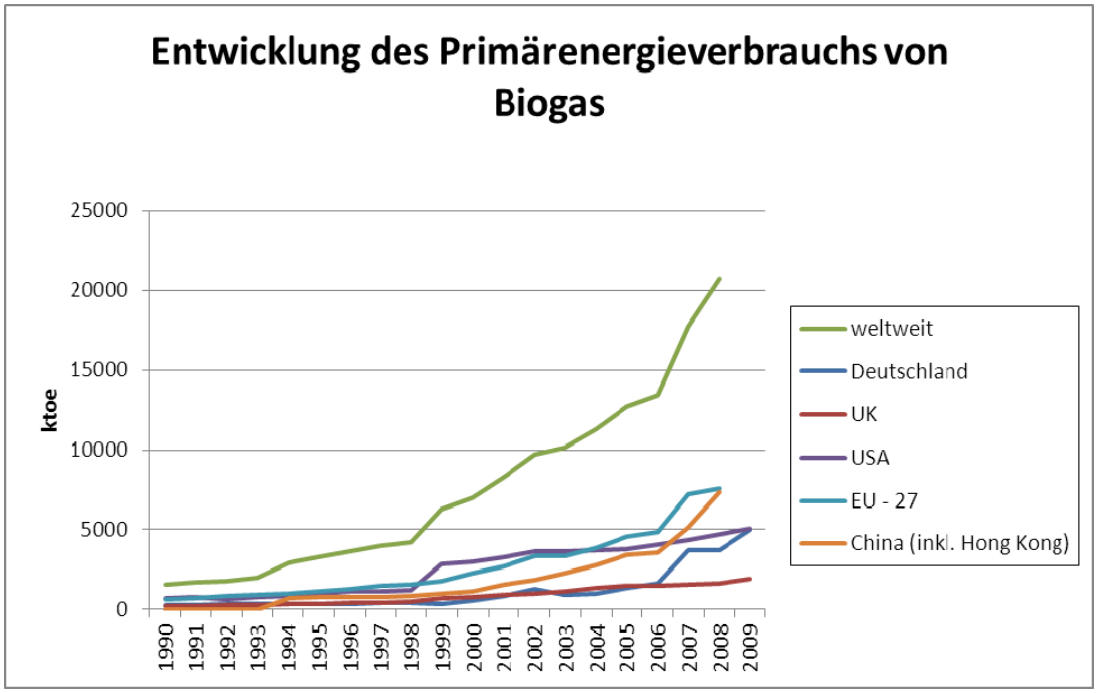


Abbildung 11, Quelle: IEA [2010]

In energetischen Einheiten gemessen liegt Biogas bei etwas weniger als der Hälfte dessen, was die Biokraftstoffe bisher zum Primärenergieverbrauch beitragen. Noch konzentrierter als im Bioethanolmarkt liegt der Verbrauchsschwerpunkt in einigen wenigen Ländern. Der zeitliche Verlauf zeigt, dass die amerikanische Biogasnutzung zum Ende der neunziger Jahre den weltweit größten Umsatz von Biogas aufwies und seither stetig steigt. Die Europäische Union hat im vergangenen Jahrzehnt nachgezogen und 2004 die USA als größten Verbraucher abgelöst. China zeigt in den vergangenen Jahren ebenfalls eine rasante Entwicklung in diesem Sektor und lag 2008 fast gleichauf mit der gesamten EU. Aktuellere Zahlen sind für China nicht verfügbar, und auch über die Struktur der dortigen Biogasbranche lassen sich kaum verlässliche Zahlen finden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die chinesische Biogasproduktion sich weitgehend auf die Nutzung von Gülle aus größeren Mastbetrieben und weiteren organischen Reststoffen stützt. Dies kontrastiert mit dem deutschen Ansatz, welcher auch den Anbau von Energiepflanzen für die Herstellung von Biogas fördert. Innerhalb der EU sticht die deutsche Entwicklung hervor, welche mit starkem Wachstum seit 2006 mittlerweile das Niveau der Vereinigten Staaten erreicht hat. Eine Ablösung der USA als (nach China) zweitgrößter Produzent und Nutzer von Biogas im Jahr 2010 scheint möglich. An zweiter Stelle innerhalb der EU steht Großbritannien. Die starke Clusterung der Nutzung von Biogas in einigen wenigen Staaten bei gleichzeitig insgesamt relativ geringem Beitrag zum Primärenergieverbrauch macht deutlich, dass die Branchenentwicklung stark von der politischen Förderungslandschaft geprägt ist. Die Förderungspolitiken werden separat in Kapitel IV behandelt.

II.) Bioenergienutzung und Rohstoffpreise

II.1. Weltmarktpreise für Agrar- und Energierohstoffe

Agrarrohstoffe werden weltweit gehandelt, so dass sich weithin anerkannte Weltmarktpreise etabliert haben. Durch die Standardisierung von Produktqualitäten können agrarische Erzeugnisse ähnlich wie andere Rohstoffe auf Börsen gehandelt werden. Diese bilden wiederum die jeweiligen Referenzpreise für bilaterale Verträge und Derivate. Zwar sorgen weiterhin Subventionen, Handelsschranken und spezielle Regulierungen für nationale oder regionale Abweichungen vom Geschehen auf den Weltmärkten, doch werden mit dem fortschreitenden Abbau von Handelsschranken im Rahmen der WTO und der Umstellung der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union in den letzten Jahren auch die europäischen Preise wichtiger Agrarrohstoffe verstärkt vom Welthandel bestimmt. Eine Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zeigt, dass bereits die bisherigen Reformen in der Agrarpolitik zu einer verstärkten Ankoppelung der deutschen Preise für landwirtschaftliche Güter an die Weltmärkte geführt haben. Die Preisvolatilität auf den deutschen Agrarmärkten habe demzufolge zugenommen, während weltweit eher eine Abnahme der Preisvolatilität zu sehen sei. Der Grund hierfür liege in der zunehmenden Integration der europäischen Märkte in die Weltmärkte für Agrargüter [von Ledebuhr und Schmitz, 2011].

Viel entscheidender als für die EU sind die Weltmarktpreise auf den Agrarmärkten für Entwicklungs- und Schwellenländer, welche sich eine Agrarpolitik, wie sie die Industrieländer betreiben, nicht leisten können. Für Exportländer von Agrarrohstoffen bestimmen die Weltmarktpreise die jeweiligen Devisenerlöse. Für Importländer bestimmen die Weltmarktpreise die jeweiligen Konsummöglichkeiten. Aufgrund des geringeren Durchschnittseinkommens machen die Ausgaben für Nahrungsmittel in Entwicklungs- und Schwellenländern einen deutlich größeren Anteil am Budget der Haushalte aus, als dies für die Industrieländer gilt. Entsprechend größer ist der Einfluss der Weltmarktpreise auf die soziale Wohlfahrt in diesen Ländern. Mehrere Studien kommen zu dem Ergebnis, dass die Preisspitzen für Nahrungsmittel in 2008 insbesondere die ärmsten Schichten in den Entwicklungsländern überdurchschnittlich stark belastet haben [vgl. zum Beispiel Ivanic und Martin 2008, Zezza et al. 2008, Valero-Gil und Valero 2008]. Der positive Einkommenseffekt, den höhere Nahrungsmittelpreise für die verarmte Landbevölkerung darstellen, konnte die teurere Lebenshaltung nicht kompensieren. Besonders hervor zu heben ist, dass diese Entwicklung am heftigsten die jeweils ärmsten Schichten in den Entwicklungsländern trifft. In welchem Ausmaß die Preisspitzen für Nahrungsmittel dabei ursächlich auf die Nutzung von Bioenergie zurück zu führen ist, lässt sich nicht eindeutig beantworten. Im Folgenden werden unterschiedliche Gründe für einen Zusammenhang von Energie- und Nahrungsmittelpreisen aufgeführt und anhand von verschiedenen Studien bewertet.

II.2. Wirkungskanäle für die Kopplung von Preisen für Energiegüter und Agrarrohstoffe

Es gibt vielfältige Gründe, die eine Kopplung der Preise für Energiegüter und Agrarrohstoffe begründen können. Nicht alle davon sind auf die Nutzung von Biomasse als Energieträger zurück zu führen. Die folgenden Zusammenhänge werden in der Fachliteratur regelmäßig als Gründe genannt.

a.) Direkte und indirekte Kosteneffekte bei der Produktion von Agrargütern

Die Landwirtschaft ist ein direkter Konsument von Energiegütern. Insbesondere Diesel wird für den Betrieb der landwirtschaftlichen Maschinen benötigt. Weiterverarbeitung und Transport der Agrargüter zu den Absatzmärkten sind ebenfalls energieintensiv. Darüber hinaus wird bei der Herstellung von Kunstdünger Erdöl eingesetzt, welches einen signifikanten Anteil an den Herstellungskosten ausmacht. Energiepreise haben also einen direkten und indirekten Effekt auf die Kosten der landwirtschaftlichen Produktionsmittel, welche auf die Preise für Agrarprodukte durchschlagen können. Je höher die Energiepreise, desto höher ist (bei ansonsten unveränderter Kostenstruktur) auch der prozentuale Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten der landwirtschaftlichen Produktion. Folglich haben überdurchschnittlich hohe Preisspitzen für Energiegüter auch einen proportional größeren Einfluss auf die Preise landwirtschaftlicher Produkte.

b.) Direkte und indirekte Nutzungskonkurrenz von Energierohstoffen und Agrargütern

Als Biomasse können Agrargüter direkt durch Verfeuerung oder durch Weiterverarbeitung als Substitute für fossile Energieträger genutzt werden. Ökonomisch ist diese Nutzung umso lohnender, je höher die Preise für Energiegüter gegenüber Agrargütern sind. Im Falle von Ethanol oder Biodiesel bilden die Kosten der Rohstoffe und der Raffinierung von Biomasse die Schwelle, ab welcher eine Nutzung als Kraftstoff wirtschaftlich wird. Liegen die Preise für Erdölprodukte unterhalb der Kosten für die Herstellung von Biodiesel, so ist die Verwendung von Biodiesel nicht wirtschaftlich. Wird die kritische Schwelle überschritten, so besteht ein ökonomischer Anreiz zur Verflüssigung von Agrarrohstoffen [vgl. zum Beispiel Tyner und Taheripour 2008]. Falls das Angebot an Agrargütern aufgrund landwirtschaftlicher Produktionszyklen nicht schnell genug ausgeweitet werden kann, führt die zusätzliche Nachfrage nach Bioenergie unweigerlich zur Nutzungskonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion. Eine Kopplung zwischen Preisen für Energiegüter und Agrargüter aufgrund von Nutzungskonkurrenz ist also verstärkt bei höheren Energiepreisen zu erwarten oder bei Subventionen, die das Preisgefüge zu Gunsten der Bio-Energienutzung verändern.

Die Preiswirkung muss hierbei nicht allein auf Agrargüter beschränkt sein, welche als Biomasse energetisch genutzt werden, sondern kann im zweiten Schritt auch auf die Preise von Nahrungsmitteln übergreifen, welche keine direkte energetische Nutzung haben. Einerseits, wird durch Substitution bei der Nahrungsmittelversorgung der Nachfragedruck auch auf andere Nahrungsmittel erhöht, andererseits, können sich auch angebotsseitige Veränderungen ergeben. Wenn die mit dem Anbau von Energiepflanzen zu erzielenden Gewinne deutlich über denen liegen, welche mit dem Anbau von reinen Nahrungsmitteln einhergehen, ist mit einer Umwidmung von Ackerflächen zu Gunsten von Energiepflanzen rechnen. Die Nutzungskonkurrenz von Agrarrohstoffen als Energieträger und Nahrungsmittel kann sich also über die Flächenkonkurrenz auf andere land-

wirtschaftliche Produkte übertragen, die nicht notwendiger Weise direkt in den Energiemarkt integriert sind.

Allerdings argumentieren einige Autoren auch, dass eine Ausweitung des Bioenergieangebots möglich sei, ohne dass hierdurch das Nahrungsmittelangebot verknappt würde. So stünden vielfach ungenutzte oder landwirtschaftlich für die Nahrungsmittelproduktion nicht geeignete Flächen für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung. Ob und wofür die landwirtschaftlichen Flächen genutzt werden, ist jedoch eine Entscheidung, die letztendlich vom landwirtschaftlichen Ertrag, den erzielbaren Preisen und den politischen Rahmenbedingungen abhängt.

c.) Wachstum der Schwellenländer und Rohstoffpreise

Die rasante wirtschaftliche Entwicklung von Schwellenländern ist ein zentraler Treiber für die Entwicklung der Rohstoffpreise weltweit. Die zunehmende Industrialisierung großer Volkswirtschaften in Asien und Lateinamerika bedeutet, dass die energie- und rohstoffintensiven Sektoren überdurchschnittlich schnell wachsen – mit entsprechender Wirkung für die weltweite Energienachfrage. Gleichzeitig gibt es in diesen Ländern immer noch viele Menschen, deren Grundbedürfnisse nach angemessener Ernährung nicht befriedigt werden können. Das zusätzliche Einkommen, welches aus dem Wachstum generiert wird, fließt also auch in die Nachfrage nach Lebensmitteln. Steigender Lebensstandard in breiten Schichten dieser Länder führt weiterhin dazu, dass zunehmend höherwertige Lebensmittel mit tierischen Produkten nachgefragt werden. Der Kalorienbedarf in der Tierzucht in Form von Getreide oder Kraftfutter übersteigt jedoch den Kaloriengehalt des Endprodukts in Form von Milch, Eiern oder Fleisch. Das Wachstum in den Schwellenländern führt also zu höherer Nachfrage nach Energierohstoffen für die Industrialisierung ebenso wie nach Agrarrohstoffen. Die Parallelität der beiden Effekte kann zu gleich gerichteten Preisveränderungen führen.

d.) Monetäre Effekte und Spekulation

Die meisten Rohstoffpreise werden in US-Dollar (USD) notiert. Eine allgemeine Dollarschwäche (Dollarstärke) lässt sich also in Abwertung (Aufwertung) gegenüber anderen Währungen oder gegenüber Warenbündeln messen. Sowohl Energierohstoffe als auch die grundlegendsten Agrarrohstoffe wie Getreide oder Pflanzenfette sind lagerfähig und bieten damit die Möglichkeit der Wertaufbewahrung. Auch wenn üblicherweise Edelmetalle die Funktion als Wertaufbewahrungsmittel übernehmen, bieten sich andere Rohstoffe hierfür an, falls für Edelmetalle bereits vergleichsweise hohe Preise bezahlt werden müssen. Die Wertänderungen des USD werden sich folglich auch in ähnlichen Preisänderungen bei unterschiedlichen Rohstoffen widerspiegeln. Mit der zunehmenden Möglichkeit, Finanzderivate auf Rohstoffpreise zu handeln, lassen sich die Korrelationen von Rohstoffpreisen mit makroökonomischen Größen (Wachstum der Schwellenländer, Geldwert des USD) für spekulative Investments nutzen. Eine Korrelation unterschiedlicher Rohstoffpreise ist folglich auch aus Gründen zu erwarten, die nicht direkt in den Fundamentaldaten der jeweiligen Märkte begründet sind, sondern Wechselkurse und Erwartungen der Marktteilnehmer widerspiegeln.

II.3. Preisentwicklung in Rohstoffmärkten

Die oben aufgeführten Gründe (a) und (b) legen nahe, dass die Preise von Agrar- und Energierohstoffen besonders in Zeiten hoher Energiepreise stark korrelieren, jedoch nicht in Zeiten geringer Energiepreise und relativ hoher Preise für Nahrungsmittel. Die Abhängigkeit ist also nicht symmetrisch, denn weder können fossile Energieträger Nahrungsmittel substituieren, noch werden Nahrungsmittel als Input für die Extraktion fossiler Rohstoffe benötigt. Die Gründe (c) und (d) widersprechen diesem Muster nicht, legen jedoch nahe, dass alle Rohstoffpreise mehr oder minder unabhängig voneinander von einem gemeinsamen Faktor getrieben werden. Ein Preisanstieg aufgrund von (c) oder (d) müsste sich ebenso, wenn nicht noch deutlicher in den Preisen für Industriemetalle ausdrücken. Schließlich sind diese ebenfalls ein wichtiger Baustein beim Industrialisierungsprozess und deutlich besser zu lagern als Getreide oder Rohöl. Abbildung 12 zeigt die Preisentwicklung von Energierohstoffen, Industriemetallen und Agrarrohstoffen seit 1992 anhand von Preisindices des Internationalen Währungsfonds. Die Berechnungsgrundlade sind durchschnittliche monatliche Weltmarktpreise ausgedrückt in USD.

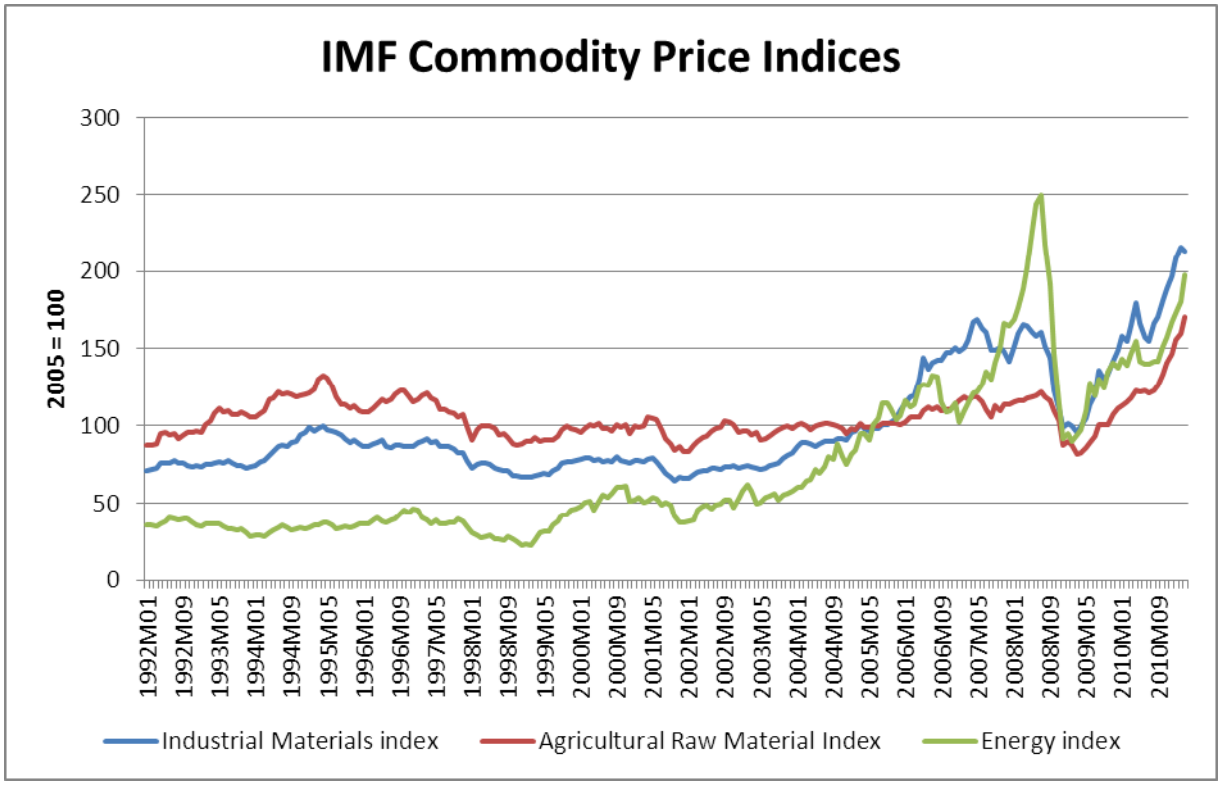


Abbildung 12, Quelle: eigene Darstellung, Daten: IWF Primary Commodity Prices [IWF 2011]

Auf den ersten Blick scheinen Industriemetalle und Nahrungsmittel durchaus eine gewisse Korrelation aufzuweisen. Der Zusammenhang scheint sogar enger als zwischen Nahrungsmittelpreisen und Energiepreisen, welche am stärksten fluktuieren. Dies könnte darauf hinweisen, dass die Nahrungsmittelpreise im Aggregat ebenso wie die Preise für Industriemetalle eher allgemeinen Faktoren folgen wie zum Beispiel der weltweiten Konjunktur oder dem Wert des USD.

Von den drei gezeigten Gütergruppen weisen die Nahrungsmittel die geringste Schwankungsbreite auf. Die deutliche Preisspitze vom Jahr 2008 wird vom Nahrungsmittelindex kaum nachvollzogen. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass der Index für Nahrungsmittel eine sehr breite Palette von Gütern umfasst: vom Schweinebauch, über Tee und Kaffee bis hin zu Bananen, Palmöl und Rohrzucker. Wenn man nun den Blick auf die Agrargüter legt, die als Input für die Ethanol- oder

Biodieselproduktion genutzt werden, zeigt sich ein etwas anderes Bild. Abbildung 13 zeigt die Preisentwicklung für Erdöl, Mais und Palmöl.

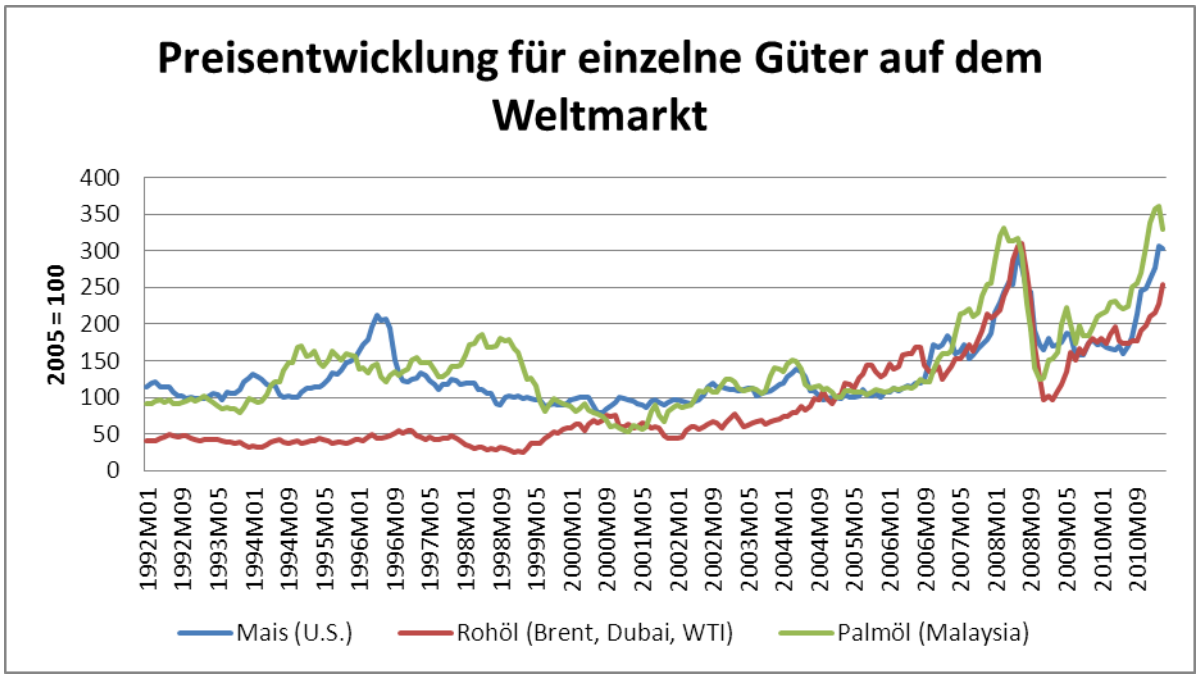


Abbildung 13, Quelle: Eigene Darstellung, Daten: IWF Primary Commodity Prices [IWF 2011]

Die Preisfluktuationen der letzten Jahre werden eindeutig von allen drei Warenpreisen nachvollzogen. Sowohl der starke Anstieg 2008, der anschließende Einbruch in 2009 und der erneute Anstieg seit Mitte 2010 verlaufen mit großer Ähnlichkeit. In der langen Periode von 1980 bis zum Jahr 2000 ist mit bloßem Auge kein eindeutiger Zusammenhang auszumachen. Ab 2005 steigen die Rohölpreise rasant an. Die Preise für Mais und Palmöl folgen erst mit mehreren Monaten Verzögerung, dann jedoch sehr eng der Entwicklung des Rohölpreises. Ein ähnliches Muster wiederholt sich nach dem Preisverfall bis an den aktuellen Rand. Im Abwärtstrend zwischen August 2008 und März 2009 läuft die Entwicklung hingegen parallel. Der Preisverlauf scheint die These zu stützen, dass die Entwicklung von Agrarrohstoffen, die für die Herstellung von Bio-Kraftstoffen genutzt werden, ab einem gewissen Level des Ölpreises eng an dessen Entwicklung gekoppelt ist. Für eine eindeutige Aussage bezüglich des Zusammenhangs von Agrar- und Energierohstoffen greifen solche Betrachtungen jedoch zu kurz. Auch wenn ein gewisser Gleichlauf der Zeitreihen in den letzten Jahren kaum bestritten werden kann, ist damit noch nicht geklärt, welche der oben genannten möglichen Ursachen diese Entwicklung treiben[7]. Im folgenden Abschnitt werden Studien vorgestellt, welche sich umfassend und mit verschiedensten Methoden dieser Frage widmen.

[7] Ein zeitreihenökonometrisches Modell könnte gegebenenfalls nachweisen, dass ein Zusammenhang in Form von Kointegration besteht, und auch testen, ob dieser vom Level der Preise abhängt (mittels Threshold Error Correction Models). Angesichts der unterschiedlichen, aber zeitgleich auftretenden Einflussfaktoren, ist es schwierig, die ursächlichen Treiber der Entwicklung fest zu machen. Der Literaturüberblick zeigt die möglichen Ansätze hierfür auf.

II.4. Studien zum Preiseffekt von Bioenergienutzung auf Agrarmärkten

II.4.1) Studien zum Einfluss der Bioenergienutzung auf die Nahrungsmittelkrise von 2008

In Folge der rapide steigenden Nahrungsmittelpreise in 2008 bei gleichzeitig stark ausgeweiteter Ethanolproduktion fragten mehrere Studien nach dem Einfluss der Biokraftstoffe auf die Nahrungsmittelmärkte. Ein nahezu einheitliches Fazit lautet, dass die verstärkte Nachfrage nach Biokraftstoffen einen relevanten Faktor für die Nahrungsmittelkrise in 2008 darstellt. Ebenso einheitlich wird darauf verwiesen, dass im gleichen Zeitraum unterschiedlichste Faktoren alle in die gleiche Richtung wirkten, so zum Beispiel die Schwäche des USD, gestiegene Kosten der landwirtschaftlichen Produktion und wetterbedingte Ernteausfälle im Jahr 2007, und damit ebenfalls den Preisauftrieb stützten. Weniger einheitlich ist die Zuschreibung, wie groß der Einfluss der unterschiedlichen Faktoren auf die tatsächliche Preisentwicklung ausfiel.

Eine viel zitierte Studie der Weltbank [Mitchell 2008] schreibt der Nutzung von Biokraftstoffen die hauptsächliche Verantwortung für die drastisch gestiegenen Nahrungsmittelpreise zu. Rund 15 bis 20 Prozent der Preissteigerungen in den USA seien auf höhere Energiekosten in der landwirtschaftlichen Produktion zurück zu führen. Weiterhin seien ca. 20 Prozent durch den schwächeren US-Dollarkurs begründet. Den übrigen Preisanstieg schreibt Mitchell zum größten Teil der Produktion von Ethanol und Biodiesel in den USA und der EU zu. Weitere Faktoren wie Ernteausfälle und spekulative Investments wären, so Mitchell, von geringer Wirkung gewesen, wenn nicht die Bioenergienutzung die Vorräte an Agrarrohstoffen unter Druck gesetzt hätte. Die umfangreiche brasilianische Produktion von Ethanol sei hingegen durch Zuwächse bei den Rohrzuckerernten gedeckt worden. Die moderate Entwicklung des Zuckerpreises führt Mitchell als Beleg dafür an, dass die Ethanolproduktion in Brasilien keine relevanten Auswirkungen auf die Nahrungsmittelkrise 2008 hatte.

Mitchell selbst schreibt, dass seine Argumentation auf einem „ad-hoc"-Ansatz beruht. Die Herleitung seiner Zahlen beruht auf den Daten des US-Landwirtschaftsministeriums zu Preisen, Kosten, Produktion, Import und Export. Tatsächlich stützen auch andere Autoren sich eher auf eine allgemeine Interpretation der vorliegenden Daten, gehen jedoch nicht so weit, konkrete Abschätzungen zu machen, welchen Anteil die Bioenergienutzung an der Preisentwicklung verursacht hätte.

Von Seiten des US-Landwirtschaftsministeriums liefert Trostle [2008] eine Zusammenstellung zu den Ursachen der starken Preisanstiege für Nahrungsmittel. Trostle sieht die Ausweitung der Ethanolproduktion in den Vereinigten Staaten ab 2005 durchaus als einen relevanten Treiber der Preisentwicklung, verweist jedoch auch auf die allgemeinen Rahmenbedingungen: Preisanstiege auch bei anderen Rohstoffen, Bevölkerungswachstum und höherer Lebensstandard in den Entwicklungsländern sowie sinkende Lagerbestände aufgrund schlechter Ernten im Jahr 2007. Die Zuwächse der weltweiten Maisproduktion zwischen 2002 und 2007 seien zu 30 Prozent von der Ausweitung der Ethanolproduktion in den USA aufgesogen worden, hingegen seien die Zuwächse bei der Verwendung von Mais als Futtermittel und bei der Nahrungsmittelproduktion noch deutlich größer gewesen. Im Hinblick auf die Ursachenzuschreibung ist Trostle damit zurückhaltender als Mitchell, weist jedoch ebenfalls den Biokraftstoffen eine wichtige Rolle in der Nahrungsmittelkrise zu.

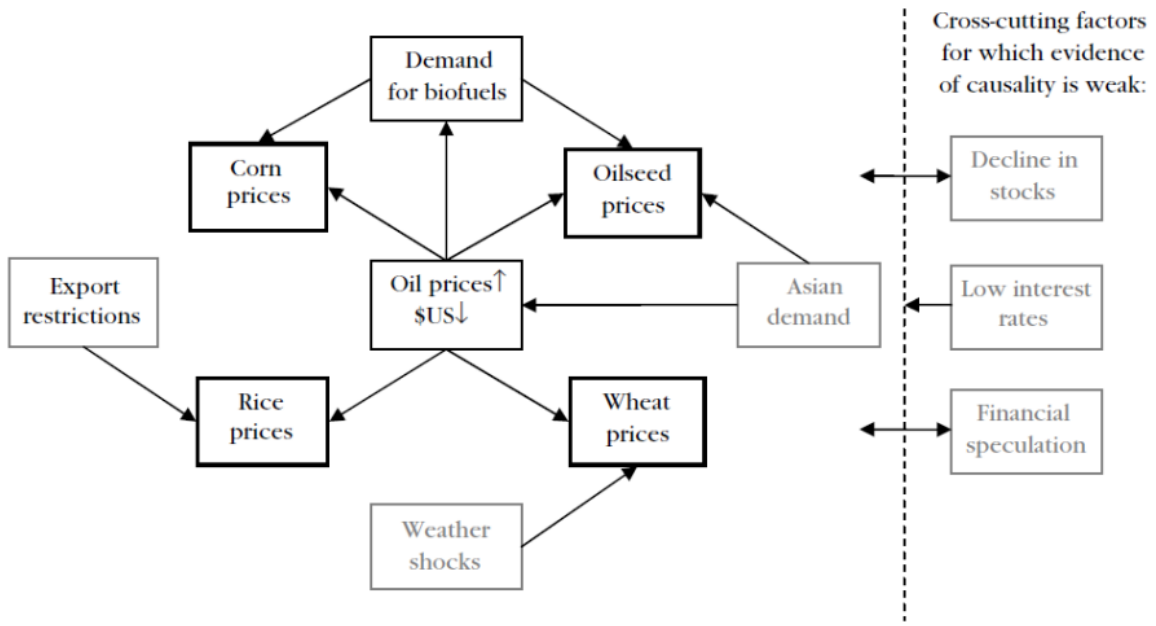
Mitarbeiter des britischen Landwirtschaftsministeriums kommen - ohne selbst quantitative Abschätzungen vorzunehmen - zum Schluss, dass es vor allem angebotsseitige Effekte wie zu geringe Investitionen im Landwirtschaftssektor, schlechte Ernten und dadurch geringe Lagerbestände wären, welche die Preisspitzen im Jahr 2008 begründen [Pfuderer und Del Castillo, 2008]. Die Autoren stehen damit deutlich abseits der meisten anderen Studien zum gleichen Thema.

Zum Beispiel sieht Schnepf [2008] in einem Bericht für den US-Kongress die Gründe für den Preisanstieg bei Mais, Hirse, Gerste, und Roggen auf der einen Seite und Ölsaaten und Pflanzenöl auf der anderen Seite vor allem in der veränderten Struktur der Nachfrage. Der zunehmende Wohlstand in Indien und China würde mehr Nahrungsmittel für die Tiermast absorbieren, die Beimischungspflichten für Kraftstoffe in den USA und Europa würde verstärkt die Nahrungsmittel in die Ethanol- und Dieselproduktion leiten.

Abbot, Hurt und Tyner [2008] verweisen darauf, dass der Fokus auf Indien und China nicht gerechtfertigt sei. Die wachsende Nachfrage nach unterschiedlichen Agrarerzeugnissen in diesen Ländern sei keine neuere Entwicklung gewesen, welche die Preisspitzen im Jahr 2008 erklären könne. Zwar seien beide Länder im Handel mit Soja und pflanzlichen Ölen wichtige Akteure, jedoch gerade bei Mais und Weizen nur geringfügig in den weltweiten Handel integriert. Der Einfluss der beiden Länder auf die Krise sei daher geringer als in anderen Studien angenommen. Auch hier kommen die Autoren zum Ergebnis, dass Biokraftstoffe als wichtige Preistreiber in den Nahrungsmittelmärkten wirkten. Für die Ethanolproduktion in den USA sehen die Autoren jedoch vor allem die Ölpreise als den wichtigsten Faktor. Subventionen und Beimischungspflichten hätten den Grundstock für die Ethanolindustrie gelegt, doch die Preiskopplung sei letztlich ein Ergebnis des Marktmechanismus.

Timmer [2008] sieht die Nahrungsmittelmärkte im Jahr 2008 im allgemeinen Sog der Rohstoffpreise. Nachdem die Preise in den Agrarmärkten über Jahrzehnte real gefallen seien, sei die Gegenbewegung mit der allgemeinen Rohstoffhausse zusammen gefallen. Der Autor betont aber, dass die enormen Preisspitzen in einigen Märkten spezifischere Gründe haben und arbeitet detailliert die Entwicklung in den einzelnen Gütermärkten heraus. Auch wenn sich die Entwicklungen für Mais, Soja und Weizen unterscheiden, sieht Timmer als gemeinsame Haupttreiber wiederum die US-Dollarschwäche, die Ölpreisentwicklung und der damit verbundene Nachfrageschub nach Biokraftstoffen.

Zu einem ähnlichen Fazit kommt eine der wenigen referierten Publikationen zum Thema aus dem Jahr 2008: Headey und Fan [2008] bieten einen Überblick über die unterschiedlichen Phänomene in den Agrarmärkten und den dazu publizierten Studien. Sie kommen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass der Nachfragezuwachs in Asien eher geringen Einfluss auf die Nahrungsmittelpreise hatte, dafür jedoch über zwei Kanäle wirkte: die gestiegene Nachfrage nach Nahrungsmitteln als direkten Wirkungskanal und die Energienachfrage, welche wiederum die Ölpreise befeuerte. Weiterhin unterscheiden die Autoren zwischen generellen und eher produktspezifischen Gründen für die starken Preisanstiege. Die US-Dollarkurse und Ölpreise sind Faktoren, deren Preiswirkungen nicht auf bestimmte Güter beschränkt sind. Hinzu kam die Nachfrage nach Biokraftstoffen, welche ebenfalls Märkte für mehrere Getreide und Ölpflanzen betraf. Im Gegensatz dazu war die Wetterlage im Erntejahr 2007 vor allem für die Weizenmärkte eine Belastung. In den Reismärkten haben Exportbeschränkungen und Vorratskäufe wichtiger Länder enorme Preisverwerfungen erzeugt. Vergleichbare Maßnahmen sind in anderen Märkten nicht zum Tragen gekommen. Den Zusammenhang verdeutlicht der Artikel in folgender Graphik:



Notes: Authors' construction. Boxes in gray denote weaker, crop-specific causes. The decline of the USD and the rise in oil prices are shown together because they are both universal factors, and because they may be causally related to each other.

Fig. 3. A summary model of the principal causes of the crisis: a near-perfect storm.

Abbildung 14, Quelle: Headey und Fan [2008], S. 382

Abbot, Hurt und Tyner liefern im März 2009 eine aktualisierte Version ihrer Studie, also neun Monate nach ihrem ersten Gutachten. Die neue Studie erscheint nicht als eine revidierte Fassung, sondern als ein eigenständiger Text. Nachdem sich die Situation an den Rohstoffmärkten radikal geändert hat, werden die ursprünglichen Analysen und Ursachen erneut auf den Prüfstand gestellt. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die benannten Zusammenhänge die gleichen geblieben seien, jedoch die zentralen Treiber das Vorzeichen gewechselt hätten. Der USD hat in der Zwischenzeit wieder aufgewertet, der Ölpreis ist bis auf einen Bruchteil seines ursprünglichen Wertes gesunken, die Lagerbestände für Nahrungsmittel weltweit haben sich erholt. Nachdem Einbruch der Preise für Kraftstoff seien vielfach die Anlagen zur Ethanolproduktion geschlossen worden, so dass Ende 2008 das erste Mal die in den USA herrschende Beimischungspflicht greife. Dies ist deutlich an den Ethanolpreisen zu erkennen, die signifikant höher als die Benzinpreise lägen, wenn auch auf insgesamt niedrigem Niveau[8].

II.4.2) Strukturelle Analysen zum Zusammenhang von Energie- und Nahrungsmittelpreisen

Das Gros der existierenden Studien zum Zusammenhang von Energie- und Nahrungsmittelpreisen konzentriert sich auf die Nahrungsmittelkrise 2008. Nicht erst seitdem sich im Frühjahr 2011 der Ölpreis wieder deutlich über 100 USD etabliert hat und parallel die Nahrungsmittelpreise

[8] Die beiden Gutachten [Abbot, Hurt und Tyner 2008 und 2009] bieten im Anhang eine kurze Übersicht über weitere Studien zum Thema. Aufgeführt werden, neben dem Autor und dem Auftraggeber, die Methode, die zentralen Ergebnisse und eine kurze Bewertung der Vorgehensweise.

massiv anziehen, stellt sich die Frage, inwieweit sich die Phänomene von 2008 wiederholen können.

In einem Beitrag von 2007[9] argumentiert Schmidhuber, dass die ökonomische Verlinkung zwischen den Märkten für Rohöl und Biokraftstoffe Ober- und Untergrenzen für die Nahrungsmittelpreise etabliert, welche zur Stabilisierung der Preise führen sollten. Herrscht ein Überangebot von Nahrungsmitteln, so rentiert sich die Umwandlung in Kraftstoff, wodurch die Nachfrage ausgeweitet wird und somit eine Preisuntergrenze gezogen wird. Hierdurch würden den Produzenten Planungssicherheit gewährleistet. Werden im Gegenzug Nahrungsmittel knapp, so drücken die steigenden Preise für Agrarerzeugnisse die Biokraftstoffe aus dem Markt für Energiegüter. Die wegbrechende Nachfrage aus dem Energiemarkt entlaste dadurch die Situation an den Nahrungsmittelmärkten. Der Autor legt auch dar, dass es bisher mit Ausnahme des Zucker-Ethanol-Marktes in Brasilien kein überzeugendes Beispiel für einen voll integrierten Markt für Energie- und Agrarrohstoffen gebe. Als Gründe für die Integration (oder deren Fehlen) führt er vor allem die technischen Voraussetzungen der Infrastruktur an.

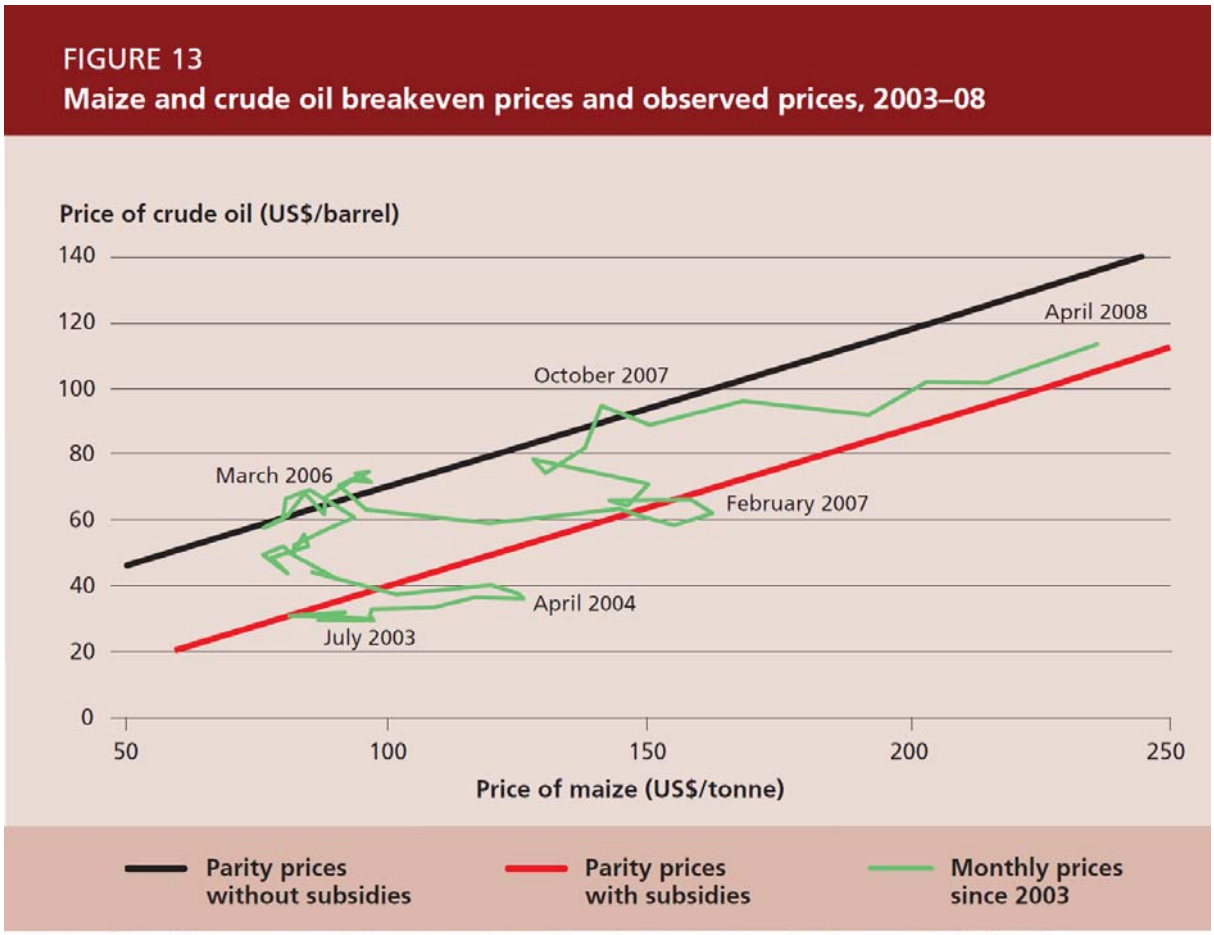
Die ökonomischen Zusammenhänge im Beitrag von Schmidhuber [2008] sind korrekt und nachvollziehbar dargestellt, treffen jedoch nicht die Realität der Energiemärkte in den letzten Jahren. Abstrakt ökonomisch gesehen wirken eine stärkere Verlinkung von Märkten und damit ein größeres Gesamtvolumen stabilisierend auf die Preise, da Schocks, die in einzelnen Märkten auftreten, über weiter gefasste Substitutionsmöglichkeiten abgefedert werden können. Die Verknüpfung von Agrar- und Energiemärkten ist jedoch ein denkbar schlechtes Beispiel für diesen Zusammenhang. Einerseits sind es gerade die Ölpreise gewesen, die in den letzten Jahren enorme Schwankungen gezeigt haben, andererseits ist die Nahrungsmittelnachfrage bezüglich des Preises sehr inelastisch, Preisschwankungen ändern die Menge nachgefragter Nahrungsmittel nur sehr begrenzt. Bisher ist auch der Anteil der Bioenergienutzung verglichen mit dem Weltmarkt für Rohöl so gering, dass dieses Segment kaum die Schocks aus den Energiemärkten dämpfen kann. Die enormen Ausschläge der Erdölnotierungen der letzten Jahre sind in jedem Fall nicht geeignet, stabile Unter- und Obergrenzen zu etablieren, sondern verschieben diese Grenzen vielmehr fortwährend. Die Biokraftstoffnachfrage bringt dadurch zusätzliche stochastische Schocks in den Nahrungsmittelmarkt hinein, der nur auf Jahressicht mit ausgeweiteter Produktion reagieren kann. Damit ergibt sich eher eine Destabilisierung der Nahrungsmittelpreise durch die von Schmidhuber benannten Mechanismen. Auch wenn Schmidhuber seinen Beitrag als eine Sicht auf die längere Frist sieht, sind diese Zusammenhänge nicht zu vernachlässigen.

In ähnlicher Weise untersuchen Tyner und Taheripour [2008] die Verbindung von Mais- und Erdölpreisen über den Ethanolmarkt. Anhand einer Simulation generieren sie eine Reihe von Mais- und Ethanolpreisen als Break-Even-Schwelle, ab welcher sich die Umwandlung von Mais in Ethanol lohnt. In Bezug auf eine Untergrenze postulieren die Autoren: „there is no ethanol production without subsidy unless oil is $60 or higher"[10]. In anderen Worten: jenseits eines Ölpreises von 60 USD lohnt sich die Umwandlung von Mais in Ethanol auch ohne staatliche Beihilfe, solange die Maispreise nicht zu hoch steigen. Weiterhin untersuchen die Autoren die Effekte der Ethanol- und Biodieselförderung in den USA, Brasilien und der EU mithilfe eines rechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodells (basierend auf GTAP-E). Im Ergebnis kommen sie zu dem Schluss, dass nationale Biokraftstoffprogramme massive Auswirkungen auf die Landnutzung auch in anderen Staaten haben können. Abgesehen von der jeweiligen Förderpolitik sei die

[9] Veröffentlicht 2008: vgl. Schmidhuber [2008].
[10] vgl. Tyner und Taheripour [2008], S.6.

Ethanolnutzung jedoch auch stark durch die Erdölpreise getrieben. Im Gegensatz zum Ethanolmarkt sei die Biodieselproduktion, wie sie insbesondere in der Europäischen Union betrieben wird, ohne staatliche Subvention wirtschaftlich nicht tragbar. Die weitere Entwicklung von Biodiesel hänge daher vor allem von der staatlichen Förderung ab.

Die Studie der Welternährungsorganisation zu Biokraftstoffen [FAO 2008] greift die Ergebnisse von Tyner und Taheripour auf. Tatsächlich zeigt sich, dass sich die Preise für Mais und Kraftstoff in den USA eng entlang der ermittelten Break-Even-Schwelle bewegen. Die folgende Graphik zeigt eindrücklich, wie eng die Kopplung von Mais und Erdölpreisen in den letzten Jahren war.



Sources: adapted from Tyner and Taheripour, 2007. Crude oil prices: Brent crude, Chicago Board of Trade (US$/barrel). Maize prices: US Yellow No. 2, Chicago Board of Trade (US$/tonne). Prices downloaded from the Commodity Research Bureau Web site (http://www.crbtrader.com/crbindex/) on 10 June 2008.

Abbildung 15, Mais und Rohölpreise 2003-2008 in den USA, zitiert nach FAO [2008].

Die Studie unterstützt die Einschätzung, dass die Preise für Agrarrohstoffe durch den Ethanolmarkt stark an die Preise für fossile Brennstoffe gekoppelt sind. Auch nicht energetisch nutzbare Rohstoffe, oder Agrarrohstoffe, die nicht als Nahrungsmittel dienen, seien davon betroffen, insofern sie bei der Produktion oder der Nachfrage mit Biomasseprodukten konkurrieren. Aufgrund des geringen Anteils, den Biokraftstoffe am gesamten Kraftstoffverbrauch einnehmen, sei die Preiswirkung eher von Seiten der Energiemärkte auf die Nahrungsmittelmärkte zu sehen als umgekehrt. Die weitere Nutzung von Bioenergie übe daher einen Preisdruck auf die Nahrungsmittelmärkte aus, welcher insbesondere die armen Bevölkerungsschichten der Entwicklungsländer treffe. Langfristig sieht die FAO jedoch auch Chancen für Entwicklungsländer, als Produzenten von steigenden Preisen für Agrarrohstoffe zu profitieren.

Rosegrant [2008] liefert in einer Untersuchung für den US-Senat eine Abschätzung des Preiseffekts der stark wachsenden Biokraftstoffproduktion seit dem Jahr 2000. Anders als die oben zitierte Literatur verwendet er ein Partialmarktmodell, welches die strukturellen Verflechtungen der Agrargütermärkte ebenso wie die internationalen Handelsverflechtungen detailliert abbildet[11]. Durch Simulationsrechnungen schätzt Rosegrant den Effekt des raschen Wachstums bei der Bioenergienutzung auf die Preise für Agrarrohstoffe auf ca. 30 Prozent. Außerdem sieht er das Potential für Preissenkungen bei Agrargütern in Höhe von bis zu 20 Prozent, wenn die energetische Nutzung von Nahrungsmittelrohstoffen komplett eingestellt würde. In einer Schlussfolgerung verweist Rosegrant darauf, dass Wege gefunden werden müssten, die die Nutzung von Biokraftstoffen erlauben, ohne weitere Nahrungsmittelkrisen zu erzeugen. Als kurzfristige Maßnahme plädiert er für eine Rückführung der Förderpolitiken in den USA und Europa. Langfristig sieht er vor allem großen Bedarf bei der Entwicklung der Landwirtschaft und der Nahrungsmittelversorgung in Entwicklungsländern und zusätzliche Anstrengungen bei der Forschung und Entwicklung.

Eine weitere Simulationsanalyse inklusive einer Simulationsrechnung bis 2016 liefern Fabiosa et al. [2010] auf Basis des FAPRI[12] Models. Das Modell deckt nicht nur internationale Handelsverflechtungen ab, sondern simuliert auch die Landnutzung und den Aufbau von Produktionskapazitäten für Bioethanol. Die Autoren untersuchen die Auswirkungen verschiedener Nachfrageschocks auf dem Ethanolmarkt für die USA und Brasilien sowie die Effekte einer Handelsliberalisierung. Da sich die Ethanolproduktion in den USA weitgehend auf Mais stützt und Mais beim Anbau mit unterschiedlichen Getreidearten konkurriert, ist eine Ausweitung der US – Ethanolproduktion mit deutlichen Preiseffekten auf die Nahrungsmittelpreise in den USA und damit weltweit verbunden. Die Simulationen zeigen weiterhin, dass eine Handelsliberalisierung die Ethanolexporte aus Brasilien stark steigern würde. Laut den Autoren ist die Ausweitung der brasilianischen Ethanolproduktion kostengünstiger und mit geringeren Auswirkungen auf die Nahrungsmittelpreise verbunden, da der benötigte Zucker auf Flächen produziert würde, die nicht für die Nahrungsmittelproduktion zur Verfügung stehen.

In einer kürzlich publizierten Studie untersuchen Ciaian und Kancs [2011] die strukturellen Zusammenhänge zwischen Agrar- und Energiemärkten mit einem theoretisch fundierten Zeitreihenmodell. In ihrem Beitrag schätzen sie das Zusammenspiel von insgesamt neun unterschiedlichen Agrarrohstoffen und einem durchschnittlichen Weltmarktpreis für Rohöl über unterschiedliche Zeitabschnitte. Im Ergebnis zeigt sich, dass vor 1998 keine statistisch signifikanten Gleichgewichtszusammenhänge der Agrar- und Ölmärkte festgestellt werden können. Von 1999 bis 2003 gilt dies nur noch unter der Ausnahme von Soja und Mais, welche beide für die Biokraftstoffproduktion in Frage kommen. In der letzten Periode (2004-2008) werden für alle untersuchten Rohstoffpreise Integrationsbeziehungen ermittelt, das heißt, dass statistisch für diese Periode ein Gleichgewichtszusammenhang für Agrar- und Ölmärkte auftritt. Dies steht nicht im Widerspruch zu Ergebnissen aus früheren Studien, es wird jedoch deutlich, dass der gewählte Ansatz bei der verfügbaren Datenlage nur geringe Hilfestellung bietet, um die genauen Zusammenhänge zwischen Energiepreisen und Nahrungsmittelpreisen zu ermitteln. Auch wenn es naheliegt, die Ergebnisse der Periode von 1999 bis 2003 auf den Effekt von Biokraftstoffen und die Ergebnisse

[11] Die Simulationen stützen sich auf ein Modell, das am International Food Policy Research Institute entwicktelt wurde: "International Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade" (IMPACT).

[12] FAPRI ist die Abkürzung für Food and Agricultural Policy Research Institute. Das Model umfasst mehrere Märkte für Agrarrohstoffe und Bioenergie. Es ist als partielles Marktgleichgewichtsmodell für die Landwirtschaft aufgesetzt und umfasst mehrere Regionen weltweit.

der letzten Periode auf einen allgemeinen Rohstoffboom zurück zu führen, bleibt eine eindeutige Zuordnung ausgeschlossen. Die unterschiedlichen Ergebnisse für unterschiedliche Zeiträume werden in der Studie leider nicht eindeutig auf bestimmte die Entwicklung treibende Faktoren zurückgeführt.

II.4.3) Fazit zum Effekt der Bioenergienutzung auf die Preisentwicklung für Agrarrohstoffe

Der Überblick über die bisherigen Studien zum Thema zeigt einen breiten Konsens darüber, dass die Nutzung von Bioenergie eine enge Kopplung der Nahrungsmittelpreise an die Preise für Energiegüter etabliert. Problematisch sind in diesem Zusammenhang die ungewöhnlich hohen Preisniveaus, die sich sowohl 2008 als auch 2011 in Energie- und Nahrungsmittelmärkten zeigen. Derartige Preisausschläge können die weltweite Ernährungslage insbesondere für die ärmeren Schichten in den Entwicklungsländern deutlich verschlechtern. Als Ursachen für die Preiskopplung werden vor allem die Verwendung von Getreiden und Pflanzenölen für die Herstellung von Bioethanol und Biodiesel angeführt, welche damit nicht mehr dem Nahrungsmittelmarkt zur Verfügung stehen. Die Bioethanolproduktion aus brasilianischem Zuckerrohr wird hingegen als weniger kritisch eingestuft, da die Flächennutzung für Zuckerrohr nicht direkt mit der Produktion von Grundnahrungsmitteln in Konkurrenz stehe.

Mit Blick auf die Nahrungsmittelkrise von 2008 steht vor allem die enorm gestiegene Produktion von Bioethanol aus Mais in den Vereinigten Staaten im Vordergrund der Kritik. Gleichzeitig sind im Jahr 2008 weitere kritische Faktoren gemeinsam aufgetreten, die zu rasant steigenden Preisen in den Nahrungsmittelmärkten führten: Zu nennen sind US-Dollarschwäche, hohe Energiepreise, Ernteausfälle für Weizen im Jahr 2007, Handelsbeschränkungen und Hamsterkäufe auf dem Reismarkt. Die Direktorin des Welternährungsprogramms beschrieb die Situation daher schon Ende 2007 als „perfect storm for the world's hungry"[13]. Im Ergebnis lässt sich keine monokausale Ursachenzuschreibung für die Nahrungsmittelkrise durchführen. Die hier vorgestellten Studien sehen zwischen 30 Prozent [Rosegrant 2008] und 75 Prozent [Mitchell 2008] der Preisanstiege für Grundnahrungsmittel in der Nutzung von Biokraftstoffen begründet. Mit dem wirtschaftlichen Einbruch in Folge der Finanzkrise haben sich die Nahrungsmittelpreise wieder normalisiert, jedoch ist dies vor allem darauf zurück zu führen, dass die wichtigsten Einflussfaktoren nun mit umgekehrtem Vorzeichen wirkten.

Mit Blick auf die weitere Entwicklung ist festzustellen, dass die Faktoren, die 2008 zur Verknappung von Nahrungsmitteln führten, auch weiterhin präsent sind. Die Kapazitäten zur Herstellung von Biokraftstoffen bleiben bestehen und sind bei hinreichend hohen Ölpreisen auch ohne politische Förderung profitabel einzusetzen. Der weitere Ausbau dieser Kapazitäten, zum Beispiel aufgrund staatlicher Unterstützung, wird die Koppelung von Agrargüterpreisen und Energiepreisen weiter verstärken. Diese kommt umso stärker zu tragen, je höher die weltweiten Energiepreise liegen. Angesichts der aktuellen Ölpreise jenseits der 100-USD-Grenze und hohen Preisprognosen für die kommenden Jahre ist mit einer engen Kopplung zwischen Agrarpreisen und Energiepreisen zu rechnen. Kommen weitere Faktoren hinzu, so ist eine Wiederholung der Situation von 2008 nicht ausgeschlossen. Einen Ausweg aus dieser Situation würde die Entwicklung von preisgünstigen btl-Kraftstoffen bieten, welche auf Reststoffen und nicht auf für die Nahrungsmittelproduktion nutzbarer Biomasse basieren. Auch eine deutliche Ausweitung der Agrarproduktion

[13] Zitat aus der New York Times vom 18.12.2007 [NYT 2007].

durch Produktivitätsfortschritte in Entwicklungsländern und der Aktivierung brachliegender Flächen wäre möglich, allerdings werden die hierfür nötigen Investitionen nur bei einer gewissen Planungssicherheit wirtschaftlich attraktiv[14].

II.5. Spekulation in Rohstoffmärkten

In der Folge des Rohstoffpreisbooms von 2008 wurde in mehreren Studien die Frage nach dem Einfluss von spekulativen Investments gestellt, meist parallel oder kontrovers zur Frage nach dem Einfluss der Bioenergienutzung auf die Preise von Agrarrohstoffen. Insbesondere der viel zitierte Beitrag von Mitchell [2008] sticht mit der Position heraus, dass erst der Preisanstieg durch die verstärkte Nutzung von Bioenergie die selbstverstärkenden Effekte spekulativer Investments ermöglicht habe. Der folgende Abschnitt widmet sich daher ausführlicher den unterschiedlichen Studien zum Preiseffekt von Finanzakteuren auf Rohstoffmärkten, auch wenn diese nur zum Teil auf die Bioenergienutzung als möglichen Preistreiber an den Agrarmärkten eingehen.

II.5.1) Abgrenzung von Spekulation in Rohstoffmärkten und deren Effekte

Wie bereits dargelegt trafen 2008 mehrere unterschiedliche Faktoren zusammen, die einen bis dahin nicht erreichten Preisanstieg für Agrar- und Energiegüter mit sich brachten. Neben den Fundamentaldaten der jeweiligen Märkte und der weltweiten Rohstoffnachfrage wurden in der öffentlichen Debatte auch spekulative Übertreibungen als Ursachen angeführt. Im weitesten Sinne bezieht sich diese Kritik auf Handelsaktivitäten von Akteuren, die kein originäres Interesse am physischen Produkt haben, sondern Positionen aus rein finanziellem Interesse eingehen (Erzielung von Renditen, Streuung von Risiken). Tatsächlich haben die Aktivitäten von Finanzintermediären in Rohstoffmärkten zwischen dem Jahr 2001 und 2008 deutlich zugenommen[15], im Englischen wird von „Financialisation“ gesprochen. Es stellt sich also die Frage, welchen Effekt diese Marktteilnehmer auf die Preise in Rohstoffmärkten ausüben.

Um von einer Preisentwicklung zu profitieren, muss ein Investor sich in einem Markt direkt oder indirekt finanziell engagieren. Da typischerweise kein Interesse an einer physischen Lieferung des Produkts besteht, liegt der Handelsschwerpunkt bei den Forwardkontrakten, die eine Lieferung in der Zukunft verbriefen. Durch rechtzeitiges Verkaufen eines auslaufenden Kontrakts und gleichzeitiges Kaufen eines länger laufenden Kontrakts kann ein Investor fortwährend am Markt aktiv sein, ohne je eine physische Lieferung direkt abwickeln zu müssen („Rollendes Investment“). Dennoch sind die Preiseffekte solcher Aktivitäten nicht auf die Forwardmärkte beschränkt, sondern können auf die Spotmarktpreise rückwirken. Steigen die Preise für Forwardkontrakte (zukünftige Lieferungen) deutlich über die Preise im Spotmarkt (Kassamarkt mit umgehender Lieferung der Ware), so lohnt es sich, eine unbestimmte Menge des Produkts im Kassamarkt zu kaufen, gleichzeitig die Lieferung dieser Menge in der Zukunft am Forwardmarkt zu verkaufen, und die Kosten für Finanzierung und Lagerung durch die Preisdifferenz zu decken. Dies wäre eine risikolose Transaktion mit positivem Gewinn, welche nicht dauerhaft bestehen kann, ohne dass durch Arbitragegeschäfte die Preise wieder angeglichen werden. Damit ergibt

[14] Vielfach wird hierbei auf die Produktionsmöglichkeiten in Staaten der ehemaligen UDSSR verwiesen. Siehe auch Fußnote 36 in Pfuderer und Del Castillo [2008].
[15] vgl. UNCTAD 2011, Kapitel 4.

sich eine Formel für den Zusammenhang von Spot- und Forwardpreisen: die Preise für eine sofortige Lieferung (Spotmarkt oder Kassamarkt) plus Lagerungskosten und Zins ergibt den erwartbaren Preis für eine zukünftige Lieferung (Forwardmarkt). Abweichungen von dieser Regel, kommen in der Realität vor, werden als „Contango“ oder „Backwardation“ bezeichnet und können unterschiedliche strukturelle Gründe haben[16], stellen jedoch den grundsätzlichen Zusammenhang von Future- und Spotmarktpreisen über die „No-Arbitrage-Bedingung“ nicht in Frage.

Spekulation führt also über die No-Arbitrage-Bedingung zu einer teilweisen Kopplung von Spot- und Forwardpreisen. Über eine ähnliche Argumentation verlangt die Hypothese effizienter Märkte (Efficient Market Hypothesis, EMH), dass Forwardpreise, die auf Grundlage aller verfügbaren Informationen erwartbaren Spotpreise in der Zukunft abbilden. Hätte irgendein Akteur private Informationen, die ihm eine bessere Einschätzung über die zukünftigen Preise erlaubt, so könnte er über entsprechende Arbitragegeschäfte diese Information zum eigenen Gewinn ausbeuten und würde dadurch die Forwardpreise den tatsächlich erwartbaren Preisen anpassen. Die EMH betrifft somit nicht nur die Preisbildung in Forwardmärkten sondern gilt auch für alle weiteren Finanzderivate wie Optionen und Swap-Geschäfte. Problematisch an der EMH ist vor allem die Frage, welche Akteure über wie viel Information verfügen und wie diese Informationen verarbeitet werden. Durch Informationskaskaden - also Erwartungsbildung aufgrund des beobachtbaren Verhaltens anderer Akteure - besteht die Möglichkeit, dass sich selbst verstärkende Effekte auftreten, so dass Preissteigerungen (-senkungen) wiederum Preissteigerungen (-senkungen) nach sich ziehen. An Finanzmärkten wird daher auch mit Trendfolgestrategien gearbeitet, denen die Annahme zu Grunde liegt, dass eine etablierte Preisentwicklung sich ebenso weiterentwickelt. Folgen hinreichend viele Investoren dieser Einschätzung, so verstärkt sich diese Entwicklung aus sich selbst heraus, unabhängig von der grundlegenden Situation der Märkte. Es wird von einer finanziellen Blase gesprochen.

In Rohstoffmärkten, denen physische Produktion und Nachfrage zu Grunde liegen, kann sich eine finanzielle Blase nicht unbeschränkt fortentwickeln. Steigende Preise würden zu einer Produktionsausweitung führen und gleichzeitig zur Einschränkung der Nachfrage. Die Differenz von Nachfrage und Angebot führt zu steigenden Lagerbeständen und zwar fortwährend, solange die Preise nicht die tatsächlichen Marktgegebenheiten widerspiegeln. Da Lagerkapazitäten begrenzt sind und nicht unendlich steigen können, kommt es notwendigerweise ab einem gewissen Punkt zur Korrektur. Aus diesem Grund geht keiner der im Folgenden vorgestellten Beiträge davon aus, dass die Aktivität von Finanzinvestoren an Rohstoffmärkten einen dauerhaften Preisaufschlag in Rohstoffmärkten bewirken kann.

II.5.2) Studien zum Preiseffekt von Finanzakteuren in Rohstoffmärkten

Die derzeit neueste Publikation zum Thema[17] ist ein Forschungsbericht, welcher für die Konferenz für Handel und Entwicklung der Vereinten Nationen erstellt wurde [UNCTAD, 2011]. Im Bericht werden Ergebnisse früherer Publikationen aufbereitet, durch Zahlen und eigene Berechnungen

[16] Abweichungen von dieser Regel ergeben sich zum Beispiel durch unterschiedliche Risikoaversionen oder Liquiditätsbedarfe auf Seiten der Produzenten und der Nachfrager, kurzfristige Angebotsknappheiten bei niedrigen Lagerständen etc. Vgl. UNCTAD 2011 für einen Überblick zur Preisbildung in Spot- und Forwardmärkten.

[17] Die Studie befasst sich vor allem mit dem Einfluss von Finanzakteuren auf Rohstoffmärkten. Auf den Einfluss der Bioenergienutzung auf die Preisentwicklung bei Agrarrohstoffen wird ebenfalls eingegangen, ohne jedoch neue eigene Erkenntnisse vorzulegen.

ergänzt und die Ergebnisse mit einer Reihe von Interviews abgeglichen, die im Auftrag der Autoren mit Rohstoffhändlern und mit Repräsentanten von Finanzintermediären geführt wurden. Der Bericht belegt deutlich, wie stark der Anteil von Finanzinvestoren in den Rohstoffmärkten zugenommen hat. Außerdem legen die vorgelegten Analysen nahe, dass die Preiskorrelationen zwischen unterschiedlichen Rohstoffen und makroökonomischen Größen, die für die Anlageentscheidungen von Investoren relevant sind, zugenommen haben. Die Autoren werten das als Beleg für einen zunehmenden Einfluss, den Finanzinvestoren in Rohstoffmärkten ausüben. In den Interviews, die mit aktiven Händlern geführt wurden, zeigt sich, dass Kauf- und Verkaufsentscheidungen stark von Faktoren getrieben wurden, die nicht auf fundamentale Größen der jeweiligen Märkte zurückgeführt werden können. Händler, die physische Lieferungen handeln, betonen den zunehmenden Einfluss von Finanzintermediären in den jeweiligen Märkten. Händler, die als Finanzinvestoren tätig waren, bestätigen den Einsatz von Trendfolgestrategien. Insgesamt sehen die Autoren mehrere Hinweise auf Herdenverhalten der Akteure, also sich gegenseitig verstärkende Handelsregeln, die eine Blasenbildung wahrscheinlich erscheinen lassen.

Die These, dass die Entwicklung der Finanzmärkte einen zunehmenden Einfluss auf die Rohstoffmärkte ausübt, wird auch von einer Studie der Bank of Japan [Inamura et al. 2011] eindrücklich gestützt. Die folgende Abbildung 16 zeigt die Korrelation zwischen einem globalen Wertpapierindex und dem Rohstoffpreisindex S&P GSCI im Zeitablauf. Es wird deutlich sichtbar, wie seit dem Jahr 2005 die rollenden Korrelationskoeffizienten stark zunehmen, ohne dass dies als kurzzeitige Abweichung wie in den Jahren 1990 und 1991 gesehen werden kann.

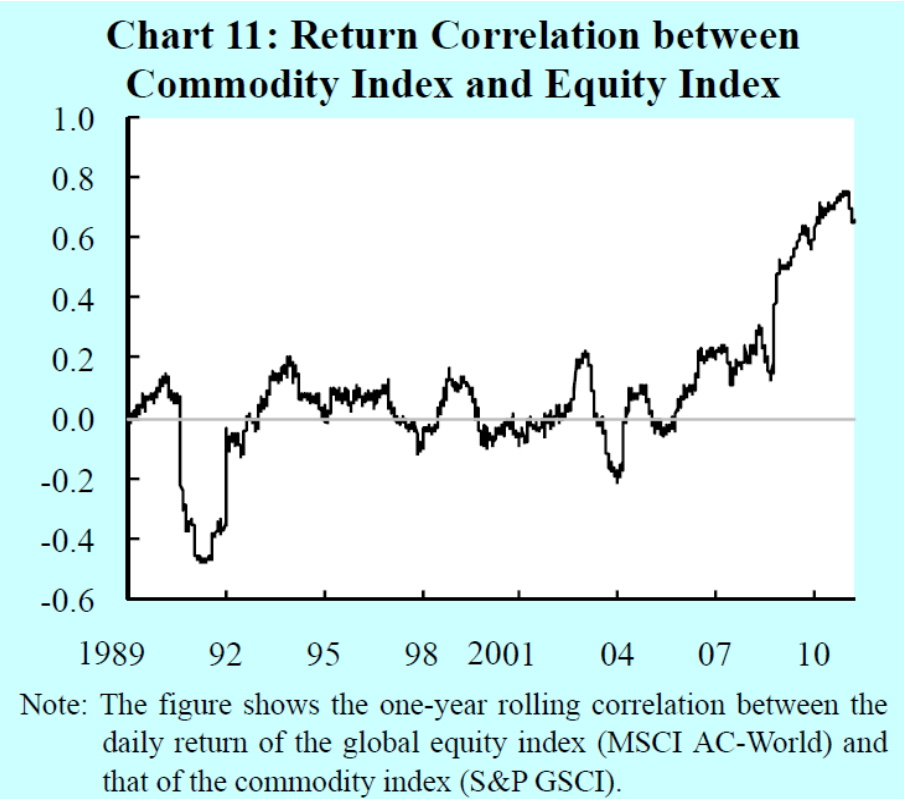


Abbildung 16, Korrelation von Wertpapier und Rohstoffpreisen, Quelle: Inamura et al. 2011

Auch wenn dies noch keinen eindeutigen Hinweis auf den Einfluss von Finanzinvestoren in Rohstoffmärkten liefert, zeigt die vorgelegte Studie mehrere deutliche Indizien für den zunehmenden Einfluss von Anlageentscheidungen auf die Preisbildung in Rohstoffmärkten. Für Anlageprodukte, die sich auf Rohstoffmärkte beziehen, werden meist Rohstoffpreisindices als Basiswert genutzt,

deren Wertentwicklung entweder über direkte Investments oder über Derivate abgebildet werden. Die folgende Abbildung 17 zeigt die Korrelation zwischen einzelnen Rohstoffpreisen von Gütern, welche in Indices abgebildet werden, und solchen die nicht in Indices berücksichtigt werden im Zeitablauf. Wären allein fundamentale Daten für die Korrelation von Rohstoffpreisen verantwortlich, so sollte die Indizierung alleine keinen Unterschied machen. Es zeigt sich jedoch, dass die Preiskorrelation von Rohstoffen, die in Indices berücksichtigt werden, seit 2003 deutlich von der Warengruppe, die als Kontrolle fungiert, abweicht.

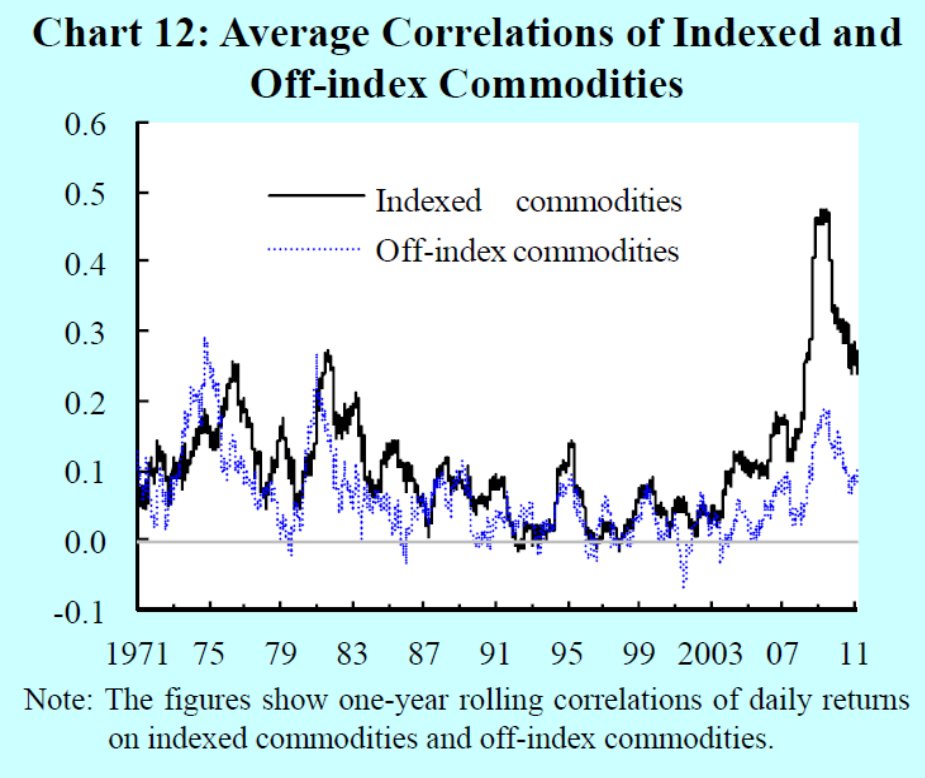


Abbildung 17, Korrelation von Rohstoffpreisen indiziert vs. nicht-indiziert, Quelle: Inamura et al. 2011

Damit weist auch die Studie der Bank of Japan auf einen gewachsenen Einfluss von Finanzinvestoren auf die Preisbildung in Rohstoffmärkten hin. Abgesehen von der zunehmenden Korrelation von Preisen auf Rohstoff- und Finanzmärkten geben die Autoren jedoch kein Urteil über den Effekt, den Finanzinvestoren auf Rohstoffmärkten ausüben, ab.

Gerade in Bezug auf die Nahrungsmittelkrise und die Nutzung von Bioenergie ist jedoch relevant, welchen Anteil spekulative Investment zum Preisboom 2008 beigetragen haben. Mitchel [2008] geht davon aus, dass es vor allem die Perspektive der Bioenergienutzung war, die die Spekulation im Nahrungsmittelsektor 2008 angeheizt habe, und dass der Einfluss von Finanzinvestoren ohne den Boom der Biokraftstoffe nicht zum Tragen gekommen wäre. Mitchell stützt sich damit auf eine Einschätzung, die auch in anderen Studien aufscheint, ohne jedoch dass andere Autoren Mitchells Schluss zustimmen würden: Der Einfluss von Finanzinvestoren habe zwar das Potential Preisschwankungen zu verstärken und damit Krisen zu verschärfen, jedoch nicht die Preise dauerhaft von ihrer fundamentalen Bewertung wegzubewegen. Im Gegensatz zu Mitchell wird in anderen Studien jedoch nicht ein spezieller Faktor als Treiber von spekulativen Investments angeführt, sondern anhand der vorliegenden Preisdaten nach Mustern gesucht, welche eine Blasenbildung durch Trendfolgestrategien von Finanzinvestoren nahelegen.

Gilbert [2010] untersucht anhand von Preiszeitreihen, ob sich selbstverstärkende Effekte nachweisen lassen. Stochastisch gesehen müsste eine solche Zeitreihe „explodieren“, da jeder Anstieg einen weiteren Anstieg nach sich zieht, also genau das Muster, das finanziellen Blasen unterstellt wird. Gleichzeitig ist klar, dass sich dieses Muster nicht dauerhaft fortsetzen kann[18]. Mithilfe statistischer Tests will Gilbert die Existenz und ggf. die Lebensdauer von Blasen in unterschiedlichen Märkten abschätzen. Seine empirische Anwendung zeigt eindeutig die Existenz von Blasen nur für den Kupfermarkt. Die Preise für Erdöl, Nickel und Sojabohnen zeigen teilweise eine Blasenbildung im Jahr 2008. Für die bei der Nahrungsmittelkrise kritischen Rohstoffe Mais und Weizen konnte Gilbert jedoch ebenso wenig wie für Aluminium eine Blase nachweisen.

Im weiteren Verlauf der Studie untersucht Gilbert [2010] mithilfe von Daten der U.S. Commodity Futures Trading Comission (CFTC) den direkten Einfluss von spekulativen Positionen in Rohstoffmärkten auf die Preise. Die Daten der CFTC liefern eine ungefähre Unterscheidung, welche eine grobe Zuordnung zur Gruppe der „Spekulanten“, welche in Indices investieren, und der „physischen Händler“ ermöglicht. Anhand von Granger-Causality-Tests lässt sich ablesen, ob eine Variable im Zeitablauf eine signifikante Vorhersagekraft für die Entwicklung einer anderen Variablen aufweist. Schlussendlich errechnet Gilbert die hypothetische Preisentwicklung mehrerer Rohstoffe, wenn keine spekulativen Investments stattgefunden hätten. Die folgende Abbildung 18 zeigt die Simulationsergebnisse für unterschiedliche Rohstoffe.

[18] Für eine eingehende Diskussion vgl. Gilbert [2010] und die dort angegebene Literatur.

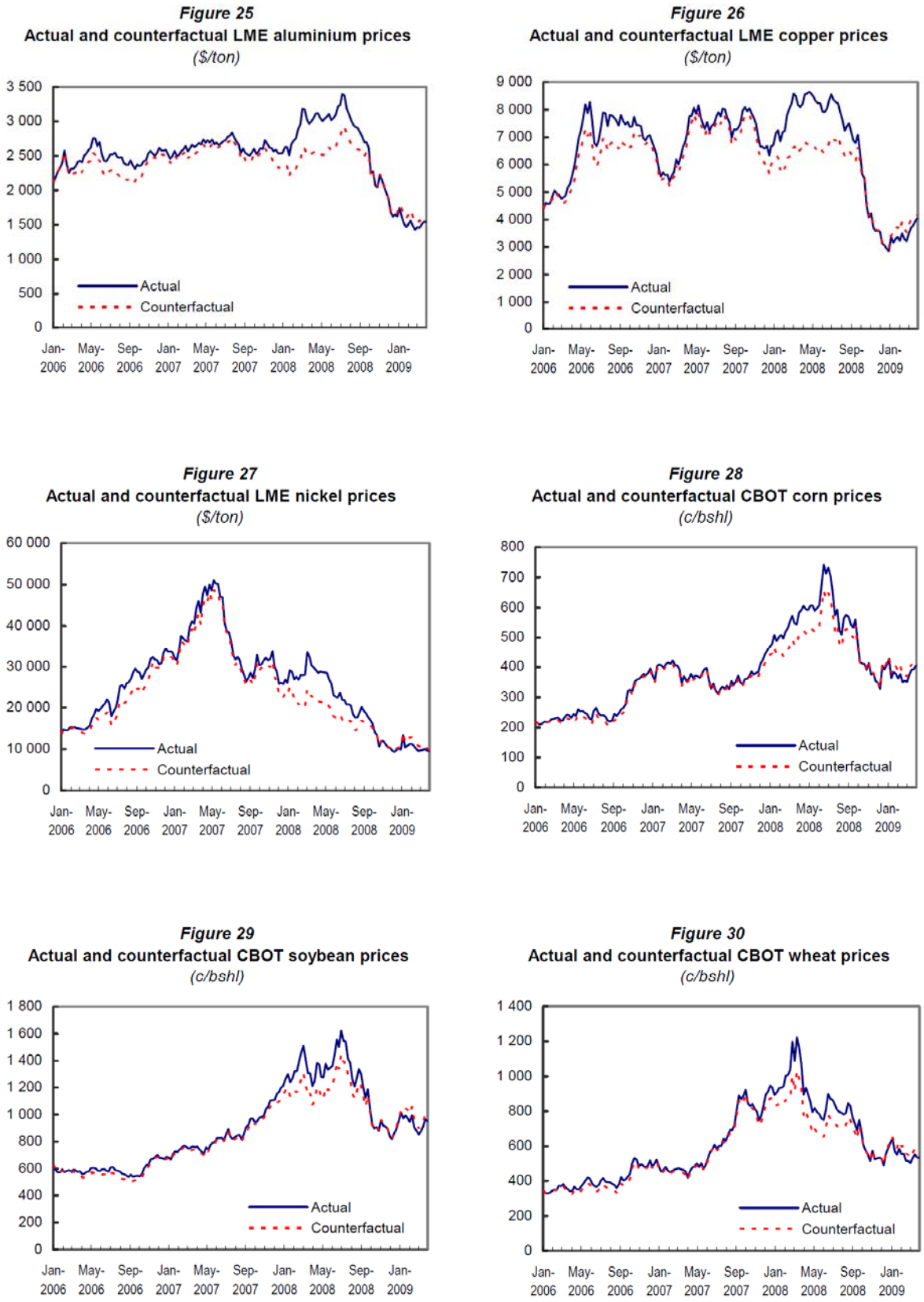


Abbildung 18, Simulationen der Preisentwicklung ohne spekulative Investments, Quelle: Gilbert [2010]

Gemäß den Ergebnissen von Gilbert war der Einfluss von Finanzinvestoren mit Ausnahme der Periode von Januar bis September 2008 relativ gering. Auch zeigt sich, dass der Einfluss für die Preise von Erdöl und Metallen in dieser Periode zwar eine beachtliche Größe von ca. 20 bis 25

Prozent annimmt, die Preise von Agrarrohstoffen sich jedoch nur wenig unterscheiden, wenn man den Einfluss von indexbasierten Investments herausrechnet. Der Autor kommt daher zu dem Schluss, dass es nicht gerechtfertigt sei, indexbasierte Investments als Treiber der Preisausschläge von 2008 zu benennen. Finanzinvestoren hätten jedoch Ihren Anteil daran gehabt, die fundamental getriebenen Preisausschläge zu verstärken.

Auch Timmer [2009] untersucht Preise für Reis, Mais, Weizen und Rohöl nach statistischen Interdependenzen untereinander und in Bezug auf Wechselkurse in Form von Granger-Causalities. Auch wenn der Titel seiner Arbeit konkret nach dem Einfluss von Spekulation auf die Reispreise fragt, ist die gelieferte Evidenz eher auf die allgemeine Preisbildung in Forwardmärkten gerichtet. Timmer weist nach, dass sich Wechselkursschwankungen bereits innerhalb weniger Tage auf die Börsenpreise für Rohstoffe auswirken, obwohl Angebot und Nachfrage deutlich längere Zeiträume zur Anpassung benötigen. Er interpretiert dies als Beweis für den Einfluss von Finanzmärkten auf die Rohstoffmärkte. Einen Hinweis darauf, dass Spekulation die Preise von den Fundamentaldaten entfernt, liefert er jedoch nicht. Ein wichtigerer Beitrag der Arbeit ist jedoch der Hinweis auf die Instabilität der Granger-Causality. So ist der Zusammenhang der Rohstoffpreise untereinander deutlich instabiler als dies mit einer Punktschätzung wie zum Beispiel bei Gilbert [2010] erfasst werden kann.

Der Beitrag von Robles et al. [2009] fokussiert auf die Märkte für Agrarrohstoffe. Es wird wie bei Gilbert [2010] anhand von Granger-Causalities der Einfluss von spekulativen Positionen auf die Rohstoffpreise untersucht, jedoch wird wie bei Timmer [200] deren Stabilität über die Zeit berücksichtigt[19]. Die Autoren unterscheiden den Effekt unterschiedlicher Größen auf den einzelnen Märkten, kommen schlussendlich jedoch zu dem Ergebnis, dass „spekulative Aktivitäten während des Preisbooms 2007-2008 einflussreich gewesen sein könnten“. Sie stellen heraus, dass übertriebene Preisspitzen ausgesprochen schädlich für die Welternährung seien, und fordern entsprechende Regulierung.

Zwei weitere Studien [Baffes und Haniotis, 2010, Irwin et al. 2009] stützen sich weitgehend auf verbale Argumentationen, analysieren einige Daten und verweisen auf die existierende Literatur. Irwin et al. führen einen Granger-Causality-Test an, der jedoch nur eine Momentaufnahme abbildet. Baffes und Haniotis verweisen auf Regressionsergebnisse. Interessanterweise kommen beide Studien zu weitgehend gegensätzlichen Schlussfolgerungen. Baffes und Haniotis [2010] weisen den Aktivitäten von Indexfonds die Schlüsselrolle für den Agrarpreisboom 2008 zu, gleichzeitig halten sie den Einfluss der Bioenergienutzung zwar für wichtig, aber überschätzt, und sehen das Wachstum der Nachfrage in Schwellenländern als nicht relevant an. Irwin et al. sehen ihren Beitrag als den Nachweis dafür, dass keinerlei spekulative Blase vorlag, wenn Finanzinvestoren die Rohstoffpreise beeinflusst hätten so sei das bisher aus den Daten nicht zu ersehen. Hingegen wäre vor allem das Nachfragewachstum aus den Schwellenländern, die geringere Produktion von Rohöl und Ernteausfälle bei Agrarrohstoffen und zu einem gewisse Grad die Bioenergienutzung für die Preisentwicklung verantwortlich. In der Summe ergeben beide Studien einen guten Eindruck davon wie allgemein anerkannte Fakten zur Unterstützung der einen oder anderen Position gewichtet werden können. Nicht von der Hand zu weisen ist jedoch, dass beide Studien dieselben zentralen Faktoren als relevant genug ansehen, um sie näher zu beleuchten.

[19] Im genannten Beitrag ist die Motivation der Methodik nicht immer ganz eindeutig nach zu vollziehen. Bspw. werden Zeitreihen je nach Stationarität in Level oder ersten Differenzen untersucht, ohne dass darauf eingegangen würde, was eine angemessene Annahme für den zugrunde liegende Prozess ist.

II.5.3) Fazit zum Effekt von Finanzinvestoren auf die Preisbildung in Rohstoffmärkten

Die vorgestellten Studien zum Einfluss von Finanzinvestoren auf die Preisbildung in Energie- und Rohstoffmärkten kommen zu teilweise gegensätzlichen Ergebnissen. Dennoch lassen sich einige Gemeinsamkeiten bei den grundlegenden Fakten identifizieren. Weitgehend unbestritten ist die Tatsache, dass Rohstoffmärkte seit Mitte des letzten Jahrzehnts verstärkt als Betätigungsfeld von privaten und institutionellen Anlegern entdeckt werden. Die zunehmende „Financialization" der Rohstoffmärkte sorgt für einen verstärkten Einfluss von Faktoren, die nicht direkt mit Angebot und Nachfrage nach dem jeweiligen Produkt in Verbindung stehen, sondern die sich durch das Anlageverhalten von Finanzinvestoren ergeben. Dadurch ergibt sich ebenfalls ein verstärkter Gleichlauf von Güterpreisen, die historisch und fundamental nur wenig gemeinsame Treiber aufweisen. Insbesondere ist mit einem verstärkten Gleichlauf von Energiepreisen und den Preisen für Agrarrohstoffe mit energetischer Nutzung zu rechnen.

Auch wenn der Fokus der Studien beim Einfluss von spekulativen Investments liegt, weisen mehrere der aufgeführten Studien der Nutzung von Biokraftstoffen eine relevante Rolle bei der Preisbildung zu. Die Position Mitchells, dass spekulative Übertreibungen in den Agrarmärkten durch die Biokraftstoffproduktion erst zum Tragen gekommen seien, ist jedoch weder eindeutig zu stützen noch zu widerlegen. Schließlich ist sich bereits in der Frage, ob Spekulation überhaupt nennenswert die Preise für Agrargüter verzerrt habe, das Gros der Autoren nicht vollständig einig. In der Summe scheinen jedoch vielfältige Hinweise die These zu untermauern, dass der Einfluss von Finanzinvestoren die bereits vorhanden Volatilität der Märkte verstärkt hat.

III.) Treibhausgasemissionen bei der energetischen Nutzung von Biomasse

III.1. Kohlenstoffkreislauf und Biomasse-Lebenszyklus

Bioenergie wird häufig als *CO_2-neutral* bezeichnet, da die bei der Verbrennung anfallenden CO_2-Emissionen genau der Menge an Kohlendioxid entsprechen, die die zugrunde liegende Biomasse beim Wachstum der Atmosphäre entzogen haben. Dadurch habe die Verwendung dieser Brennstoffe keinen Einfluss auf die CO_2-Konzentration der Atmosphäre. Diese Neutralität ist jedoch nur für den Verbrennungsvorgang gegeben. Um die tatsächlichen Klimagasemissionen der energetischen Nutzung von Biomasse korrekt zu erfassen, muss nicht nur der Verbrennungsvorgang sondern der gesamte Lebenszyklus berücksichtigt werden. Dieser Ansatz umfasst alle Emissionen, die im Laufe des Lebens eines Produktes und bei der Entsorgung entstehen. Im Falle von Bioenergie müssen Emissionen gezählt werden, die bei der Herstellung und dem Transport von Biomasse, der Umwandlung von Biomasse in Bioenergie und der Energienutzung anfallen. Dazu zählen CO_2-Emissionen durch landwirtschaftliche Prozesse (zum Beispiel bedingt durch den Kraftstoffverbrauch zur Bodenbearbeitung und der Verwendung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln), durch Transportprozesse (Kraftstoffverbrauch) und durch mechanische oder chemische Aufbereitungsprozesse (wie zum Beispiel Zerhäckslung, Verdichtung und Vergärung). Erst danach steht die Biomasse in Form von gasförmigen, flüssigen oder festen Energieträgern zur Strom- oder Wärmeherstellung oder als Kraftstoff zur Verfügung.

In neueren Studien[20] werden bei der Berechnung der Klimabilanz zusätzlich auch Landnutzungsänderungen berücksichtig, die durch eine steigende Bioenergienachfrage hervorgerufen werden können. Diese Landnutzungsänderungen entstehen zum Beispiel durch Rodung von Wäldern und Umwandlung von Grünland zur Gewinnung neuer Ackerflächen für die Biomassenproduktion. Hierdurch können weitere Treibhausgasemissionen entstehen, da bisher in Pflanzen und im Boden gespeichertes CO_2 freigesetzt wird. In einigen Studien [Fabione et al., 2008, Searchinger et al., 2008] wurde gezeigt, dass unter Berücksichtigung solcher Landnutzungsänderungen die Lebenszyklusbilanz von Bioenergie schlechter ausfallen kann als die von fossilen Brennstoffen.

Bei der Untersuchung klimarelevanter Emissionen muss in Bezug auf die Nutzung von Bioenergie auch ein zeitlicher Faktor berücksichtigt werden. CO_2, das bei der energetischen Nutzung von Biomasse freigesetzt wird, kann nicht sofort wieder durch Pflanzen gebunden werden, sondern gelangt zunächst in die Atmosphäre. Dies geschieht in einem relativ kurzen Zeitraum von wenigen Tagen oder Wochen. Durch den Anbau und den Wuchs neuer Pflanzen wird CO_2 wieder mittels Photosynthese gebunden und der Atmosphäre entzogen. Dieser Vorgang kann jedoch je nach Art der Biomasse Monate oder Jahrzehnte benötigen. Erst dann kann die Biomasse wieder zur energetischen Nutzung verwendet werden.

Das Prinzip der CO_2-Neutralität ist daher wesentlich komplexer als es auf den ersten Blick erscheint. Um mit Hilfe von erneuerbarer Energien langfristige CO_2-Reduktionsziele zu erfüllen, müssen eventuell kurzfristige CO_2-Emissionsanstiege in Kauf genommen werden. Dies ist vor

[20] Zum Beispiel Fabione et al. [2008], Searchinger et al. [2008], Hertel et al. [2010], Melillo et al. [2009].

allem dann der Fall, wenn neue Landflächen zur Produktion von Biomasse erschlossen werden, die vorher durch den bestehenden Vegetationsbestand (zum Beispiel Wälder) als CO_2-Speicher fungierten. Durch Umwandlung dieser Flächen in Anbaufläche von Biomasse wird das gespeicherte CO_2 in die Atmosphäre freigesetzt und die Biomasse-Produktion startet bereits mit einer negativen CO_2-Bilanz.

Anders sieht es aus, wenn zur Energiegewinnung durch nachhaltige Waldwirtschaft Wälder zunächst aufgeforstet werden. In diesem Fall ist die CO_2-Bilanz bereits zu Beginn positiv, da zusätzliches CO_2 der Atmosphäre entzogen wird.

Bei der Berechnung von Lebenszyklusemissionen müssen auch Nebenprodukte des Produktionsverfahrens berücksichtig werden, die energetisch eingesetzt werden können bzw. die andere Produkte ersetzen, bei deren Produktion fossile Brennstoffe verwendet werden. Nebenprodukte der Bioethanol-Herstellung können zum Beispiel Trockenschlempe (DDGS = „dried distillers grains and solubles“) sein. Hierbei handelt es sich um nicht benötigte nährstoffreiche Pflanzenbestandteile, die getrocknet als Protein-Futtermittel, als Düngemittel oder zur Energiegewinnung durch thermische Verwertung genutzt werden können. Durch Berücksichtigung solcher Nebenprodukte kann die CO_2-Bilanz der Bioenergieproduktion verbessert werden.[21]

In der folgenden Abbildung 19 wird der Lebenszyklus von Bioenergie und fossiler Energie dargestellt und die Energie- und CO_2-Ströme ausgewiesen.

[21] Für eine ausführliche Diskussion zu diesem Thema sei auf Marland und Schlamadinger [1995] verwiesen.

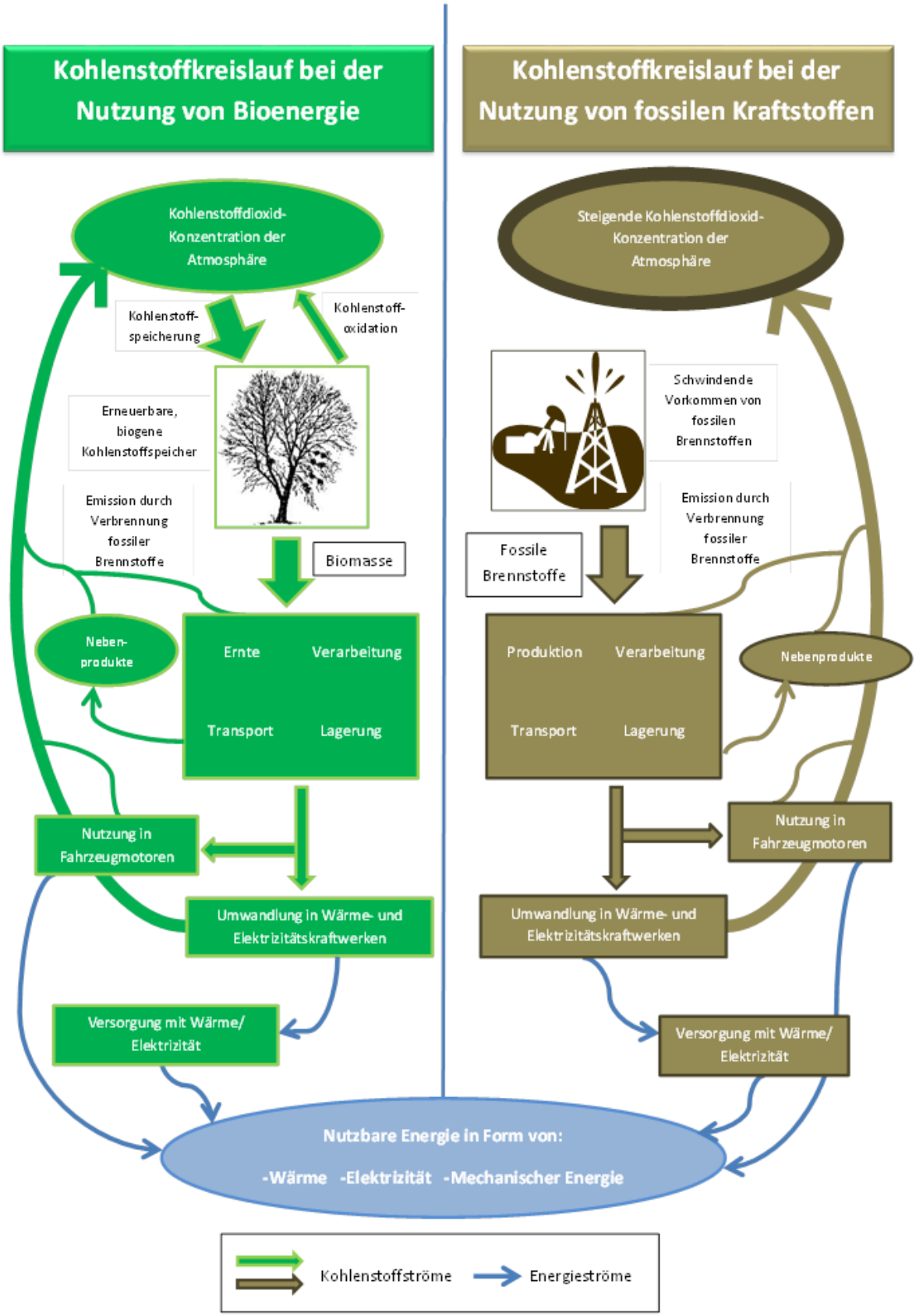


Abbildung 19, eigene Darstellung, basierend auf Darstellungen in Cowie [2009]

Neben Kohlendioxid gibt es noch weitere Treibhausgase, die die Klimabilanz von Bioenergie weiter verschlechtern können. Zu diesen Gasen zählt zum Beispiel Stickstoffoxid (Lachgas), das durch biologische Abbauprozesse (zum Beispiel Nitrifizierung) von stickstoffhaltigem Dünger

oder Pflanzenprozessen entsteht. Viele Studien fassen daher die einzelnen Emissionen zu einer einheitlichen Vergleichsbasis, dem CO_2-Äquivalent (CO_2-Äq.), zusammen. Hierzu werden verschiede Treibhausgase nach ihrer klimaschädigenden Wirkungen gewichtet und als Referenz auf CO_2 umgerechnet.

III.2. Studien zu Treibhausgasemissionen der Bioenergienutzung

Es gibt sehr viele Studien, die sich mit den Klimaeffekten der energetischen Nutzung von Biomasse und den Lebenszyklusemissionen von speziellen Energieträgern beschäftigen. Ein Vergleich der Studien ist sehr schwierig, da sie sich in den Annahmen sehr stark unterscheiden und die Ergebnisse von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängen. Es muss unterschieden werden zwischen verschiedenen Energiepflanzen (Mais, Holz,...), den Anbauverfahren, den geographischen und klimatischen Gegebenheiten der Anbauregion, den Ökosystemen, der Produktionstechnologie und dem Produktionssektor. Häufig werden unterschiedliche Bezugsgrößen (zum Beispiel GJ, kWh) und verschiedene Referenzen (pro ha, pro Einheit nutzbare Energie) benutzt, die zum Vergleich eine Umrechnung erfordern. Sinnvoll ist es daher, die CO_2-Einsparungspotentiale von erneuerbaren Energien im Vergleich zur Verwendung fossiler Brennstoffe zu betrachten. Für solch einen Vergleich ist jedoch auch eine Analyse der Lebenszyklusemissionen von fossilen Brennstoffen nötig, die sich in Abhängigkeit von der Förderregion, den Fördermethoden, den Aufbereitungstechniken und den Transportwegen erheblich unterscheiden können.

Abbildung 20 zeigt, dass die Lebenszyklusemissionen von Diesel-Kraftstoffen, die in den USA vertrieben werden, sehr stark davon abhängen, in welcher Region das erforderliche Öl gefördert und weiterverarbeitet wurde.

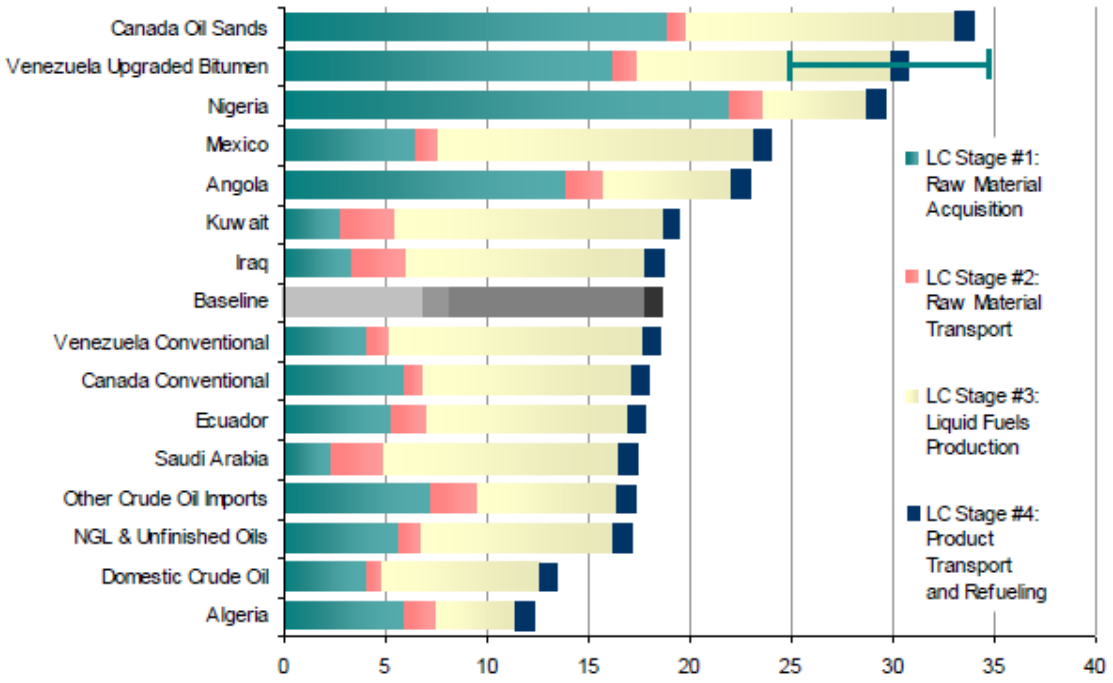


Abbildung 20, „Well-to-Tank" Emissionen von amerikanischem Diesel (in kg CO_2 per MMBtu) in Abhängigkeit von der Herkunft. Quelle: [Gerdes 2009]

Wie Abbildung 21 zeigt, werden im Durchschnitt bei fossilen Kraftstoffen ca. 80 Prozent der CO_2-Emissionen bei der Verbrennung freigesetzt. Die übrigen Emissionen entstehen durch die Ölförderung, den Transport und die Ölraffinerien, das heißt auf dem Weg vom Ölvorkommen bis in den Tank: „Well-to-Tank“.

Key	Life Cycle Stage	Conventional Gasoline		Conventional Diesel		Kerosene-Based Jet Fuel	
	Crude Oil Extraction	7.3	8%	6.6	7%	6.8	7%
	Crude Oil Transport	1.4	1%	1.3	1%	1.3	1%
	Refinery Operations	9.8	10%	9.5	10%	6.0	6%
	Finished Fuels Transport	1.1	1%	0.9	1%	1.0	1%
	Combustion of Fuel	76.6	80%	76.7	81%	77.7	84%
	Total: Well-to-Tank (WTT)	19.6	20%	18.4	19%	15.1	16%
	Total: Well-to-Wheels (WTW)	96.3	100%	95.0	100%	92.9	100%

Well-to-Wheels: Crude Oil Extraction, Crude Oil Transport, Refinery Operations, Finished Fuels Transport, Combustion of Fuel
Well-to-Tank: Crude Oil Extraction, Crude Oil Transport, Refinery Operations, Finished Fuels Transport

Abbildung 21, Klimagasemissionen (kg Co2E/MMBtu LHV) für fossile Kraftstoffe, die im Jahr 2005 in den USA vertrieben wurden, Quelle: [Gerdes 2009]

Auch Bioenergieträger werden häufig unter Einsatz fossiler Brennstoffe hergestellt. Die Mengen an fossilen Energiestoffen, die hierfür benötigt werden, variieren stark zwischen verschiedenen Bioenergieträgern.

Bei fester Biomasse aus Landwirtschaft- und Waldrückständen beträgt der benötigte Energiegehalt nur zwei bis fünf Prozent der endgültigen Energiegewinnung. Bei Anbau von Getreide und aufbereiteter Biomasse (wie etwa Holzpellets) sind es ungefähr zehn Prozent. Bei Biokraftstoffen variieren die Ergebnisse von verschiedenen Studien zwischen 15 und 70 Prozent [vgl. Cowie 2009].

Die folgende Abbildung 22 ist das Ergebnis einer Untersuchung von Cerubini et al. [2009]. Sie werteten Studien zu Emissionseinsparungen durch die Verwendung von Biomasse im Vergleich zu fossilen Energieträgern aus. Anhand der Varianz der Schätzungen, dargestellt durch die blauen Linien, wird deutlich, dass sich die Studienergebnisse stark unterscheiden. Die Emissionseinsparungen fallen jedoch in allen Untersuchungen positiv aus. Untersucht wurden die Emissionen von verschiedenen Bioethanol-Sorten, Biodiesel, Biogas, Holzpellets und Süßgräsern.

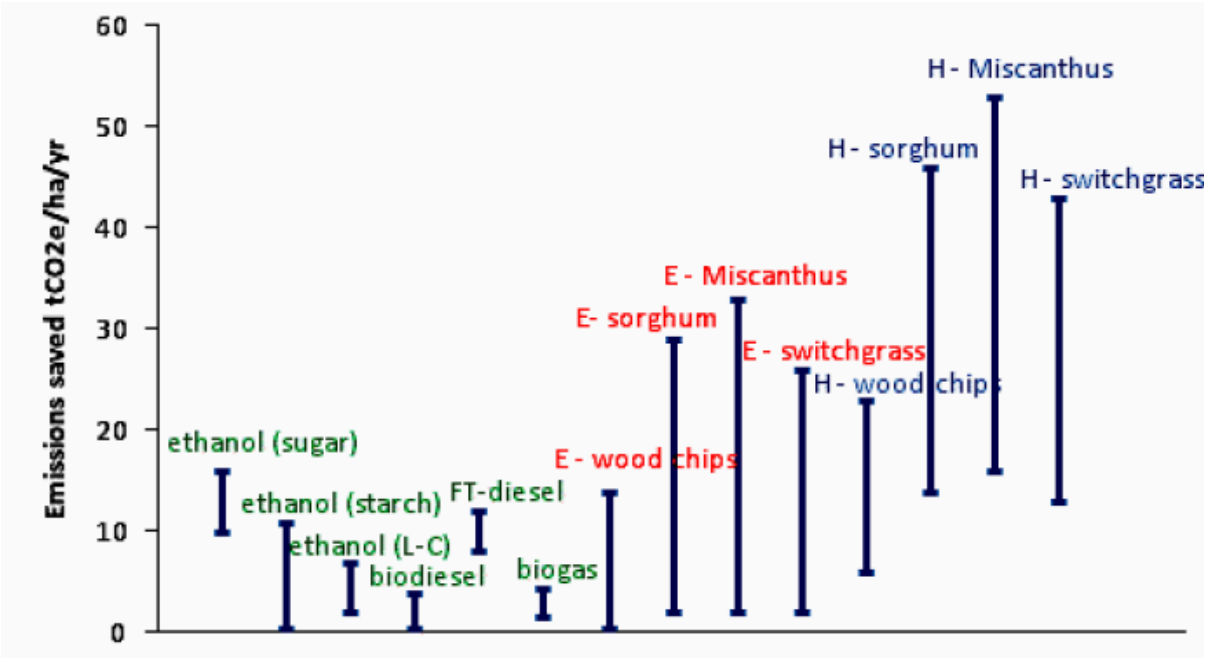


Abbildung 22, Quelle: Cerubini et al. [2009]

In Manomet [2010] werden die CO_2-Emissionen einer nachhaltigen Waldwirtschaft im mittleren Westen der USA berechnet. Unter Zugrundelegung der heutigen Technologien und Praxis der Waldwirtschaft sind in den betrachteten Szenarien CO_2-Einsparungen bis zu 85 Prozent möglich. Die Studie berücksichtigt dabei auch die zeitliche Entwicklung der Emissionen. Nach Abholzung der Biomasse zum Zweck der thermalen Nutzung vergehen mindestens zehn bis zwanzig Jahre, bis eine positive CO_2-Bilanz zu verzeichnen ist. Bei der Verwendung der Biomasse zur Stromgewinnung beträgt dieser Zeitraum mindestens zwanzig bis dreißig Jahre.

Im Folgenden soll ein Überblick über ausgewählte Studien zu klimarelevanten Einsparpotentialen von Biomasse gegeben werden. Da für die Verwendung von Biokraftstoffen ein verhältnismäßig großer Anteil fossiler Brennstoffe benötigt wird und die Emissionseinsparungspotentiale daher deutlich unter denen von anderen Bio-Energieträgern liegen, wird der Schwerpunkt auf Studien zu Bioethanol und Biodiesel gesetzt.

Einen Überblick über CO_2-Bilanzen von verschiedenen flüssigen Kraftstoffen gibt die International Energy Agency [OECD/IEA 1994]. Abhängig von dem verwendeten Energieinput bietet aus Getreide gewonnenes Bioethanol zwischen 7 und 63 Prozent CO_2-Ersparnis im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen. Die hohen Einsparpotentiale kommen zustande, wenn für den Transport und die Produktion (selbst gewonnenes) Bioethanol anstelle fossiler Kraftstoffe verwendet wird. Dies ist jedoch aus ökonomischer Sicht keine sinnvolle Betrachtungsweise. Durch diese Methode fallen die CO_2-Bilanzen von einzelnen Produzenten deutlich günstiger aus. Die im Betrieb verwendeten Biokraftstoffe stehen jedoch dem Markt nicht mehr zur Verfügung und müssen ggf. durch fossile Energiestoffe ersetzt werden. Solange auf fossile Kraftstoffe zurückgegriffen wird, spielt es daher für die Emissionen des gesamten Energiemarktes keine Rolle, welche Energieart der einzelne Betrieb einsetzt.

Farrel et al. [2006] untersuchen sechs Studien zu Auswirkung einer steigenden Produktion von Biokraftstoffen auf CO_2-Emissionen. Die CO_2-Einsparungen schwanken je nach Studie zwischen einem Anstieg der Treibhausgasemissionen um 20 Prozent und einer Reduktion von bis zu 32 Prozent. Sensitivitätsanalysen zeigen, dass das Vorzeichen der Klimabilanz jedoch sehr sensitiv

auf die Berücksichtigung von Nebenprodukten reagiert. Unter Berücksichtigung von Nebenprodukten liegt die durchschnittliche Ersparnis von Klimagasemissionen nach Schätzungen der Autoren bei 13 Prozent. Sie kommen zu dem Fazit, dass Bioethanol unter Berücksichtigung von Nebenprodukten niedrigere Lebenszyklusemissionen als Benzin aufweist.

Die Studie von Liska et al. [2009] untersucht die Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von Mais-basiertem Bioethanol in den USA. Die Autoren errechnen ein sehr viel höheres Einsparpotential als frühere Studien. Die berechneten Einsparungen betragen in Abhängigkeit vom technischen Verfahren, das in der Bioraffinerie zum Einsatz kommt, und unter Berücksichtigung von Nebenprodukten zwischen 48 und 59 Prozent. Distickstoffmonoxide sind dabei für ein Viertel der Treibhausgas-Emissionen verantwortlich.

Chen [2010] untersucht die Emissionen von Treibhausgasen bei der Produktion von Biokraftstoffen in Abhängigkeit vom Energieträger und der Anbauregion. Seine Studie zeigt, dass der Energieträger Mais, obwohl er die Hauptquelle für Bioethanol in den USA darstellt, im Vergleich zu anderen Energieträgern wie Stroh oder Hirse eine sehr viel schlechtere Klimabilanz pro Energieeinheit aufweist.

Weitere Studien, die Biokraftstoffen das Potential zur CO_2-Reduktion zusprechen, liefern Macedo et al. [2004] für Bioethanol aus brasilianischem Zuckerrohr und die *Commission of the European Communities* [2006] für die europäische Biokraftstoffproduktion.

Für Deutschland präsentierte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2010 [BMU 2010a] Berechnungen zu vermiedenen Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2009. Danach konnten durch die Ersetzung fossiler Energieträger durch erneuerbarer Energien bei Strom, Wärme und Kraftstoffen rund 107 Mio. t CO_2 bzw. 108 Mio. t CO_2-Äquivalenten (Treibhausgase: CO_2, CH_4 und N_2O) eingespart werden. Grundlage für die Berechnung war eine Lebenszyklusanalyse ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen. Interaktionen durch den europaweiten Handel mit Emissionszertifikaten, welche die Einsparungen im Stromsektor an anderer Stelle wieder neutralisieren, werden nicht thematisiert.

III.3. Treibhausgasemissionen durch Landnutzungsänderungen

In den bisher vorgestellten Studien und Berechnungen waren Landnutzungsänderungen nicht enthalten.

Searchinger et al. [2008] zeigen jedoch, dass Emissionen durch Landnutzungsänderungen einen entscheidenden Einfluss auf die Klimabilanz haben können. Landnutzungsänderungen entstehen durch indirekte Effekte des globalen Lebensmittelmarktes und durch Preiseffekte. Mithilfe eines weltweiten Agrarmodels (GREET Modell) werden die durch Landnutzungsänderungen bedingten Treibhausgasemissionen berechnet. Die grundlegende Annahme besteht darin, dass die U.S. Mais-Ethanolherstellung im Jahr 2016 56 Milliarden Liter über dem in 2008 für 2016 prognostizierten Niveau liegen wird. Es wird gezeigt, dass dieses zusätzlich produzierte Bioethanol als Ersatz für fossile Kraftstoffe in den nächsten 30 Jahren keine Treibhausgas-Ersparnis mit sich bringt, sondern die CO_2(-Äq.)- Emissionen pro gefahrenem Kilometer fast verdoppelt. Erst nach 167 Jahren würden die Klimagas-Einsparungen durch die Nutzung von Biomasse anstelle fossiler Energieträger die zusätzlichen Klimagas-Emissionen durch Landnutzungsänderungen kompensieren. Ohne Betrachtung der entstehenden Verdrängungseffekte beliefe sich die CO_2(-Äq.)-Reduktion im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffen auf ca. 20 Prozent. Bei der Nutzung von

Biomasse aus Süßgras verhält es sich ähnlich: Isoliert betrachtet werden die Emissionen sogar um 70 Prozent im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen reduziert. Durch Verdrängungseffekte in der Landwirtschaft entstehen jedoch insgesamt 50 Prozent mehr Treibhausgase. Die Ergebnisse mit und ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1, Vergleich von Treibhausgasemissionen (CO_2-Äq.) mit und ohne Landnutzungsänderungen in den verschiedenen Produktionsstufen. Quelle: Searchinger et al. [2008]

				Net land-use effects			
Source of fuel	Making feedstock	Refining fuel	Vehicle operation (burning fuel)	Feedstock carbon uptake from atmosphere (GREET)	Land-use change	Total GHGs	% Change in net GHGs versus gasoline
Gasoline	+4	+15	+72	0	–	+92	–
Corn ethanol (GREET)	+24	+40	+71	–62	–	+74 +135 without feedstock credit	–20% +47% without feedstock credit
Corn ethanol plus land use change	+24	+40	+71	–62	+104	+177	+93%
Biomass ethanol (GREET)	+10	+9	+71	–62	–	+27	–70%
Biomass ethanol plus land use change	+10	+9	+71	–62	+111	+138	+50%

Fargione et al. [2008] zeigen, dass bei der Produktion von Biokraftstoffen das Potential zur Emissionsreduktion stark davon abhängt, wie sie produziert werden. Durch die Umwandlung von Regenwald, Moor, Savannen und Grünland in Brasilien, Südostasien und den Vereinigten Staaten entsteht bereits eine CO_2-Bilanz. Die zu Beginn bei der Umwandlung freigesetzten Treibhausgasemissionen betragen 17- bis 420-mal die jährliche Ersparnis durch die zusätzliche Produktion von Biotreibstoffen. Umgerechnet bedeutet dies, dass es 48 Jahre dauern würde, die CO_2-Schuld zu begleichen, wenn auf den neuen Anbauflächen Biomasse zur Produktion von Ethanol als Ersatz für fossile Kraftstoffe angebaut wird.

Melillo et al. [2009] zeigen in einem Simulationsmodell, dass eine steigende Nachfrage nach Biokraftstoffen die Treibhausgasemissionen durch Landnutzungseffekte steigen lassen kann. Die Emissionen aus Landnutzungseffekten fallen dabei doppelt so hoch aus wie die Emissionen aus der Produktion. Durch die steigende Verwendung von Düngemitteln wird dabei der Anstieg von Stickstoffoxid auf lange Sicht für Klimaeffekte eine größere Rolle spielen als CO_2.

Hertel et al. [2010] untersuchen Landnutzungseffekte der amerikanischen Mais-Ethanol-Produktion. Die berechneten Effekte fallen deutlich geringer aus als in den Studien von Searchinger et al. [2008] und Fargione et al.[2008]. Negative Emissionseffekte durch Landnutzungsänderung betragen nur ca. ein Viertel der Effekte, die in Searchinger et al. [2008] ermittelt wurden. Aber auch sie lassen die Lebenszyklusemissionen von Mais-Ethanol über die von Benzin steigen. Der Grund für die abweichenden Ergebnisse liegt darin, dass auch Marktnachfrage- und Preisänderungen und ihre Wirkung auf die Umwandlung von Anbaufläche modelliert werden. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass die Rodungen von Waldflächen in den USA und Kanada und Umwandlung in Getreideanbauflächen für den Maisanbau hauptsächlich für die hohen CO_2-Emissionen verantwortlich sind. Über Marktmechanismen wird dies jedoch wiederum zu einer erweiterten Waldwirtschaft in Europa und Asien und damit zu einer stärkeren Bindung von CO_2

aus der Atmosphäre durch die Aufforstung von Wäldern führen, da aus klimatischen Gründen die Waldwirtschaft in diesen Regionen wieder lukrativer wird als Getreideanbau. Auch in Afrika und Lateinamerika werden nach den Ergebnissen der Studie die Getreideflächen ansteigen. Da dies jedoch auf Kosten von Gras- und Weideland geht, deren CO_2-Speicherkapazitäten gering sind, sei dieser Effekt nicht so gravierend.

III.4. Fazit

Der Überblick über die bisherigen Studien zum Thema zeigt, dass die Treibhausgas-Emissionen durch die alternative Nutzung von Bioenergie anstelle fossiler Energieträger gesenkt werden können. Die Einsparpotentiale bei verschiedenen Energieträgern fallen jedoch sehr unterschiedlich aus und hängen stark von der Wahl der eingesetzten Energiepflanze, dem Anbauverfahren, der Anbauregion, der speziellen Produktionstechnologie und dem Alter der Produktionsanlagen ab. Eine allgemeine Quantifizierung der Einsparpotentiale ist daher aufgrund der großen Varianzen nicht sehr aussagekräftig.

Im Kraftstoffsektor fallen die Minderungseffekte durch die Nutzung von Biomasse deutlich niedriger aus als bei der Bereitstellung von Wärme und Strom. Daher liegt der Schwerpunkt der aktuellen Forschung auch auf den Emissionseinsparpotentialen von Biokraftstoffen. Diese variieren je nach Studie zwischen über 60 Prozent und minus 70 Prozent. Unter Einbeziehung von Nebenprodukten in der Lebenszyklusanalyse, aber ohne Berücksichtigung von Landnutzungsänderungen ziehen die meisten Studien das Fazit, dass auch Biodiesel und Bioethanol das Potential zu einer positiven Treibhausgasreduktion haben. Während die Treibhausgas-Bilanz für Ethanol auf Maisbasis relativ niedrig ausfällt (in den meisten Studien zwischen 10 und 24 Prozent Ersparnis, in einer Studie bis zu 59 Prozent) bestehen in einigen Szenarien langfristig substantielle Einsparpotentiale durch die Verwendung von Zellulose (bis zu 70 Prozent Ersparnis) und brasilianischem Zuckerrohr (bis zu 86 Prozent Ersparnis) [vgl. Searchinger et al. 2008].

Wenn jedoch Landnutzungsänderungen durch steigende Nachfrage und Preiseffekte zusätzlich berücksichtigt und modelliert werden, sieht die Bilanz weniger günstig aus. Die vorgestellten Studien weisen in diesem Fall eine negative (bis -70 Prozent) CO_2-Bilanz von Biokraftstoff im Vergleich zu herkömmlichen fossilen Kraftstoffen aus. Die positiven Effekte der Bioenergienutzung können in den Simulationen kurzfristig, das heißt innerhalb der nächsten Jahrzehnte, die eintretenden negativen Effekte der Landnutzungsänderungen nicht kompensieren.

Bioenergie, die hingegen aus Abfall-Biomasse produziert wird, hat keinen Einfluss auf Landnutzung und kann daher deutlich einfacher zu einer Emissionsreduktion beitragen. Die geschätzten Minderungspotentiale bei Ethanol aus Abfall-Cellulose liegen bei 29 bis 86 Prozent [vgl. Shi et al 2009]. Ähnliches gilt für Biomasse, die auf bisher brachliegenden Feldern wächst bzw. Landflächen nutzt, die zurzeit nur wenig CO_2 binden. Die optimale Nutzung der Potentiale von biogenen Reststoffen und Energiepflanzen können daher einen nicht unerheblichen Beitrag zur Treibhausgasminderung beitragen.

IV.) Politische Förderung der Bioenergienutzung

IV.1. Ziele und Instrumente der Energiepolitik

IV.1.1) Energiepolitische Ziele

Die Förderung der Biomassenutzung fällt eindeutig in den Bereich der Energiepolitik[22], und muss sich daher an den drei klassischen energiepolitischen Zielen der Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltverträglichkeit messen lassen. In einer etwas tieferen Gliederung können die folgenden Aspekte unter die drei energiepolitischen Leitziele gefasst werden:

Die *Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung* meint in erster Linie die bezahlbare Bereitstellung von Nutzenergie für Haushalte und Gewerbe. Das Ziel ist es, durch einen funktionierenden Wettbewerb die Energieressourcen effizient zu nutzen und durch effiziente Preise allen gesellschaftlichen Gruppen eine angemessene Energieversorgung zur Verfügung zu stellen. Zur Wirtschaftlichkeit kann man im erweiterten Sinne auch die Wettbewerbsfähigkeit der Energieversorgung eines Landes, die ökonomische Nachhaltigkeit sowie soziale Aspekte u.a. im Hinblick auf die zukünftige Nutzbarkeit von Ressourcen und Infrastruktur zählen.

Die *Sicherheit der Energieversorgung* meint sowohl Versorgungssicherheit im Sinne eine kontinuierlichem und unterbrechungsfreien Versorgung mit Nutzenergie, als auch die Sicherheit der Anlagen im Hinblick auf Unfälle und Katastrophen innerhalb des Energiesystems.

Die *Umweltverträglichkeit* bezieht sich im weitesten Sinne auf die externen Effekte der Energieversorgung, die u.a. durch die Emission von Treibhausgasen, Luftschadstoffen, Lärm und Strahlung entstehen, deren Kosten jedoch nicht bei den Verursachern selbst anfallen, sofern dies nicht durch spezielle Regelungen korrigiert wird (staatliche oder privatrechtliche Institutionen welche eine Internalisierung bewirken). Auch die Risiken schwerwiegender Unfälle wie zum Beispiel eine Reaktorkatastrophe kann unter dem Aspekt der Sicherheit ebenso wie der Umweltverträglichkeit thematisiert werden.

Die energetische Nutzung von Biomasse fällt in den Bereich der staatlichen Förderung erneuerbarer Energien, und oft wird in diesem Zusammenhang auch auf den Aspekt der Innovationsförderung verwiesen. Dahinter steht die Position, dass mit der Förderung erneuerbarer Energien eine wettbewerbsfähige Hochtechnologiebranche etabliert wird, mit zukünftigen Chancen im Export und damit positiven Beschäftigungseffekten für die heimische Wirtschaft. Die gesamtwirtschaftlichen Effekte der Erneuerbaren-Förderung sind jedoch nur schwer abzuschätzen und gerade der Beschäftigungseffekt der Erneuerbaren-Förderung bleibt umstritten. Die entsprechende Diskussion wird an dieser Stelle nicht wiederholt. Interessanterweise wird auch im Energiekonzept der Bundesregierung mit Blick auf die Nutzung von Bioenergie der gesamtwirtschaftliche Effekt nicht

[22] Wie stets im Bereich der Energiepolitik gibt es natürlich Verschränkungen mit der Umwelt- und Wirtschaftspolitik, zum Beispiel Klimaschutz-, Landschaftsschutz/Raumordnungs-, Industrie-, Landwirtschafts- und Verbraucherschutzpolitik. Entsprechende Aspekte finden sich in den drei energiepolitischen Zielen wieder.

thematisiert[23]. Die Bewertung der Förderungsmaßnahmen bleibt in diesem Gutachten daher auf die genannten Dimensionen beschränkt.

IV.1.2) Gründe für Maßnahmen zur Förderung der Bioenergienutzung

Eine Förderungsmaßnahme stellt einen staatlichen Eingriff dar, welcher nur gerechtfertigt ist, wenn dadurch das Marktergebnis im Hinblick auf die in Abschnitt IV.1.1. genannten Ziele verbessert wird.

Im Fall der Bioenergienutzung wird meist die Einsparung von CO_2-Emissionen genannt, welche anderenfalls durch den Einsatz fossiler Brennstoffe entstanden wären. Die Argumentation zielt damit auf eine Internalisierung der externen Kosten in Form von Klimaveränderungen durch Treibhausgase ab. Unter dem Gesichtspunkt der Regulierungseffizienz sind hierbei zwei kritische Punkte zu vermerken: Einerseits ist, wie bereits erläutert, die Einsparung von Treibhausgasen durch den Einsatz von Bioenergie stark abhängig vom jeweils gewählten Energieträger und den Verschiebungen, die dadurch in den vorgelagerten Märkten für die Landnutzung stattfinden. Andererseits ist zu berücksichtigen, dass bereits durch andere Politikinstrumente eine Bepreisung von Klimaschäden stattfindet, beispielsweise durch den Handel von CO_2-Zertifikaten, welcher für den gesamten Stromsektor verpflichtend ist und die absolute Menge an Emissionen vorgibt. Eine zusätzliche Förderung von Bioenergie in diesem Sektor erzielt also keinerlei unmittelbaren Zusatznutzen in Bezug auf den Klimaschutz. Auch ohne Regulierungsüberlagerung ist der finanzielle Aufwand für die Einsparung von Emissionen zu berücksichtigen. Sollten durch andere Maßnahmen als die Förderung der Bioenergienutzung Emissionen effizienter eingespart werden, so entfällt damit die klimapolitische Legitimation einer speziellen Förderung in diesem Bereich.

Ein weiterer genannter Grund für den Einsatz von Bioenergie ist die Stärkung der Versorgungssicherheit mit Brennstoffen. Insbesondere in den USA wird der Einsatz von Biokraftstoffen als eine Möglichkeit gesehen, sich von Ölimporten unabhängiger zu machen. Wie im ersten Teil dieses Gutachtens gezeigt, ist jedoch bei einem weiteren Ausbau der Ethanolproduktion von einer Ankoppelung der Preise für Erdöl und für Agrarrohstoffe auszugehen. Damit wäre die Preisunsicherheit im Rohölmarkt auch in den Märkten für Biokraftstoffe wieder zu finden. In Bezug auf Deutschland ist festzustellen, dass der Einsatz von Palmöl zur Herstellung von Biodiesel oder die Beimischung von Ethanol aus Zuckerrohr die strukturelle Importabhängigkeit bei flüssigen Brennstoffen nicht ändern würde. Nur eine gewisse Diversifizierung der Importstruktur wäre damit möglich. Für die heimische Produktion ist, bei einer gleichzeitigen Öffnung der europäischen Agrarmärkte, ebenso wie in den USA mit einer Ankoppelung der Agrarpreise an die Rohölpreise zu rechnen. Ein weiterer Zuwachs der energetischen Nutzung von Nahrungsmitteln würde somit auch die Preissicherheit der Energieversorgung nicht relevant verbessern. Einen Ausweg böten hier nur Bioenergieträger mit geringer Nutzungskonkurrenz wie beispielsweise Restholz, Biogas aus Gülle oder Biokraftstoffe der zweiten oder dritten Generation.

Inwieweit die Förderung der Bioenergienutzung sich folglich aus den oben genannten Zielen heraus legitimieren lässt, ist stark abhängig von den Folgen und Begleitumständen der Produktion der verwendeten Energieträger. Die folgenden Abschnitte befassen sich eingehend mit der Instrumentenwahl im Bereich der Energiepolitik.

[23] vgl. BMU/BMWi 2010, S. 10

IV.1.3) Instrumente in der Energie- und Klimapolitik

Die Operationalisierung politischer Ziele erfolgt üblicherweise über Regulierungsinstrumente, welche die Marktergebnisse im Sinne einer besseren Zielerreichung verändern sollen. Ziel einer umweltpolitisch motivierten Marktregulierung[24] in Form von Gesetzen und Direktiven ist meist die Internalisierung von Externalitäten, also externen Kosten, Nutzen oder Risiken, die durch den Markt nicht abgebildet werden. Entsprechend werden durch umweltpolitische Regulierung vor allem Verhaltensänderungen der beteiligten Akteure angestrebt, welche über die folgenden Kanäle vermittelt werden können:

- Durch Informationen oder politische Kommunikation werden Akteure überzeugt, ihr Verhalten zu ändern.
- Die Veränderungen werden per gesetzlicher Regelung erzwungen.
- Ökonomische Anreize werden gesetzt, das heißt durch Regulierung erhalten Akteure die Möglichkeit, wirtschaftliche Vorteile durch eine Veränderung ihres Verhaltens zu erzielen.

In der nationalen und internationalen Energiepolitik existieren verschiedene Instrumente zur Umsetzung von klima- und energiepolitischen Zielen. Neben flexiblen, marktwirtschaftlichen Instrumenten wie etwa Zertifikatelösungen zählen ordnungsrechtliche Instrumente, Steuern und Abgaben sowie sogenannte freiwillige Selbstverpflichtungen zu dieser Gruppe. Die folgende Übersicht liefert eine allgemeine Klassifizierung.

Ordnungsrechtliche Instrumente sind zum Beispiel Gebote und Verbote, die häufig zur unmittelbaren Vermeidung von Umweltbeeinträchtigung und zur Abwehr von Gefahren genutzt werden. Sie lassen je nach Ausgestaltung den einzelnen Akteuren nur eingeschränkte technische Optionen zur Umsetzung. Zu den ordnungsrechtlichen Instrumenten gehören auch *Quotenregelungen (Renewable Portfolio Standards (RPS)),* die festlegen, dass erneuerbare Energien einen festgelegten (Minimal)-Prozentsatz der Energieerzeugung ausmachen müssen.

Steuern und Abgaben und damit verbundene *Steuersubventionen* versehen die Energienutzung mit Preisen, an denen Energieproduzenten ihre Entscheidungen über mögliche Investitionen flexibel ausrichten können. Die ökologische Wirkung einer Steuer bzw. einer Abgabe ist jedoch nur schwer kalkulierbar. Gründe dafür sind Informationsdefizite über Vermeidungskosten und wechselnde wirtschaftliche Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Wechselkurse und Wachstumsraten. Dies macht ggf. ein Nachjustieren der Steuer bzw. Abgabensätze notwendig. Beispiele im Verkehrsbereich sind die Öko-Steuer und die bis 2005 existierenden Steuersubventionen für Biokraftstoffe.

Auch direkte *Subventionen von Investitionen* auf Seiten der Nachfrage oder des Angebots in Energiemärkten sind möglich. Energieerzeugung und Verbrauch sind stets sehr kapitalintensiv. Einmal getätigte Investitionen binden oft die Struktur von Erzeugung und Verbrauch über mehre-

[24] Nicht als Gegensatz solcher Regulierung ist die Deregulierung zu sehen, wie sie Ende der neunziger Jahre für die Energiemärkte vorgenommen wurde. Bei dieser Deregulierung ging es um die Öffnung von Märkten und den Abbau von staatlichen Wettbewerbsbeschränkungen, welche vorher durch die Existenz lokaler Monopole für weitere Marktteilnehmer unzugänglich waren. Durch die Deregulierung erlaubt der Staat anderen Energieanbietern den Zugang zum Markt. Das Ziel der Deregulierung besteht darin, Wettbewerb in den Markt einzuführen, wirtschaftliche Entscheidungen schneller zu realisieren, Anreize für Innovationen zu setzen und den Preis für die Konsumenten zu senken.

re Jahre oder Jahrzehnte. Direkte öffentliche Subventionen können einen strukturellen Wandel beschleunigen, indem Sie die Investitionskosten für die einzelnen Akteure herabsetzen. Entsprechende Maßnahmen sind meist sehr teuer und laufen Gefahr, Mitnahmeeffekte zu produzieren, also Eigeninvestitionen zu subventionieren, die auch ohne die Maßnahme in Kürze durchgeführt worden wären. Beispiele sind die Abwrackprämie („Umweltprämie") im Verkehrsbereich und Zuschüsse und Fördergelder beim Bau von speziellen Biomasseanlagen im Energiebereich.

Der Staat hat die Möglichkeit, durch *Preisregulierung* in die Märkte einzugreifen und den Produzenten fixierte *Einspeisetarife* („*feed-in tariff*"), oder Einspeiseprämien(„*fixed price premium*") für die Einspeisung von Strom oder Gas aus erneuerbaren Energien zu garantieren. Dem Produzenten wird garantiert, dass der Strom vom örtlichen Netzanbieter zu einem vorgegebenen Preis, oder mit einem vorgegebenen Preiszuschlag abgenommen wird. In der Regel liegen die garantierten Preise deutlich über den jeweiligen Marktpreisen für Strom oder Gas. Die Preise sind meist für die nächsten Jahre vorgegeben, um den Stromerzeuger eine gewisse Planungssicherheit zu geben und Investitionen in erneuerbare Energie zu fördern. Ein Beispiel dazu sind die Regelungen im Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG).

Freiwillige Selbstverpflichtungen können aufgrund ihrer rechtlichen Unverbindlichkeit eine vorgegebene ökologische Zielgröße nicht garantieren und sind in der Vergangenheit zum Beispiel bei der Selbstverpflichtung der europäischen Automobilindustrie zur Reduktion von CO_2-Emissionen bei Neuwagen gescheitert.

Eine *Zertifikatelösung* setzt eine Menge als fixe Unter- oder Obergrenze, welche erreicht werden muss. Die Verpflichtung zur Erreichung dieser Menge wird in Zertifikate aufgeteilt und gehandelt, sodass den Teilnehmern am Handel überlassen wird, wie und wo die Zielerreichung genau stattfindet. Ein Vorteil von flexiblen Instrumenten ist ihre Innovationsfreundlichkeit. Jede Maßnahme, die zu geringeren Kosten als dem geltenden Zertifikatepreis bzw. dem Steuersatz erzielt werden kann, stellt eine Kostenreduktionsmöglichkeit für die Betroffenen dar. Aus diesem Grund entsteht ein dynamischer Anreiz, nach neuen kostengünstigen Reduktionsmöglichkeiten zu suchen.

IV.2. Internationale Bioenergieförderung

IV.2.1) Überblick

Im Zuge der Ölkrisen in den 1970ern wurden in vielen Ländern Politikmaßnahmen beschlossen, die durch Förderung erneuerbarer Energien eine stärkere Unabhängigkeit vom Öl und damit eine verbesserte Versorgungssicherheit zum Ziel hatten. Heute gibt es weltweit in 85 Ländern politische Zielsetzungen, die den Ausbau erneuerbarer Energien enthalten, und in 83 Länder konkrete Politikmaßnahmen, die die Erzeugung erneuerbarer Energien fördern[vgl. REN21 2010]. Die genauen Zielvorgaben und die Ausgestaltung der Förderprogramme und Politikmaßnahmen variieren in den Ländern zum Teil erheblich und beruhen auf unterschiedlichen geographischen und klimatischen Gegebenheiten, der Struktur der Energieversorgungssysteme, der Entwicklung des forst- und landwirtschaftlichen Sektors und den politischen Prioritäten in Bezug auf diese Sektoren. Während zum Beispiel in Schweden, einem Land mit stark entwickeltem forstwirtschaftlichen Sektor, die Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung durch ein System verschiedener Mehrwert-, Energie- und CO_2-Steuern sowie Industriesubventionen intensiv gefördert wird und der Anteil am Gesamtenergieangebot entsprechend schnell wächst, gibt es in Frank-

reich, dessen Stromerzeugung zu einem großen Teil auf Atomenergie basiert, kaum attraktive Förderungsmöglichkeiten [vgl. Manomet 2010].

Zu den häufigsten politischen Fördermaßnahmen zählen Einspeisetarife („feed-in tariffs“) für Strom- und Gaserzeugnisse aus erneuerbaren Energien. Im Jahr 2010 existierten solche Regelungen in mehr als 50 Ländern und 25 Provinzen/Bundesstaaten. Quotenregelungen („Renewable portfolio standards (RPS)“) wurden weltweit von zehn Staaten und 46 Provinzen/Bundesstaaten eingeführt. Die Quoten für erneuerbare Energien variieren in den meisten Ländern zwischen fünf und 20 Prozent und sehen Steigerungen bis 2020 und darüber hinaus vor. Finanzielle Förderungen in Form von direkten Zuschüssen, Subventionen oder staatlichen Investitionen wurden in mindestens 45 Ländern bereitgestellt. Steuererleichterungen, Steuerbefreiungen, Zollbestimmungen und Formen von steuerlichen Anreizen sind auch in vielen Staaten zu finden. In zehn Ländern und in 43 US-Bundesstaaten existieren darüber hinaus „Net Metering“-Gesetze, die den Stromversorger verpflichten, Strom aus erneuerbaren Energien einzuspeisen [vgl. REN21 2010].

IV.2.2) Biokraftstoffe

Gängige Politikinstrumente in Hinblick auf die Förderung von Biokraftstoffen sind neben Steuersubventionen für Biokraftstoffe, Subventionen und finanzielle Förderung der Biokraftstoffindustrie und Quotenregelungen.

Quoten für Biokraftstoffe im Straßentransportbereich gibt es mittlerweile in 24 Staaten auf nationaler Ebene und in 41 Provinzen/Bundesstaaten. Die meisten Quotenregelungen sehen eine Beimischung von Ethanol von 10 bis 15 Prozent in Benzin und bei Diesel eine Beimischung von 2 bis 5 Prozent Biodiesel vor. Beimischungsregelungen gibt es unter anderem in 13 indischen Bundestaaten/Territorien, 9 chinesischen Provinzen, 9 US-amerikanischen Bundesstaaten und 5 kanadischen Provinzen.

Zusätzlich gibt es in vielen Staaten bzw. Staatengemeinschaften wie zum Beispiel den USA und der EU generelle politische Vorgaben bzw. Ziele, die den Gesamtanteil von Biokraftstoffen am Kraftstoffverbrauch in der Zukunft betreffen, und die durch entsprechende politische Maßnahmen, aber auch durch Selbstverpflichtungen der Industrie erreicht werden sollen [vgl. REN21 2010].

Die USA sind der weltweit größte Produzent von Ethanol-Kraftstoffen. Im Jahr 2009 wurden in den USA mehr als 40 Milliarden Liter produziert. Der zweitgrößte Produzent ist Brasilien mit einer Produktion von knapp 25 Milliarden Liter in 2009, gefolgt von der Europäischen Union mit knapp 2,9 Milliarden Liter.

Fast 50 Prozent der weltweiten Biodieselproduktion findet in der Europäischen Union statt. Deutschland ist dabei der weltgrößte Produzent von Biodiesel mit einem Produktionsvolumen von knapp 2,9 Milliarden Liter im Jahr 2009. Nach der Europäischen Union mit einer Gesamtproduktion von 8,7 Milliarden Liter sind die größten Produzenten die USA mit knapp 2,1 Milliarden Liter und Brasilien mit 1,5 Milliarden Liter. [Biofuels Platform 2010]

Förderung in den USA

In den Vereinigten Staaten wurde als Folge der Ölkrise von 1973 und den hohen Ölpreisen 1978 der **Energy Tax Act (1978)** verabschiedet, der Steuererleichterungen für Treibstoffmischungen mit Bioethanol erlaubte. Eine US-Gallone E10 wurde durch die Reduktion der bundesweiten Ver-

brauchsteuer (Fereal Gasoline Exercise Tax) mit vier Cent subventioniert. Dies entsprach einer Subvention von 40 Cent pro Gallone reinen Bioethanols. Die Höhe der Subventionen variierte im Laufe der Jahre und wird heute durch den **Volumetric Ethanol Excise Tax Credit (VEETC)** geregelt. Im Jahr 1982 wurde sie auf 50 Cents und 1984 auf 60 Cent pro Gallone erhöht, um die durch niedrigen Rohölpreise wirtschaftlich unter Druck gesetzten Ethanol-Produzenten zu unterstützen. Im Jahr 2010 lag die Subventionierung bei 45 Cent pro Gallone reinen Ethanols, das Normalbenzin beigemischt wird. Die Subventionen für Ethanol sind unabhängig von der Herkunft des Ethanols und werden innerhalb der Produktionskette dem Vertriebsunternehmen ausbezahlt, das den Biokraftstoff beimischt.

Zusätzlich haben viele Staaten seit den 1970er Jahren die Bioethanol-Herstellung politisch und finanziell unterstützt. Im Staat Kalifornien gibt es alleine mehr als 25 Gesetze und Regulierungsvorschriften zur Nutzung von Biokraftstoffen und fast 30 verschiedene Anreizprogramme mit Beihilfen und Steuererleichterungen [vgl. Josling et al. 2010].

Unter dem **Energy Security Act (1980)** wurden versicherte Darlehen mit einem Volumen von bis zu einer Million USD an Ethanol-Produzenten mit einer Produktionskapazität von weniger als einer Million US-Gallonen pro Jahr vergeben. Außerdem wurden Zölle für Importe festgesetzt, um inländisch produziertes Ethanol vor den billigeren Importen aus zum Beispiel Brasilien zu schützen. Aktuell ist durch den **VEETC** eine Zollgebühr von 54 Cent für jede importierte Gallone Ethanol festgelegt.

Der **Clean Air Act Amendments (1990)** trat erst 1995 in Kraft und verlangt eine Verbesserung der Luftqualität in Großstädten und Ballungszentren durch Nutzung von Kraftstoffen mit veränderter Zusammensetzung, den so genannten „reformulated gasoline“ (RFG). Die Vorgaben sehen unter anderem einen Mindestgehalt an Sauerstoff und das Verbot von Blei und Schwermetallen vor. Ethanol and MTBE (Methyl Tert-Butyl Äther) sind die beiden am häufigsten beigemischten Komponenten, die die Erfüllung der Anforderungen des erhöhten Sauerstoffgehalts garantieren und so die Luftqualität verbessern können.

Unter dem **Farm Security and Rural Investment Act (2002), Farm Bill** genannt, wurden unter anderem Fördergelder und Kreditbürgschaften für erneuerbare Energien und Energieeffizienzprojekte vergeben. Dafür stellte der Kongress fast 23 Millionen USD für die Jahre 2003 bis 2006 zur Verfügung. Die Gelder waren unter anderem für Kredite zum Ausbau von Bioraffinerien und Biodiesel-Informationsprogrammen bestimmt.

Um Biodiesel wettbewerbsfähig zu machen, wurden im **American Jobs Creation Act (2004)** Steuersubventionen von einem US-Dollar pro Gallone Biodiesel aus ölhaltigen Pflanzen oder Tierfetten beschlossen. Biodiesel aus recycelten Fetten und Ölen wird mit 50 Cent gefördert.

Der **Energy Policy Act (2005)** unterstützt die erweiterte Nutzung von erneuerbaren Energien im Verkehr, indem er „Renewable Fuel Standards“ festlegt, das heißt jährliche Minimalquoten für Biokraftstoffe im Straßentransportbereich. Im Jahr 2006 sollten die Kraftstoffe mindestens vier Milliarden Gallonen Biokraftstoffe beinhalten. In den Folgejahren steigt der vorgegebene Anteil jedes Jahr um 700 Millionen Gallonen bis zu einem Niveau von 7,5 Milliarden Gallonen im Jahr 2010.

Der Policy Act beinhaltet außerdem das ” Department of Energy Loan Guarantee Program”, ein Kreditbürgschaftsprogramm, dessen Aufgabe die Förderung neuer fortschrittlicher Technologien

zur Energiegewinnung ist. Hierzu zählt unter anderem die Herstellung von Biokraftstoffen aus Cellulose und integrierte Bioraffinerien.

Die Subventionierung von Biodiesel, wie sie im American Jobs Creation Act von 2004 beschlossen wurde, wird weitergeführt und auf zusätzliche Formen von Biodiesel ausgeweitet. Fünf Millionen USD werden bis 2010 pro Jahr der Automobilindustrie zur Verfügung gestellt, um die Nutzung und Eigenschaften unterschiedlicher Biodieselsorten in Motoren und Einspritzanlagen zu untersuchen.

2007 wurde der so genannte **Biofuel Plan** von der Regierung unter George W. Bush verabschiedet. Er sieht vor, den amerikanischen Kraftstoffverbrauch in zehn Jahren um 20 Prozent zu reduzieren und die Produktion von Biokraftstoffen bis 2022 zu verfünffachen. Bis 2017 sollen 15 Prozent des amerikanischen Kraftstoffverbrauchs durch alternative Kraftstoffe wie Mais-Ethanol, Ethanol aus Zellulose, Biodiesel, Methanol, Butanol und Wasserstoff gedeckt werden. Sein Nachfolger Barack Obama führt den Plan weiter.

Im **Energy Independence and Security Act (2007)** wurden die jährlichen Minimalquoten für Biokraftstoffe im Straßentransportbereich noch einmal neu festgelegt. Die Quoten sollen von 9 Milliarden Gallonen (ca. 34 Mrd. Liter) im Jahr 2008 schrittweise auf 36 Milliarden US-Gallonen (ca.136 Mrd. Liter) im Jahr 2020 ansteigen. Es wird dabei zwischen konventionellen (zum Beispiel aus Mais produzierten) und fortgeschrittenen Biokraftstoffen (z. B. aus Zuckerrohr oder Zellulose) unterschieden, für die noch einmal separate Quoten festgelegt wurden. Im Jahr 2008 übertraf die Biokraftstoffnachfrage auf Grund des hohen Ölpreises die vorgegebene Quote. Es wird angenommen, dass in Zukunft die vorgegebenen Quoten ohne Importe nicht erreicht werden können.

Das **Volumetric Ethanol Excise Tax Credit (VEETC)** wurde 2011 verlängert. Für konventionell hergestelltes Ethanol wird eine Steuersubventionen von 45 Cent pro Gallone gezahlt. Für Ethanol, das aus Zellulose hergestellt wird, liegt die Steuersubvention bei 1,01 USD pro Gallone. Kleinere Unternehmen, die nicht mehr als 60 Millionen Gallonen jährlich produzieren, bekommen für die ersten 15 Millionen produzierten Gallonen einen Subventionszuschlag von 10 Cent. Alternative Kraftstoffe und Kraftstoffmischungen werden mit 50 Cent pro Gallone gefördert und Käufer von Fahrzeugen, die alternative Kraftstoffe tanken können, erhalten im Jahr 2011 eine Steuerreduktion von 30 Prozent auf die Investitionssteuer.

Von 2002 bis 2008 hat die U.S. Regierung insgesamt ca. 29 Milliarden USD für die staatliche Unterstützung von erneuerbaren Energien (vor allem für die Biokraftstoff- und Elektrizitätsgewinnung) ausgegeben. Im Vergleich dazu wurden in diesem Zeitraum 72 Milliarden für die Unterstützung fossiler Kraftstoffe verwendet. Kraftstoffe aus maisbasierter Ethanol-Herstellung erhielten die Hälfte der Subventionen (16 Milliarden USD). Davon wurden elf Milliarden durch das Volumetric Ethanol Excise Tax Credit Program (VEETC) und 5 Milliarden durch Beihilfen und Förderprojekt für die maisbasierte Ethanol-Herstellung ausgegeben [vgl. Manomet 2010].

Förderung in Brasilien

Nach dem Ölpreisschock 1973 rief die brasilianische Regierung Mitte der 1970er Jahre das **„PRÓ-ÁLCOOL“ (Programa Nacional do Álcool) Programm** mit der Zielsetzung ins Leben, die Abhängigkeit des Landes von Ölimporten zu reduzieren und die einheimische Zuckerrohrwirtschaft zu unterstützen. Damit war Brasilien das erste Land mit einem breit angelegten politischen Programm zur Nutzung von erneuerbaren Energien im Straßenverkehr.

Zur Umsetzung des Programms wurden der Ethanolindustrie staatliche Kredite mit niedrigen Zinsen zur Verfügung gestellt. Das staatliche Mineralölunternehmen Petrobras mit Monopolstellung in Brasilien wurde für die Markteinführung von ethanolhaltigen Treibstoffe eingesetzt. Es musste staatlich vorgegebene Quoten Bioethanol von den Produzenten abnehmen und dem normalen Kraftstoff beimischen. Autohersteller wurden angehalten, Fahrzeuge zu bauen, die Bioethanol-Beimischungen vertragen oder auf Basis von reinem Äthylalkohol betrieben werden können, welcher aus Zuckerrohr gewonnen wird. Um Bioethanol konkurrenzfähig zu machen, wurden Subventionen eingeführt, die dafür sorgten, dass die Preise für Bioethanol deutlich unter den staatlich vorgegebenen Preisen für fossile Kraftstoffe lagen.

Ende der 1980er Jahre geriet das PRÓ-ÁLCOOL Programm in die Krise. Durch niedrige Rohölpreise und die Abwertung des Reals, bedingt durch eine hohe Inflation, sank der Preis für fossile Kraftstoffe. Gleichzeitig stieg der Weltmarktpreis für Zuckerrohr, während der einheimische Bioethanol-Preis weiterhin staatlich reguliert wurde und daher stagnierte. Dies hatte zur Folge, dass brasilianischen Zuckerrohrexporte stark zunahmen und die brasilianische Bioethanol-Produktion die stark angestiegene inländische Nachfrage nicht mehr decken konnte. Aufgrund der daraus folgenden hohen Kosten senkte der brasilianische Staat die Subventionen für Bioethanol und liberalisierte seine Preispolitik. Die Nachfrage nach Fahrzeugen auf reiner Alkoholbasis brach daraufhin ein. Ende der 1990er wurden die Subventionen für Bioethanol komplett eingestellt.

Die aktuelle Politik sieht die Beimischung von Ethanol und Biodiesel zu allen Kraftstoffen vor. Für Biodiesel, das in Brasilien nicht in nennenswerten Mengen produziert wird, gilt eine Beimischungsregel von 5 Prozent. Die Beimischungsregel für Bioethanol ist keine Minimum-Regel wie in Europa, die die minimale Beimischungsquote von Bioethanol festlegt, sondern ist in ihrer vorgegebenen Höhe verbindlich. In der Vergangenheit schwankte der vorgegebene Beimischungssatz zwischen 10 und 25 Prozent und wurde zum Teil mehrmals in einem Jahr neu festgelegt. Der Beimischungssatz wird dabei variabel in Abhängigkeit vom Ertrag der Zuckerrohrernte und damit vom Ethanolangebot und vom aktuellen Preis für Bioethanol festgelegt. Im Jahr 2003 wurde der Korridor, in dem sich der Beimischungssatz bewegen darf, auf 20 bis 25 Prozent festgelegt. Im April 2011 wurde jedoch kurzfristig der Beimischungssatz auf 18 Prozent abgesenkt, da das inländische Bioethanolangebot die Nachfrage nicht mehr decken konnte und sogar Importe aus den USA benötigt wurden.

Alle Tankstellen sind zusätzlich dazu verpflichtet, E25 und reines Ethanol, E100, zu verkaufen, das auch von der stetig wachsenden Flotte der so genannten „flexfuel“-Fahrzeugen, die sowohl mit Benzin als auch mit Alkohol betrieben werden können, getankt werden kann.

Es gibt außerdem viele unterstützende Politikmaßnahmen, wie z.B Kredite und Subventionen für Hersteller und Steuererleichterung für Fahrzeughalter.

Heute ist Brasilien nach den USA weltweit der zweitgrößte Produzent von Bioethanol und der größte Exporteur.

IV.2.3) Feste Biomasse

Zur festen Biomasse zählen fossile und organische, feste Brennstoffe, die entweder als Rückstände, Abfälle und Nebenprodukte in der Land- und Forstwirtschaft und der Industrie anfallen oder durch speziell angebaute Energiepflanzen erzeugt werden. Feste Biomasse kann energe-

tisch zum Teil durch vorgeschaltete Umwandlungsprozesse zur Strom- und Wärmeerzeugung genutzt werden.

Anlagen zur Gewinnung von Strom aus Biomasse existieren in über 50 Ländern der Erde. Im Jahr 2007 waren die USA das Land, welches mit 42 Terrawatt-Stunden (TWh) die größte Produktion von Strom aus fester Biomasse innerhalb der OECD aufweisen konnte. Der zweitgrößte Produzent innerhalb der OECD-Länder war Japan mit 16 TWh, gefolgt von Deutschland mit 10 TWh. Obwohl der amerikanische Markt Ende 2009 nicht so weit entwickelt war wie der europäische, waren die USA mit ca. 8,5 GW Höchstlast weiterhin das Land mit den höchsten Kapazitäten weltweit. In Europa gab es Anfang 2010 800 Kraftwerke mit Befeuerung aus fester Biomasse mit einer geschätzten Kapazität von 7 GW. [vgl. REN21 2010].

Förderung in den USA

Die amerikanischen Förderungsansätze für Biomasse sind sehr vielfältig. Der Schwerpunkt der meisten Programme liegt auf der Stromgewinnung und nicht auf der Nutzung von Biomasse zur Wärmeerzeugung. Im Rahmen der Förderungsansätze gibt es keinen oder wenig Bezug zu Effizienzanforderungen, nachhaltiger Waldwirtschaft oder Klimagasvermeidung. [vgl. Manomet 2010].

Die vier wichtigsten Anreizmechanismen bei der Elektrizitätsgewinnung sind:

Renewable Electricity Production Tax Credit (PTC): Hierbei handelt es sich um Subventionen auf Bundesebene zur Förderung von Elektrizitätsgewinnung aus Windenergie, Solarsystemen, Geothermik und Biomasse. Der Produzent erhält 0,011 USD Subventionen beim Stromverkauf, wenn der Strom unter Verwendung von angebauten Energiepflanzen („open-loop“) erzeugt wird. Die Subventionen bei der Verwendung von Abfallprodukten („closed loop“) fallen niedriger aus.

Business Energy Investment Tax Credit (ITC): Dieses Programm zahlt Zuschüsse zu Ausgaben für Investitionen zur Energiegewinnung durch erneuerbare Energien wie zum Beispiel Solar oder Biomassekraftwerken mit Kraft-Wärme Kopplung.

Modified Accelerated Cost Recovery System (MACRS): Im Rahmen dieses Abschreibungssystems können Ausgaben für Investitionen in erneuerbare Energien wie zum Beispiel Biomassekraftwerke bereits innerhalb von fünf oder weniger Jahren steuerlich abgeschrieben werden.

Clean Renewable Energy Bond Program: Dies ist ein Alternativprogramm zum PTC, das nicht nur von privaten Stromerzeugern, sondern auch von öffentlichen Unternehmen und Stromversorgern genutzt werden kann. Die Bonds stellen eine Art Kredit dar, der für den Ausbau und die Installierung von Biogasanlagen genutzt werden kann. Der Kreditgeber erhält anstelle von Zinszahlungen Steuergutschriften vom Staat.

Zwischen 2002 und 2008 wurden aus diesen Programmen für die Elektrizitätsgewinnung aus Erneuerbaren Energien ca. sechs Milliarden USD gezahlt. Davon entfielen fünf Milliarden USD auf den PTC, 250 Millionen USD auf den ITC, 200 Millionen USD auf MACRS und 885 Millionen USD auf Clean Renewable Energy Bond Program.

Der Anteil der Zuschüsse und Subventionen, die den Biomasse-Anlagen aus diesen Maßnahmen zuflossen, war relativ gering. Nach Schätzungen der U.S. Energy Information Administration (EIA)

bekamen Biomasse-Anlagen-Betreiber (open-loop) im Jahr 2007 lediglich vier Millionen durch PTC. Im Vergleich dazu wurden 600 Millionen USD an Windkraftwerksbesitzer gezahlt.

Neben dem PTC werden in den letzten Jahren die meisten Zuschüsse (500 Millionen USD) zur Stromerzeugung aus Biomasse durch das **Biomass Crop Assistance Program (BCAP)** gezahlt, das im Rahmen der Farm Bill (2008) eingesetzt wurde. Land- und Forstwirte werden dabei finanziell unterstützt, auf Anbaupflanzen für Biomasse-Kraftwerke umzusteigen. Sie können dabei bis zu 75 Prozent der Kosten für neue Anbaupflanzen erstattet bekommen und erhalten einen finanziellen Zuschuss von bis zu 45 USD pro Tonne Biomasse. Vor allem die Holzindustrie hat von diesem Programm profitiert [vgl. Manomet 2010].

IV.2.4) Biogas

Biogas kann zur Wärmeerzeugung, zur Elektrizitätsgewinnung, bei der kombinierten Kraft-Wärme Kopplung, für die Einspeisung ins Erdgasnetz und als Kraftstoff im Transport verwendet werden. Daher gibt es eine Vielzahl von politischen Maßnahmen, die direkt oder indirekt die Nutzung und Bereitstellung von Biogas fördern. Deutschland war 2009 einer der weltgrößten Produzenten von durch Biogas generiertem Strom, gemeinsam mit den USA und gefolgt von Großbritannien. (Für China weist die IEA bisher für 2009 keine Zahlen aus). Nach Schätzungen lag die Stromerzeugung deutscher Biogasanlagen im Jahr 2009 bei zehn TWh [25], in den USA bei sieben TWh und im Vereinigten Königreich bei sechs TWh. Auch einige Entwicklungsländer nutzen in verstärktem Maße Biogas zur Stromgewinnung. Neben Thailand, das im Jahr 2009 seine Kapazitäten fast verdoppelt und 51 Megawatt produziert hat, weist auch Malaysia signifikante Zuwächse auf [vgl. REN21 2010].

Förderung in Großbritannien

Im Folgenden werden die wichtigsten politischen Maßnahmen aufgelistet, die die Biogasproduktion in Großbritannien fördern.

Feed-in Tariffs (FITs): Seit 2010 gibt es garantierte Einspeisetarife für kleine Ökostromanlagen in England, Schottland und Wales. Die aktuellen Einspeisetarife für Neuanträge sind wie folgt gegeben:

- Anlagen mit einer Gesamtkapazität von weniger als 250kW erhalten 0,14 £/kWh (dies entspricht 0,1588 Euro/kWh zum Wechselkurs von 27.7.2011).
- Anlagen mit Kapazitäten von 250 bis 500kW erhalten 13 p/kWh (knapp 0,15 Euro/kWh).
- Anlagen mit Gesamtkapazitäten größer als 500kW erhalten 0,094 £/kWh (knapp 0,11 Euro/kWh).

Renewable Heat Incentive (RHI): Dieser Anreizmechanismus basiert auf dem Gesetz Energy Act (2008) und bietet fixe Vergütungssätze pro kWh für Wärmegeneratoren aus erneuerbaren Energien und Produzenten von Biogas und Biomethan. Neu installierte Biogasanlagen, die ab Mitte 2009 fertiggestellt wurden, können sich für das Programm qualifizieren. Die Vergütungssätze werden für die nächsten 20 Jahre festgelegt. Die aktuellen Vergütungssätze für Biogasanalgen sind wie folgt gegeben:

[25] Quelle: BMU[2010a], S. 10

- Biogas-Verbrennungsanlagen und Biomethananlagen mit einer Gesamtkapazität von bis zu 200 kW erhalten 6,5 p/kWh.

Das Renewables Obligation (RO) Zertifikatssystem für Ökostrom durch erneuerbare Energien. Es ist das wichtigste Förderinstrument für die Nutzung von erneuerbaren Energien in großen Kraftwerken mit Gesamtkapazitäten von über fünf MW. Als Fördermaßnahme werden dabei für Biogasanlagen zusätzliche Zertifikate ausgegeben.

Levy Exemption Certificates: Energiegewinnung aus Kraft-Wärme Kopplung (KWK) unter Verwendung erneuerbarer Ressourcen ist von der Energiesteuer **Climate Change Levy (CCL)** ausgenommen. Bei dieser Steuer handelt es sich um eine Klimaschutzabgabe, die von ausländischen Stromversorgern in Großbritannien erhoben wird. Für die Steuerbefreiung müssen CHP Levy Exemption Certificates (LECs) beantragt werden, die die Stromgewinnung aus KWK-Anlagen nachweisen.

Bei den **Renewable Transport Fuel Obligation (RTFO)** handelt es sich um Quoten für Biokraftstoffe im Straßentransportbereich. Im Jahr 2010 sollten fünf Prozent des Kraftstoffverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt werden, zu denen auch Biogas zählt.

Förderung in den USA

In den USA gibt es eine Vielzahl von Förderungsmaßnahmen - sowohl auf Bundes- als auch auf Bundesstaaten-Ebene. Zu den Anreizinstrumenten zählen niedrig-verzinste Kredite, Garantien für Kredite, finanzielle Zuschüsse und Steuererleichterungen.[26] Im Folgenden soll ein Überblick über die wichtigsten Förderprogramme und Maßnahmen gegeben werden.

Das **Rural Energy for America Program (REAP)** bietet Kredite und Zuschüsse beim Kauf von erneuerbaren Energie-Systemen und für Investitionen in die Energieeffizienz bestehender Systeme. Die Zuschüsse können bis zu 25 Prozent der Kosten betragen und Kreditbürgschaften für die gesamten Kosten des Projektes bis zu einer Höhe von 25 Millionen USD sind möglich.

Das **Bioenergy Program for Advanced Biofuels** fördert finanziell den Ausbau der Produktion fortgeschrittener Biokraftstoffe, zu denen aus Biogas gewonnene Kraftstoffe zählen.

Folgende Programme, die bereits im Abschnitt zur Förderung fester Biomasse erläutert wurden, bieten auch Steuer- und Abschreibungsvorteile beim Ausbau und der Installierung von Biogasanlagen:

- **Business Energy Investment Tax Credit (ITC)**
- **Modified Accelerated Cost Recovery System (MACRS)**
- **Clean Renewable Energy Bond Program**

[26] Einen Überblick über alle staatlichen Programme bietet die Datenbank von AgSTAR (http://www.epa.gov/agstar/tools/funding/index.html).

Im Rahmen des Biomass Crop Assistance Program (BCAP) wird auch der Anbau von Biomasse zur Erzeugung von Biogas gefördert.

IV.3. Förderungsmaßnahmen in der EU und in Deutschland

IV.3.1) Biokraftstoffe

Förderung in der Europäischen Union

Die Europäische Union ist der weltgrößte Produzent von Biodiesel. Es gibt mittlerweile fast 280 Biokraftstoff-Fabriken in 27 Mitgliedsstaaten mit einer geschätzten jährlichen Produktionskapazität von fas 24 Milliarden Liter [vgl. REN21 2010].

Die europäische Biokraftstoff-Politik reduzierte sich lange Jahre auf Subventionszahlungen im Rahmen der europäischen Landwirtschaftspolitik. Nachdem die Europäische Kommission im Jahr 1997 in ihrem Weißbuch für erneuerbare Energien das Ziel der Verdoppelung des Anteils erneuerbar Energien am gesamten Bruttoinlandsenergieverbrauch gesetzt hatte, wurde im Jahr 2003 die **EU-Biokraftstoff-Richtlinie (2003)** verabschiedet, die gezielt die Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor fördern sollte. Sie legte Richtwerte für Mindestanteile an Biokraftstoffen am Kraftstoffmarkt fest. Danach sollte der Anteil von Biokraftstoffen Ende 2010 einen Prozentsatz von 5,75 erreichen.

Die **Energiesteuerrichtlinie** (2003) erlaubte den Mitgliedsstaaten Biokraftstoffe bis zu 100 Prozent von der Mineralöl- bzw. Energiesteuer zu befreien, um die festgelegten Richtwerte zu erreichen.

Nach der **Erneuerbare-Energien-Richtlinie** (2009) soll der Anteil erneuerbarer Energien in der EU bis zum Jahr 2020 auf 20 Prozent erhöht werden. Die Richtlinie formuliert ein verbindliches Beimischungsziel für den Verkehr und hebt damit die Biokraftstoff-Richtlinie von 2003 auf. Danach sollen im Transportsektor bis zum Jahr 2010 zehn Prozent des Gesamtkraftstoffverbrauchs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Die Verwendung von nachhaltigen Biokraftstoffen soll die Erreichung dieses Ziels fördern. Die Mitgliedsstaaten wurden verpflichtet, bis Ende 2010 die erforderlichen Schritte zu unternehmen.

Das **7. Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Gemeinschaft (FRP) (2007 bis 2013)** fördert die internationale Zusammenarbeit bei Forschung und Entwicklung in zehn Themenbereichen, zu denen auch der Bereich „Energie“ gehört. Ziel ist die Entwicklung einer nachhaltig ausgerichteten Energiewirtschaft mit breitem Energieträgermix. Zu den Forschungsschwerpunkten zählen die Herstellung von Brennstoffen aus erneuerbaren Energien sowie Umwandlungstechnologien für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe insbesondere für den Verkehrssektor. Außerdem wird die Entwicklung moderner Technologien für die Biomasseerzeugung gefördert.

Förderung in Deutschland

Bis zum Jahr 2005 setzte die deutsche Biokraftstoffpolitik vor allem auf steuerliche Förderungsmaßnahmen. Reine Biokraftstoffe und ab 2004 auch mit fossilen Kraftstoffen vermischte Bio-

kraftstoffe wurden durch Ausnahmeregelungen vom Mineralölsteuergesetz (MinöStg) steuerlich gefördert.

Ende 2005 kam es zu einer grundlegenden Änderung der deutschen Biokraftstoffpolitik. Sie rückte ab von steuerlichen Förderungen und wandte sich ordnungsrechtlichen Instrumenten zu. Seit 2007 werden die Steuersubventionen für reine Biokraftstoffe schrittweise abgebaut. Beimischungen von Biodiesel und Bioethanol werden schon seit 2007 voll besteuert. Ausnahmen bleiben weiterhin bestehen für Biokraftstoffe, die in Land- und Forstwirtschaft verwendet werden, und besonders förderungswürdige Biokraftstoffe wie zum Beispiel Biomass to Liquid (BtL.) Kraftstoffe und Bioethanol E85. Kompensiert wird dieser Abbau steuerlicher Anreizmechanismen durch die Einführung von verbindlichen Quotenregelungen im Biokraftstoffgesetz 2007.

Das **Biokraftstoffquotengesetz (2007)** setzt feste und über die Jahre hin anwachsende Minimalquoten für die Beimischung von Bioethanol und Biodiesel zu fossilen Kraftstoffen fest. Zusätzlich gibt es eine Minimalquote für den Gesamtanteil von Biokraftstoffen an den im Verkehr verbrauchten Kraftstoffen, die höher ist als die Einzelquoten. Der Wettbewerb soll entscheiden, ob die Differenz zwischen der Gesamtquote und der biokraftstoffspezifischen Quoten durch Bioethanol oder Biodiesel erfüllt wird. Die Gesamtquote wurde für 2009 auf 6,25 Prozent des gesamten Kraftstoffverbrauchs im Verkehrsbereich festgelegt und soll jährlich um 0,25 Prozent steigen, bis sie im Jahr 2015 einen Wert von acht Prozent erreicht. Ab 2015 sollen die Biokraftstoffquoten dann in Abhängigkeit von Treibhausgaseinsparungszielen festgelegt werden. Die Minimalquoten für Biodiesel und Bioethanol lagen im Jahr 2007 bei 4,4 Prozent Biodiesel und bei 1,2 Prozent Bioethanol. Diese Quoten sind verpflichtend für die Mineralölwirtschaft und beziehen sich jeweils auf die Gesamtabsatzmenge eines Unternehmens. Bei Nichteinhaltung werden Strafabgaben erhoben. Auf welche Weise die Quoten erfüllt werden sollen, ist allerdings nicht vorgegeben. Sowohl Beimischungen als auch der getrennten Vertrieb reiner Biokraftstoffe sind zur Erfüllung der Quoten möglich.

Durch das **Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen ((BioKraftFÄndG 2009)** wurde beschlossen, die ab 2009 geltende Gesamtquote auf 5,25 Prozent zu senken und sie ab 2010 bei 6,25 Prozent einzufrieren. Die Unterquote für Bioethanol im Benzin wurde von dem ursprünglich ab 2010 vorgesehen Satz von 3,6 auf 2,8 Prozent gesenkt. Ab 2015 sollen die bisher vom Energiegehalt abhängenden Mindestanteile durch eine Klimaschutzquote ersetzt werden, die eine Reduktion von Treibhausgasen vorsieht. Ab 2015 müssen die Beimischungsmengen der Biokraftstoffe so gewählt werden, dass der Treibhausgasanteil der Gesamtmenge der Kraftstoffe jedes Jahr um drei Prozent sinkt. Ab 2017 wird eine jährliche Senkung von 4,5 Prozent vorgegeben und ab dem Jahr 2020 soll die Reduktion jedes Jahr sieben Prozent betragen. Die bei der Herstellung von Biokraftstoffen entstehenden Treibhausgase sind mit zu berücksichtigen.

Die **Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV 2009)** legt fest, dass nach der Ernte 2010 nur noch Biokraftstoffe auf die Biokraftstoffquoten angerechnet werden dürfen, die nachweislich bestimmte Nachhaltigkeitskriterien erfüllen. Der Nachweis der Nachhaltigkeit muss ab 2011 unter Nutzung eines Zertifizierungssystems erbracht werden. Die Zertifizierung muss durch akkreditierte Zertifizierungsstellen erfolgen, deren Nachhaltigkeitsnachweis die Einhaltung der vorgegebenen Anforderungen entlang der gesamten Produktionskette garantiert. Zu diesen Anforderungen gehört die Höhe der entstandenen Treibhausgasemissionen, die vorgegebene Grenzen nicht überschreiten darf. Die Nachhaltigkeitsverordnung schreibt dafür vor, dass durch die Nutzung von Biokraftstoffen anstelle von fossilen Kraftstoffen die Treibhausgasemissionen um mindestens 35 Prozent gemindert werden müssen. Dieser vorgegebene Prozentsatz steigt ab

2017 auf 50 Prozent und für Biokraftstoffunternehmen, die ab 2017 in Betrieb genommen werden, ab 2018 auf 60 Prozent an. Ein weiteres Kriterium für die Zertifizierung besteht in dem Nachweis, dass keine besonders schützenswerten Flächen für den Anbau nutzbar gemacht wurden. Dazu zählen Flächen mit hohem Naturschutzwert und biologischer Vielfalt wie beispielsweise Regenwälder und Flächen mit bestehendem hohem Kohlenstoffbestand wie Feuchtgebiete und Moore. Die Flächen müssen außerdem entsprechend der europäischen *Cross Compliance* Bestimmungen nachhaltig landwirtschaftlich bewirtschaftet werden. Es spielt dabei keine Rolle, ob die zur Herstellung der Biokraftstoffe verwendeten Pflanzen innerhalb der Europäischen Union angebaut oder aus Nicht-Mitgliedstaaten der EU importiert werden.

Im Oktober 2010 wurde eine **Verordnung zur Einführung von E10** beschlossen, nach der ab 2011 in Deutschland alle Tankstellen zusätzlich zu den bisherigen Benzinsorten auch E10, also Benzin mit einer Beimischung von zehn Prozent Biokraftstoff anbieten müssen. Durch diese Verordnung sollen die Bestimmungen der europäischen Erneuerbare-Energien-Richtlinie umgesetzt werden.

Zusätzlich gibt es verschieden Förderungsprogramme zum Thema „Biokraftstoffe“ auf Bundes- und Landesebene. Durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und den Projektträger Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR) wird zum Beispiel die Weiterentwicklung synthetischer Biokraftstoffe, die Optimierung der Biokraftstoffproduktion sowie die Entwicklung eines praxistauglichen Zertifizierungssystems gefördert. Im Jahr 2009 wurden 27 Millionen Euro für laufende Projekte zur Verfügung gestellt.

IV.3.2) Feste Biomasse

Im Folgenden werden die wichtigsten politischen Maßnahmen aufgelistet, die Einfluss auf die Strom- und Wärmegewinnung aus fester Biomasse nehmen.

Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (Biomasseverordnung - BiomasseV) regelt, welche Stoffe als Biomasse anerkannt werden, welche technischen Verfahren zur förderungsfähigen Stromgewinnung zulässig sind und welche Umweltauflagen erfüllt sein müssen.

Das **Erneuerbare-Energie Gesetz (EEG 2009)** ist das wichtigste Förderungsinstrument für die Stromgewinnung aus Biomasse. Die Förderung durch das EEG erfolgt in Form von garantierten Vergütungssätzen für Strom aus Biomasse, der ins öffentliche Netz eingespeist wird. Die Einspeisevergütung ist je nach Anlageleistung gestaffelt und beträgt für den Stromerzeuger:

- für Leistungen bis 150 kW: 11,67 Cent/kWh
- für Leistungen von 150 bis 500 kW: 9,18 Cent/kWh
- für Leistungen von 500 kW bis 5 MW: 8,25 Cent/kWh
- für Leistungen von 5 MW bis 20 MW: 7,79 Cent/kWh

Die Vergütung ist für einen Zeitraum von 20 Jahren festgeschrieben und beinhaltet eine jährliche Degression von einem Prozent ab 2010. Zusätzliche Anreize werden durch die enthaltenen Boni-Regelungen gesetzt, die von der Anlageleistung und den Anforderungen an die genutzte Biomasse abhängen und zusätzlich zur oben beschriebenen Grundvergütung ausgezahlt werden.
Der Anspruch auf den Technologie-Bonus besteht zum Beispiel für Strom, der aus Umwandlung von Biomasse durch thermochemische Vergasung, durch Techniken zur thermochemischen Konversion von Stroh oder mit speziellen Anlagen für Bioabfälle erzeugt wird, wenn zusätzlich eine Wärmenutzung erfolgt oder ein elektrischer Wirkungsgrad von mindestens 45 Prozent er-

reicht wird. Der Nawaro-Bonus wird für Strom aus nachwachsenden Rohstoffen gezahlt. Neben dem allgemeinen Bonus gibt es Aufschläge, wenn mindestens 30 Prozent Gülle eingesetzt wird (Güllebonus) oder wenn überwiegend Landschaftspflegematerial eingesetzt wird (Landschaftspflege-Bonus). Für KWK Anlagen kann ein Bonus in Höhe von 2 Cent/kWh gezahlt werden (KWK-Bonus). Die Vergütung der Boni ist wiederum nach Anlagengröße gestaffelt:

- Technologiebonus: 2 Cent/kWh
- Nawaro-Bonus: 2,5 bei Holzverstromung, ansonsten 4 bzw. 6 Cent/kWh
- Aufschlag bei Biogas: Güllebonus: 1 bzw 4 Cent/kWh
- Aufschlag: Landschaftspflege-Bonus: 2 Cent/kWh
- Nawaro-Bonus für Strom aus Biogas: 4 bzw. 7 Cent/kWh
- KWK-Bonus: 2 Cent/kWh

Die **EEG-Novelle (2012)**[27] wurde am 30. Juni 2011 vom deutschen Bundestag verabschiedet. Es handelt sich um ein Gesetz zur Neuregelung des Rechtsrahmens für die Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien und novelliert das Erneuerbare-Energien Gesetz (2009). Es soll zum 1. Januar 2012 in Kraft treten. Die Novelle verfolgt das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis spätestens 2020 auf 35 Prozent und danach schrittweise bis zum Jahr 2050 auf 80 Prozent zu erhöhen, sowie diese Strommengen in das Elektrizitätsversorgungssystem zu integrieren.

Das im EEG (2009) geregelte Vergütungssystem wird stark vereinfacht und soll die Förderstruktur transparenter machen und die teilweise in der Vergangenheit aufgetretene Überförderung (vor allem bei Kleinanlagen) vermeiden. Das Vergütungsniveau soll im Schnitt um 10 bis 15 Prozent sinken und die Boni reduziert werden. Insbesondere Kleinanlagen werden von dieser Senkung betroffen sein.

Die Einspeisegrundvergütung soll in Abhängigkeit der leistungsbezogenen Anlagekategorie wie folgt gestaffelt sein:

- für Leistungen bis 150 kW: 14,3 Cent/kWh
- für Leistungen von 150 bis 500 kW: 12,3 Cent/kWh
- für Leistungen von 500 kW bis 5 MW: 11,0 Cent/kWh
- für Leistungen von 5 MW bis 20 MW: 6 Cent/kWh

Bei diesen neuen Vergütungssätzen wird der mit dem Gesetz gleichzeitig gestrichene KWK-Bonus in Höhe von 2 Cent/kWh in die neue Grundvergütung integriert. Eine Zusatzvergütung wird in Abhängigkeit von zwei Einsatzstoffvergütungsklassen geregelt:

[27] Der folgende Abschnitt stützt sich zu weiten Teilen auf Angaben des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47469/4590/ , Stand: 30.06.2011, eingesehen am 28.07.2011

- Einsatzstoffvergütungsklasse I: 4 bis 6 Cent/kWh (je nach Anlagengröße) bzw. 2,5 Cent/kWh bei Waldrestholz
- Einsatzstoffvergütungsklasse II: 6 bis 8 Cent/kWh.

Zur Einsatzstoffvergütungsklasse I zählen zum Beispiel Getreide, Gräser, Zuckerrüben, Mais, Holz und Rinde. Zur Einsatzstoffvergütungsklasse II werden zum Beispiel Gülle, Stroh, sowie Baum- und Strauchschnitt gerechnet. Die Vergütung für die Altholzverbrennung bei Neuanlagen soll gestrichen werden.

Die Einsatzstoffvergütung soll künftig nicht mehr der Degression unterliegen. Die Degression auf die einsatzstoffunabhängige Vergütung wird jedoch von ein auf zwei Prozent erhöht.

Die Novelle sieht vor, dass alle EEG-Anlagen in Zukunft auch in der Direktvermarktung gefördert werden können. Die Förderung erfolgt über eine optionale Marktprämie. Die Marktprämie wird berechnet als Differenz zwischen der anlagenspezifischen EEG-Vergütung und dem monatlich ex-post ermittelten durchschnittlichen Börsenpreis.

Das **Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG 2009)** legt die Vergütung für den erzeugten Strom aus KWK-Anlagen fest, die nicht unter das Erneuerbare Energien Gesetz fallen.

Das **Energiesteuergesetz (EnergieStG 2006)** sieht eine Rückerstattung der Energiesteuer (ehemals Mineralölsteuer) für den eingesetzten Brennstoff in KWK-Anlagen mit einem Gesamtjahresnutzungsgrad von mindestens 70 Prozent vor.

Das **Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG 2009)** zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich führt eine bundesweite Pflicht für die Verwendung von erneuerbaren Energien beim Neubau von Gebäuden ein (die sogenannte *Nutzungspflicht*). Jeder Eigentümer eines neuen Gebäudes mit einer Nutzfläche von mehr als 50 m^2 ist demnach verpflichtet, seinen Wärmeenergiebedarf zu einem bestimmten Anteil aus erneuerbaren Energien zu decken. Die Höhe des Anteils hängt von der verwendeten Energiequelle (zum Beispiel Solarenergie, Biogas, Biomasse, Geothermie) ab. Bei der Nutzung flüssiger oder fester Biomasse (zum Beispiel Bioöl oder Holzpellets) muss der Anteil am Gesamtverbrauch mindestens 50 Prozent betragen. Bei der Verwendung von Biogas liegt der Anteil bei 30 Prozent. Die Nutzungspflicht kann auch durch den Anschluss an ein Wärmenetz erfüllt werden, wenn die erzeugte Wärme mindestens zur Hälfte aus KWK-Anlagen stammt. Das Gesetz sieht vor, dass die Unterstützung für die Nutzung von erneuerbaren Energien zur Wärmeerzeugung in Wohngebäuden von 2009 bis 2012 bis zu 500 Millionen Euro betragen kann.

Das **Marktanreizprogramm (MAP 2011)** ist das wichtigste Förderinstrument für die Nutzung Erneuerbarer Energien in Wohngebäuden. In den Richtlinien zum Marktanreizprogramm wird festgelegt, welche Arten von Biomasseanlagen, die der Heizung oder Warmwasserbereitung dienen, gefördert werden und wer Anspruch auf Fördergelder hat. Bei der Förderung wird unterschieden zwischen Gebäudeeigentümern, die verpflichtet sind, erneuerbare Energien zu nutzen (Neubau), und solchen, die freiwillig regenerative Wärme einsetzen wollen (zum Beispiel bei Altbauten). Verpflichteten wird hierbei nur dann die Möglichkeit einer Förderung eingeräumt, wenn die geplanten Maßnahmen über die Nutzungspflicht hinausgehen oder besonders innovative Techno-

logien eingesetzt werden sollen. Das Marktanreizprogramm sieht Investitionszuschüsse (die sogenannte Basisförderung) und spezielle Boni vor.

Beantragt werden können die entsprechenden Fördermittel entweder beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BafA) oder bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

Das **Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BafA)** fördert unterschiedliche Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse (Holz) in Bestandsgebäuden. Die Basisförderung umfasst die Mindestförderbeträge für die Errichtung der unterschiedlichen Biomasseanlagen. Dabei wird zum einen zwischen der Verfeuerung von Holzpellets und Holzhackschnitzeln und darüber hinaus zwischen automatischen und handbeschickten Biomasseanlagen unterschieden. Zusätzlich zu der Basisförderung für die Errichtung einer Biomasseanlage kann eine zusätzliche Bonusförderung gewährt werden, sofern gleichzeitig eine förderfähige Solaranlage errichtet wird (Regenerativer Kombinationsbonus) oder wenn die förderfähige Biomasseanlage einem besonders effizient gedämmten Wohngebäude dient (Effizienzbonus).

Seitens der **Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)** stehen verschiedene Programme für die Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung oder zur Erzeugung von Wärme und Strom mittels Kraft-Wärme-Kopplung Anlagen zur Verfügung. Die Förderung hängt zum einen von der Größe und Art der Anlage ab und zum anderen davon, von wem der Antrag gestellt wird.

KfW-Programm - Erneuerbare Energien: Die Förderung beruht auf langfristigen, zinsgünstigen Darlehen mit Festzinssätzen und tilgungsfreien Anlaufjahren, mit denen die Installierung, Erweiterung und der Erwerb von Anlagen finanziert werden kann. Der Kredithöchstbetrag beträgt zehn Millionen Euro. Gefördert werden Anlagen zur Strom- und Wärmegewinnung aus erneuerbaren Energien. Es gibt zwei Programmteile: „Standard“ und „Premium“. Letzteres ist speziell auf Großanlagen zur Wärmenutzung ausgerichtet. Die Förderung kann von privaten wie öffentlichen Investoren für die Finanzierung und Nutzung Erneuerbarer Energien beantragt werden.

<u>Programmteil Standard:</u>
Dieses Programm fördert Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien, erzeugt in Kraft-Wärme in Kopplungsanlagen (KWK) mit niedrigen Kapazitäten.

<u>Programmteil Premium:</u>
Dieses Programm fördert große KWK- Anlagen mit Nennwärmeleistung von 2000 kWh pro Jahr, und automatisch beschickte Biomassenanlagen zur Verbrennung fester Biomasse für die thermische Nutzung mit einer Nennwärmeleistung von mindestens 100 kW. Die Anlagen müssen mindestens sieben Jahre zweckentsprechend betrieben werden. Außerdem wird die Errichtung und Erweiterung von Nahwärmenetzen und bis Ende 2010 Anlagen zur Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität zur Einspeisung in ein Erdgasnetz gefördert. Neben einer Grundförderung, die sich an der installierten Nennwärmeleistung bei Anlagen und der Trassenlänge für Wärmenetzte orientiert, gibt es Boni für niedrige Staubemissionen und die Errichtung von Pufferspeichern bei Biomasseanlagen. Die Höhe des Tilgungszuschusses variiert je nach Maßnahme. Für förderfähige Anlagen zur thermischen Nutzung von Biomasse beträgt dieser 20 Euro je kW installierter thermischer Nennwärmeleistung und höchstens 50.000 Euro je Einzelanlage. Die Grundförderung und die Boni sind kumulierbar, wobei der maximale Tilgungszuschuss 100.000 Euro beträgt.

IV.3.3) Biogas

Die zentrale Fördermaßnahme für die die Nutzung von Biogas bei der Strom- und Wärmeerzeugung ist das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG 2009). Weitere Finanzhilfen bieten verschiedene **KfW-Programme**. Bei der Verwendung von Biogas in KWK-Anlagen stehen die bereits im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Förderungsmöglichkeiten für KWK-Anlagen zur Verfügung.

Die Förderung durch das **Erneuerbare Energien Gesetz (EEG 2009)** erfolgt in Form von garantierten Vergütungssätzen für Strom aus Biogas, der ins öffentliche Netz eingespeist wird. Die Einspeisevergütung ist je nach Anlageleistung gestaffelt und beträgt für den Stromerzeuger:

- für Leistungen bis 150 kW: 11,67 Cent/kWh
- für Leistungen von 150 bis 500 kW: 9,18 Cent/kWh
- für Leistungen von 500 kW bis 5 MW: 8,25 Cent/kWh
- für Leistungen von 5 MW bis 20 MW: 7,79 Cent/kWh

Neben der Grundvergütung gibt es für Biogas noch zusätzlich verschiedene Boni. Der Nawaro-Bonus beträgt für Strom aus Biogas:

- für Leistungen bis 500 kW 7 Cent/kWh , zusätzlich werden 2 Cent/kWh beim überwiegenden Einsatz von Landschaftspflegegrün
- für Leistungen bis 5 MW 4 Cent/kWh

Der Gülle –Bonus, der bei einem Gülleanteil von mindestens 20 Massenprozent ausgezahlt werden kann, beträgt:

- für Leistungen bis 150 kW 4 Cent/kWh
- für Leistungen bis 500 kW 1 Cent/kWh

Der Technologiebonus wird für die Gasaufbereitung ausgezahlt, wenn das eingespeiste Gas auf Erdgasqualität aufbereitet und dies nachgewiesen wurde. Er beträgt:

- für Leistungen der Gasaufbereitungsanlage bis 350 Nm^3 Bio-Erdgas 2 Cent/kWh
- für Leistungen der Gasaufbereitungsanlage bis 700 Nm^3 Bio-Erdgas 1 Cent/kWh
- für Leistungen über 700 Nm^3 Bio-Erdgas 0 Cent/kWh

Der KWK-Bonus beträgt für Anlagenleistungen bis 20 MW 3 Cent/kWh. Die Vergütung ist für einen Zeitraum von 20 Jahren festgeschrieben, beinhaltet jedoch eine jährliche Degression von 1,5 Prozent ab 2010. Auch die Boni unterliegen einer Degression von 1,5 Prozent.

Die bereits im vorherigen Abschnitt aufgeführte **EEG-Novelle (2012)** legt auch die neuen Vergütungssätze für die Einspeisung von Strom aus Biogas ab dem 1.1. 2012 fest. Zusätzlich zu den bereits vorgestellten Vergütungssätzen soll es zum Zweck der Mobilisierung von Abfall- und Reststoffen eine gesonderte Vergütung für Bioabfallvergärungsanlagen mit nachgeschalteter Gärrestkompostierung geben. Für die Biomethaneinspeisung ist eine nach Größe gestaffelte Zusatzvergütung von 1 bis 3 Cent/kWh vorgesehen. Kleine Hofanlagen mit mindestens 80 Prozent Gülleeinsatz (massebezogen) sollen eine Vergütung von 25 Cent/kWh erhalten. Ansonsten

soll durch die Novelle die Vergütung für Kleinanlagen abgesenkt werden. Für Strom aus Biogas soll der Einsatz von Mais und Getreidekorn auf 60 Prozent (massebezogen) begrenzt werden. Biogasanlagen werden in Zukunft nur noch dann gefördert, wenn sie entweder 60 % Wärmenutzung oder 60 % Gülleeinsatz nachweisen. Ansonsten können sie über die Marktprämie gefördert werden, wenn sie in die Direktvermarktung gehen. Ab dem Jahr 2014 soll die Marktprämie für neue Biogasanlagen ab 750 kW jedoch verbindlich sein. Eine Flexibilitätsprämie soll dabei zusätzlich die Direktvermarktung unterstützen, indem sie Investitionen in größere Gasspeicher und Generatoren fördert, die eine Verschiebung der Stromerzeugung um zwölf Stunden ermöglicht. Die Entwicklung solcher Gasspeicher soll durch die Befreiung dieser Speicher von Netzentgelten und Speicherforschungsprogramme zusätzlich unterstützt werden.

Weitere aktuelle Förderprogramme sind das **Sonderkreditprogramm der Rentenbank „ Energie vom Land“,** das die Finanzierung von Investitionen in die energetische Verwertung nachwachsender Rohstoffe und anderer organischer Verbindungen (z. B. Biogasanlagen, Biomasseheizkraftwerke, Anlagen zur Erzeugung biogener Kraftstoffe) für kleine und mittlere Unternehmen finanziell unterstützt, und der **GAK-Rahmenplan-2009-2012.** Letzterer fördert Biogasanlagen durch Zuschüsse bis 100.000 Euro oder Bürgschaften.

IV.3.4) Förderung der Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz

In Deutschland wird die Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz durch folgende Gesetze und Verordnungen geregelt und gefördert.[28]

Die Aufgabe des **Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)** besteht darin, eine sichere, preisgünstige, verbraucherfreundliche, effiziente und umweltverträgliche leistungsgebundene Versorgung der Allgemeinheit mit Elektrizität und Gas abzusichern. Das Gesetz regelt die Einspeisung von Biogas. Nach dem Gesetz müssen Betreiber von Energieversorgungsnetzen Erzeugeranlagen wie zum Beispiel Biogasanlagen zu technischen und wirtschaftlichen Bedingungen an ihr Netz anschließen. Der Netzanschluss muss grundsätzlich angemessen, diskriminierungsfrei und transparent erfolgen. Er darf nur verweigert werden, wenn aus betriebsbedingten, wirtschaftlichen oder technischen Gründen ein Anschluss nicht möglich oder unzumutbar ist. Betreiber von Gasversorgungsnetzen sind verpflichtet, technische Mindestanforderungen an die Ausleger und den Betrieb von Erzeugungsanlagen festzulegen, um die Interoperabilität der Netze sicherzustellen. Diese müssen sachlich gerechtfertigt und nichtdiskriminierend sein.

Die novellierte **Gasnetzzugangsverordnung (GasNZV 2008)** enthält unter anderem einen neuen Teil mit Sonderregelungen für die Einspeisung von Biogas in Erdgasnetze. Danach wird dem Anschlussnehmer prinzipiell ein umfassender Anspruch auf Netzzugang eingeräumt. Biogaserzeugeranlagen erhalten einen speziellen Anspruch für den Netzanschluss, wonach der Gasnetzbetreiber sie auf Antrag vorrangig anzuschließen hat. Der Netzanschluss umfasst die Herstellung der Verbindungsleitung, die die Biogasaufbereitungsanlage mit dem Gasversorgungsnetz verbindet, die Verknüpfung mit dem Anschlusspunkt des bestehenden Gasversorgernetzes, die Gasdruck-Regel-Messanlage, die Einrichtung von Druckerhöhung und die eichfähige Messung des einzuspeisenden Biogases. Der Netzanschluss wird damit im Vergleich zur alten Fassung des GasNZV weiter gefasst.

[28] Einen Überblick findet man bei Berger et al. (2010).

Das 2008 novellierte GasNZV regelt auch das Verfahren zum Anschluss der Biogasaufbereitungsanlage an das Erdgasnetz. Die Kosten für den Netzanschluss sind jeweils zur Hälfte durch den Netzbetreiber und den Anschlussnehmer aufzubringen, wenn die Anschlussleitung kürzer als 10 km ist. Der Netzbetreiber muss die gesamten Kosten für den Betrieb des Netzanschlusses tragen.

Das bereits in den vorangegangenen Abschnitten dargestellte **Erneuerbare Energien Gesetz (EEG 2009)** legt die Vergütungsvorschriften für die Einspeisung fest. Die ebenfalls bereits vorgestellte **EEG-Novelle (2012)** regelt die Vergütung ab 1.1.2012.

Die **Gasnetzentgeltverordnung (GasNEV 2008)** regelt das Entgelt für vermiedene Netzkosten und legt Umlagen für verschiedene Kosten fest. Sie regelt, dass kein Netzentgelt für die Einspeisung von Biogas in das örtliche Verteilernetz erhoben werden darf.

Exkurs: Direkteinspeisung von Biogas ins Gasnetz

Biogas nimmt im Mix der erneuerbaren Energien im Stromsektor eine Sonderrolle ein, da die Verstromung des Biogases von der Erzeugung getrennt werden kann. Das ist ein entscheidender Unterschied zu witterungsabhängigen Energieformen (Wind, Photovoltaik, teilweise Wasserkraft), und solchen erneuerbaren Energiequellen die zwar im Dauerbetrieb genutzt werden können, jedoch örtlich und zeitlich nicht flexibel sind (Geothermie, Laufwasserkraftwerke).

Die derzeitige Förderung der Direktverstromung von Biogas gibt hingegen einen Anreiz, die installierte Einspeiseleistung möglichst dauerhaft zu betreiben, um mit den Einspeisevergütungen Deckungsbeiträge für die Fixkosten zu erzielen. Außerdem wird mit der zusätzlichen Vergütung für KWK-Anlagen ein Anreiz zur Wärmeauskoppelung gesetzt. Es bleibt jedoch fraglich, ob die Wärmenutzung vor Ort tatsächlich dem vorhandenen Bedarf entspricht oder die umfangreiche Wärmenutzung aufgrund der Vergütung erst wirtschaftlich interessant wird. In diesem Fall wäre eine Verstromung und Wärmenutzung an anderer Stelle mit tatsächlicher Zahlungsbereitschaft für Wärmeleistung volkswirtschaftlich vorzuziehen.

Die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz ermöglicht sowohl einen Abtransport des Gases zur Nutzung an anderer Stelle für die Strom- oder Wärmeerzeugung als auch die Speicherung und damit die Verstromung zu Zeiten, in denen andere Energiequellen nicht ausreichen. Damit liegt das Gros der notwendigen Infrastruktur bereits vor. Dennoch stellen sich weitere technische und rechtliche Anforderungen, welche für die Effizienz der Direkteinspeisung von Biogas bestimmend sind. Das Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik bietet eine umfangreiche Studie zu den technischen und rechtlichen Details der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz[29]. Die folgenden Abschnitte sind durchgängig als zusammenfassende Wiedergabe einiger Ergebnisse dieser Studie zu sehen.

Voraussetzung für die Nutzung von Biogas ist die vorhergehende Aufbereitung. Biogas entsteht bei der anaeroben (unter Abwesenheit von Sauerstoff) Gärung von Biomasse. Dabei werden hochmolekulare Strukturen von Mikroorganismen zu Methan, Kohlendioxid und anderen Endprodukten abgebaut. Das Prinzip der Biogas-Herstellung ist unabhängig davon, um welche Art von Biomasse es sich handelt (landwirtschaftliche Produkte, biogene industrielle Rückstände, kommunale Abfälle, etc.), jedoch müssen die Nebenprodukte bei der Entstehung so abgetrennt werden, dass eine energetische Verwendung möglich ist. Den Autoren der genannten Studie

[29] „Gasnetze der Zukunft“ vom Juni 2010, vgl. Urban [2010] im beigefügten Literaturverzeichnis.

zufolge sind derzeit bereits einige technisch ausgereifte Verfahren zur Biogasaufbereitung verfügbar, die sich allerdings in technischer und/oder wirtschaftlicher Sicht deutlich unterscheiden [Urban 2010, S.36, S. 150]. Den Prozess der Aufbereitung kann man im Wesentlichen in Biogasentschwefelung, Kohlendioxid-Abtrennung und Gastrocknung unterteilen, wobei die CO_2-Abtrennung den bei weitem aufwendigsten Schritt darstellt. Gerade die CO_2-Abtrennung ist allerdings eine zwingende Voraussetzung für die Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz, um den Brennwert des Rohgases auf das geforderte Niveau anzuheben. Wird Biogas vor Ort im Blockheizkraftwerk verwendet, so die Autoren, so sei eine CO_2-Abscheidung nicht zwingend notwendig, da der Methangehalt von 50-75 Prozent im Rohbiogas für diese Art der Verwertung bereits ausreiche [ebd. S. 40]. Gastrocknung und –entschwefelung können der CO_2-Abtrennung vor- oder nachgelagert werden (vgl. Abbildung 23)

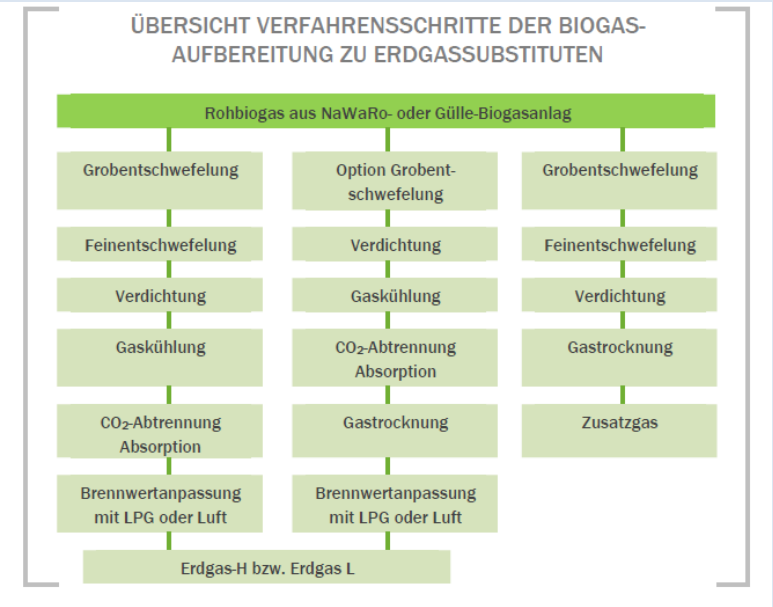


Abbildung 23, Quelle: Urban [2010], S. 37

Bei der Biogasentschwefelung wird zwischen der Grob- und Feinentschwefelung unterschieden, wobei bei der Grobentschwefelung sich die Sulfidfällung mit Eisenoxiden durchgesetzt hat [Urban 2010, S. 39] und bei der anschließenden Feinentschwefelung die Verwendung von Aktivkohlen. Die Biogastrocknung, bei der sich der Wasserstoffgehalt des Gases auf bis zu 0,15 Vol. Prozent minimieren lässt, erfolgt entweder durch ein Kondensationsverfahren oder alternativ durch ein adsorptives Gastrocknungsverfahren (vgl. S. 37ff.). Das aufbereitete Biogas wird derzeit vor allem in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) als Brennstoff verwendet.

Um das aufbereitete Biogas anschließend regelkonform dem Erdgasnetz zuführen zu können, ist Netzkompatibilität gemäß §41 f Abs. 1 der Gasnetzzugangsverordnung gefordert. Hauptzweck der Regulierung in diesem Bereich ist die Einhaltung der Grenzwerte für den Brennwert des eingespeisten Gases. Für die Einspeisung von Biogas in das H-Gasnetz ist meist eine Brennwerterhöhung durch die Zugabe von Flüssiggas notwendig, welches einen relevanten Kostenfaktor bei der Biogaseinspeisung ausmacht. Bei der Einspeisung als Austauschgas kann hingegen die Zusammensetzung, bei der Einspeisung als Zusatzgas auch der Brennwert stärker variieren[30]. Die Kosten der Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz sind somit eindeutig von den geltenden technischen und rechtlichen Standards abhängig.

[30] vgl. ebd. S 58 ff. für weiter technische und rechtliche Details.

Um das aufbereitete Biogas schließlich einzuspeisen, ist neben der Konditionierung (Brennwertanpassung) außerdem die Verdichtung und ggf. Odorierung nötig, welche im Allgemeinen der Gasnetzbetreiber übernehmen muss. Gerade die Verdichtungsanlagen weisen hohe Investitionskosten auf, welche nur geringfügig von der Größe der Anlage abhängen. Abbildung 24 veranschaulicht den Durchschnittskostenvorteil größerer Einspeiseanlagen gegenüber kleineren Anlagen durch die Umlage der Fixkosten auf eine höhere Einspeiseleistung. Zugrunde gelegt wurden ein Finanzierungszeitraum von 15 Jahren und ein Kapitalzins von durchschnittlich sieben Prozent im Jahr.

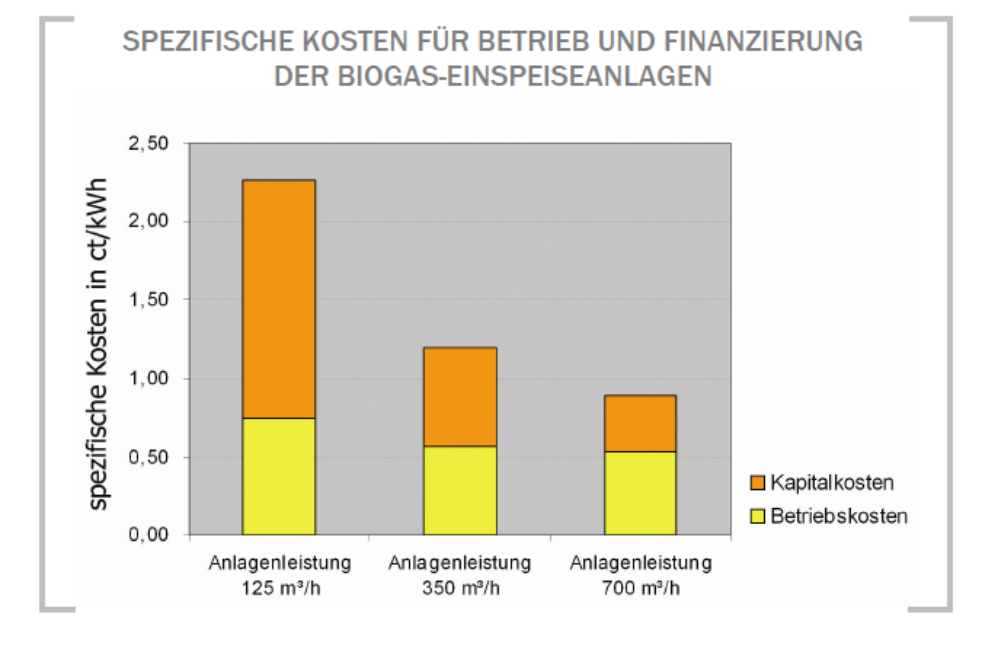


Abbildung 24, Quelle: Urban [2010], S. 85

Auch bei den reinen Betriebskosten dominieren die Kosten für Konditionierung und Verdichtung. Größere Anlagen weisen hier im Durchschnitt wiederum Kostenvorteile auf (vgl. Abbildung 25). Nicht berücksichtigt ist dabei natürlich, mit welchem Aufwand die Bereitstellung entsprechender Mengen Biomasse für die Gasproduktion verbunden ist.

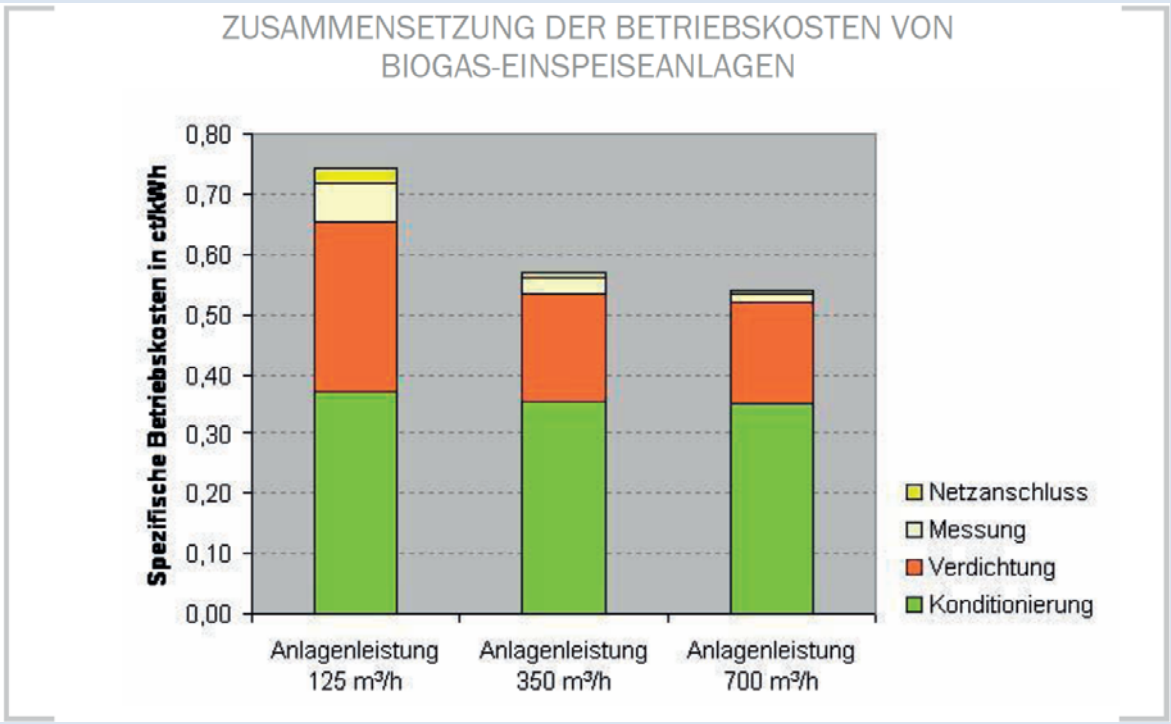


Abbildung 25, Quelle: Urban [2010], S. 86

Abgesehen von der Bestimmung reiner Betriebs- und Investitionskosten wurde im Rahmen der Studie auch ein Kostenvergleich zwischen einer Einspeisung und einer Vor-Ort-Verbrennung des Biogases vorgenommen. Natürlich gilt diese Wirtschaftlichkeitsrechnung stets nur im Rahmen der notwendigen Annahmen. So muss eine Bewertung der Gas- bzw. Strom- und Wärmemengen mit gemeinsamer Basis vorgenommen werden. Die Autoren legten sich hierfür auf bestimmte technische Verfahren als Referenzgrößen fest und nutzen die Vergütungen des EEG und des KWKG als Maßstab für die Bewertung der unterschiedlichen Energieformen.

Stellvertretend für die Gaseinspeisung wurden die Erlöse durch dezentrale Verstromung in 500-kW-Blockheizkraftwerken herangezogen, wobei hundertprozentige Wärmenutzung unterstellt wurde, um die vollen Förderungsmöglichkeiten auszuschöpfen. Dem wurde stellvertretend für die Vor-Ort-Verstromung die Verbrennung des Biogases in BHKW mit unterschiedlicher Wärmenutzung (25, 50, 100 Prozent) gegenübergestellt [Urban, 2010, S. 92].

Folglich hängt der ökonomische Vergleich neben der Größe der Einspeiseanlage davon ab, welcher Anteil der erzeugten Wärme bei der Vor-Ort-Verstromung tatsächlich genutzt werden kann. Betrachtet man eine Einspeiseanlage mit der Leistung von 350 m^3/h, so ist diese für den Fall, dass vor Ort 50 Prozent und weniger der erzeugten Wärme genutzt werden können, kostengünstiger und somit gewinnbringender als eine Verbrennung vor Ort. Ein ähnliches Bild zeichnet sich auch bei Anlagen mit einer Leistung von 700 m3/h ab. Falls bei der lokalen Verstromung unter 50 Prozent der Wärme nutzbar sind, ist die Einspeisung des Bio-Gases ökonomisch sinnvoller. Folglich ist auf Basis der derzeitigen Vergütungen eine Vor-Ort-Verbrennung mit 100 Prozent Wärmenutzung immer wirtschaftlicher als die Einspeisung mit den heutzutage etablierten Techniken wie LPG-Konditionierung und Verdichtung (vgl. Abbildung 26).

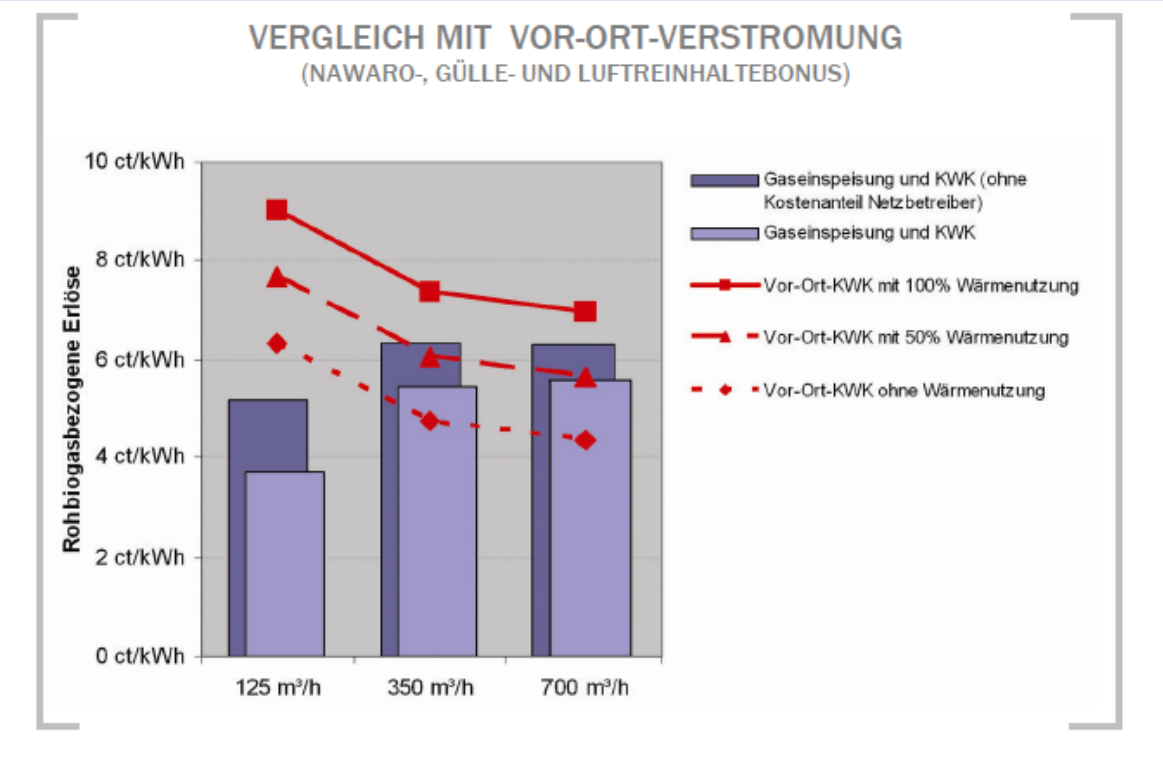


Abbildung 26, Quelle: Urban [2010], S. 95

Besonders zu betonen ist an dieser Stelle erneut die Grundlage, auf welcher die entsprechenden Kostenvergleiche vorgenommen wurden. Es handelt sich hierbei nicht um eine volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Rechnung als vielmehr um Modellrechnungen für die unterschiedlichen Kosten und Erlöse, die mit bestimmten Technologien im Rahmen des EEG zu erzielen sind. Damit sind diese Vergleiche jedoch durchaus dazu geeignet, etwas über die Investitionsanreize der derzeitigen Gesetzeslage auszusagen.

Den Autoren zufolge ist 2010 ein weiterer Ausbau der Biomethanbereitstellung zu verzeichnen. So rechnen sie für 2010 mit 20 bis 50 neuen Anlagen zur Aufbereitung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. Um das Ziel der Bundesregierung, 2020 6 Mrd. m³ eingespeistes Biomethan (als Vergleich: Ende 2009: 0,15 Mrd. m³), zu erreichen, müsse – so die Ansicht der Autoren – jedoch eine 40-fache Leistung der Anlagen erreicht werden. Dies entspricht einem jährlichen Zubau von rund 100 Biogasaufbereitungsanlagen. Eine derartige Vergrößerung der Kapazitäten halten die Autoren angesichts der Erfahrungen der vergangenen Jahre für eher unwahrscheinlich. Sie verweisen an dieser Stelle auf die Planungsunsicherheit durch politische Rahmenbedingungen und plädieren für langfristige, gesetzliche Rahmenbedingungen.

Außerdem wird ein technischer Aspekt der Einspeisung hervorgehoben. So könnte durch eine Optimierung der Verfahren und eine Verringerung bzw. einen Verzicht auf die Verdichtung die gesamten Einspeisekosten deutlich reduziert werden. Dies böte damit die Möglichkeit, die Biogaseinspeisung in größerem Maßstab zur Anwendung zu bringen.

IV.4. Bioenergienutzung in Deutschland

IV.4.1) Nutzung und installierte Leistung

Im Folgenden soll die bisherige Nutzung von Bioenergie in Deutschland dargestellt werden und auf Diskussion um die Potentiale für den weiteren Ausbau eingegangen werden. Hierbei wird weitgehend auf öffentlich verfügbare Daten und einige Studien zum Thema zurückgegriffen. Eine umfassende Darstellung der Flächennutzung für die Biomasseproduktion ist mangels verlässlicher Daten leider nicht möglich.

Alle bisher vorgestellten Formen der Bioenergie werden auch in Deutschland genutzt, teilweise traditionell wie beim Heizen mit Kaminholz, in modernen Heizkesseln mit Pelletbefeuerung, als Biokraftstoffe im Verkehr oder über Biogasanlagen in der Stromerzeugung. Insgesamt tragen Biogas, Biokraftstoffe und biogene feste Brennstoffe zu rund 6,8 Prozent zum Primärenergieverbrauch in Deutschland bei[31]. Bei einem Gesamtbeitrag aller erneuerbaren Energien von rund 9,6 Prozent zum PEV zeigt sich somit, dass Bioenergie (auf Grundlage des Energiegehalts) weiterhin das Gros der erneuerbaren Energie liefert, die Jahr für Jahr in Deutschland verbraucht werden. Rund die Hälfte der genutzten Bioenergie stammt dabei aus festen Brennstoffen.

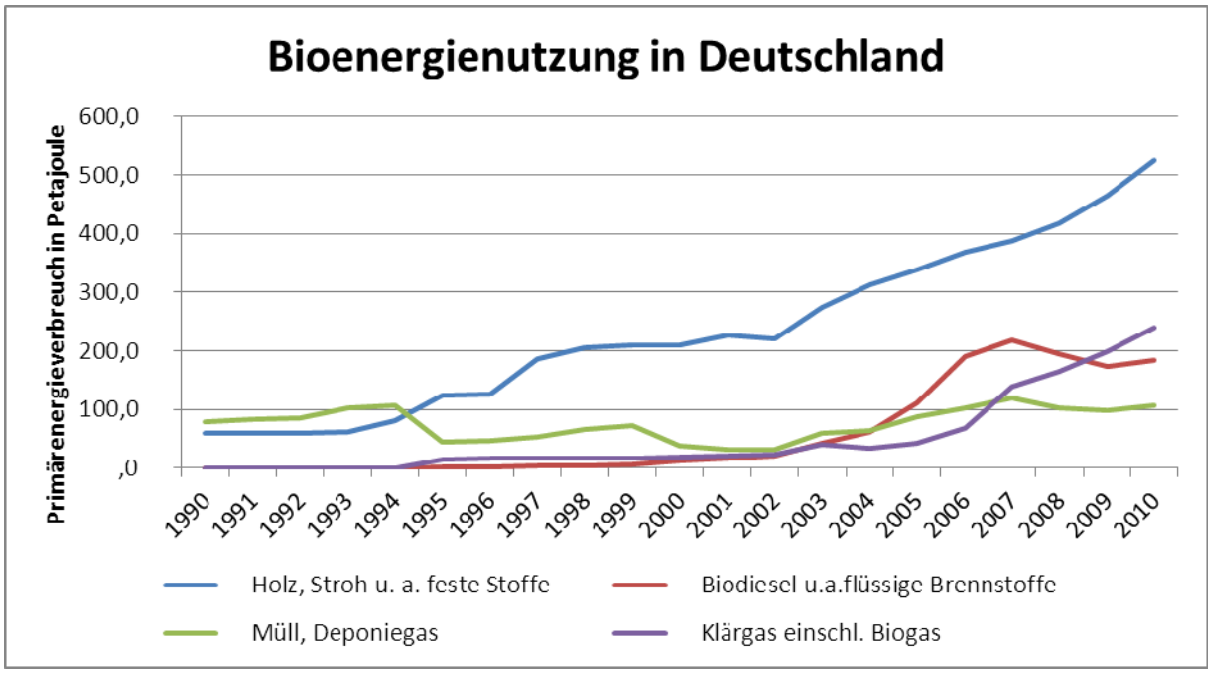


Abbildung 27, Quelle: eigene Darstellung, Daten: BMWi [2011], Tabelle 20

Wie in Abbildung 27 zu erkennen ist, gibt es einen fortwährenden Anstieg bei der Nutzung von fester Biomasse und Biogas. Die Nutzung von Deponiegas stagniert hingegen. Der seit 2000 zu verzeichnende Anstieg konnte nur die Rückgänge seit Mitte der neunziger Jahre wettmachen. Nach steilem Wachstum des Verbrauchs von Biokraftstoffen gab es in den Jahren 2008 und 2009 eine gegensätzliche Entwicklung. Dies ist vor allem durch einen Rückgang von Pflanzenölen und Biodiesel im Endenergieverbauch begründet (vgl. Abbildung 28). Im Jahr 2010 begann der Verbrauch von Biokraftstoffen jedoch wieder zu steigen. Nicht abgebildet ist der Anteil von Biokraft-

[31] Exklusive Müll und Deponiegase. Zahlen von 2010, Quelle: eigene Berechnung, Daten aus BMWi [2011] Tabelle 4 und Tabelle 20

stoffen am gesamten Kraftstoffverbrauch in Deutschland, allerdings entwickelte sich dieser nahezu identisch mit dem Verlauf des gesamten Angebots von Biokraftstoffen. Nach einer Spitze im Jahr 2007 mit 7,2 Prozent Biokraftstoffen am Gesamtmarkt lag der Wert in 2009 bei 5,5 Prozent [BMU 2010a, S. 13].

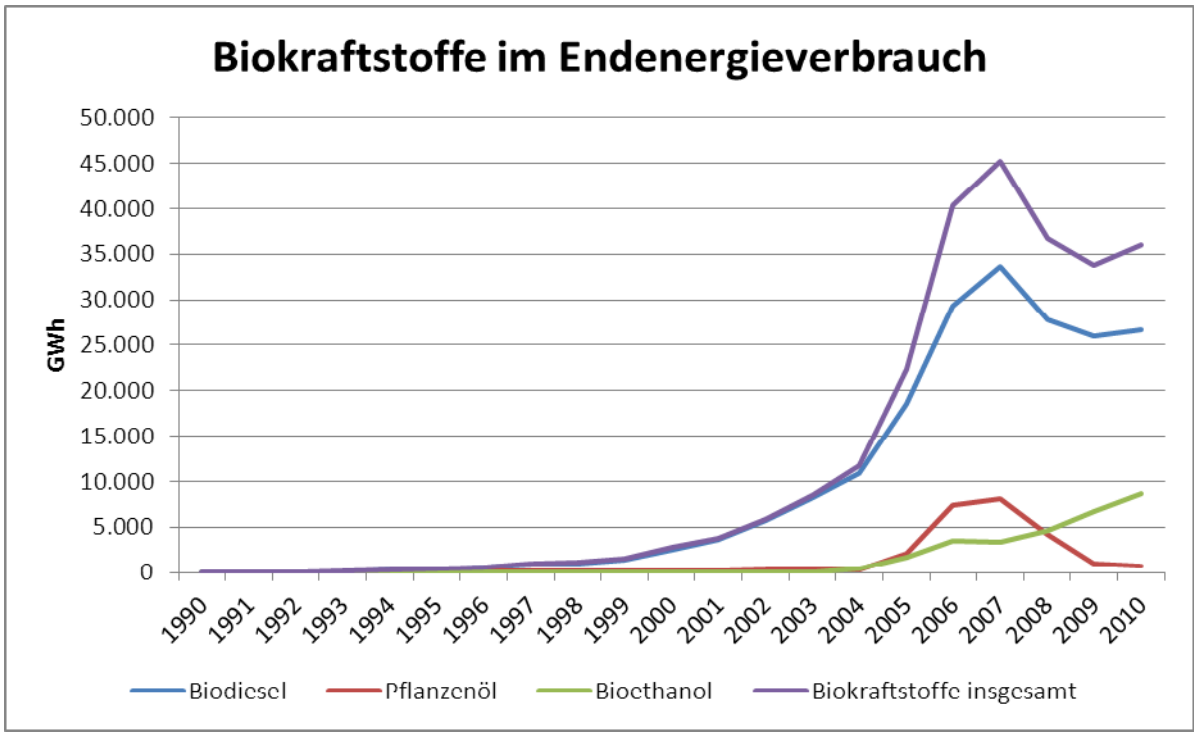


Abbildung 28, Quelle: eigene Darstellung, Daten: BMWi [2011] Tabelle 20

Ein ungebremster Anstieg ist hingegen bei der Nutzung von Biogas zu beobachten. Besonders seit 2006 hat sich der Zuwachs noch einmal beschleunigt. Wie bereits in Kapitel I beschrieben, liegt Deutschland damit vermutlich als zweitgrößter (nationaler) Markt für Biogas direkt hinter China. Genutzt werden kann Biogas als Brennstoff in Blockheizkraftwerken zur Strom- und Wärmeerzeugung oder als Ersatz für Erdgas durch die direkte Einspeisung in das Erdgasnetz. Die Nutzung als Kraftstoff für die Mobilität ist prinzipiell möglich, jedoch bisher nicht großflächig zur Anwendung gekommen. Auch die Direkteinspeisung scheint bis zum Jahr 2009 kaum nennenswerten Umfang gehabt zu haben. Die Deutsche Energie-Agentur (DENA) sagt jedoch gerade für die kommenden Jahre ein stärkeres Wachstum dieser Nutzungsmöglichkeit voraus (vgl. Abbildung 29). Dies steht im Einklang mit den politischen Zielsetzungen der Bundesregierung, welche verstärkt auf die Einspeisung des aufbereiteten Biogases abzielt. Ob die Kosten der Einspeiseanlagen einen solchen Ausbau erlauben, ist derzeit noch nicht abzusehen. (Zu den technischen und wirtschaftlichen Hintergründen der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz vgl. den Exkurs zum Thema am Ende vom Kapitel IV.)

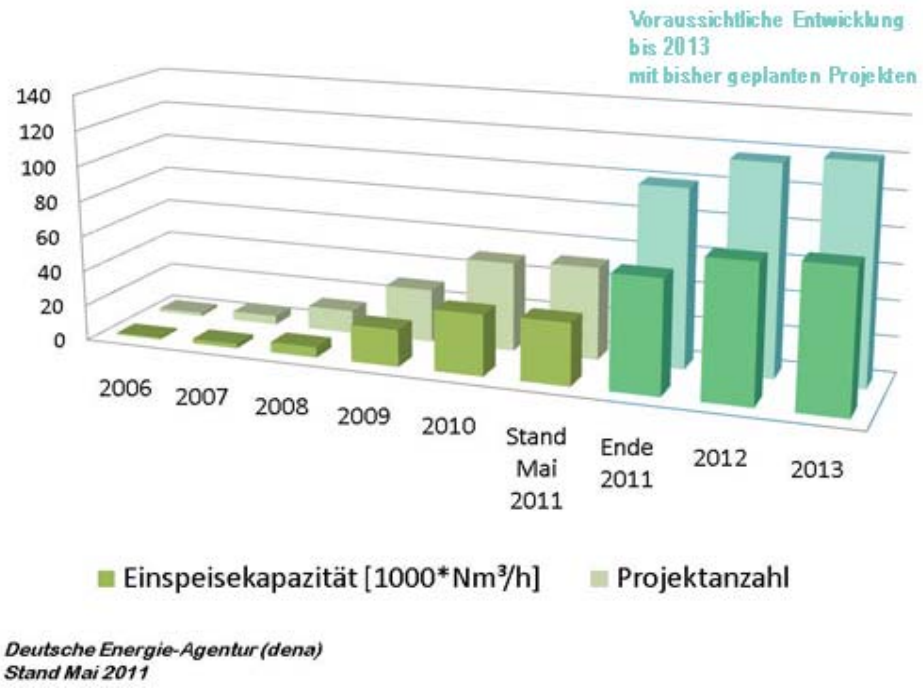


Abbildung 29, Quelle: DENA [2011]

Die bisherige Biogasförderung im Rahmen des EEG fokussierte vielmehr auf die Direktverstromung vor Ort. Tatsächlich zeigte sich bereits in den letzten Jahren ein starkes Wachstum dieser Form der Biogasnutzung als Reaktion auf die gesicherten Einspeisevergütungen des EEG. Abbildung 30 zeigt die Anzahl der Biogasanlagen im Zeitablauf und die deutliche Entwicklung, die die Biomasseverstromung seit dem Jahr 2000 genommen hat.

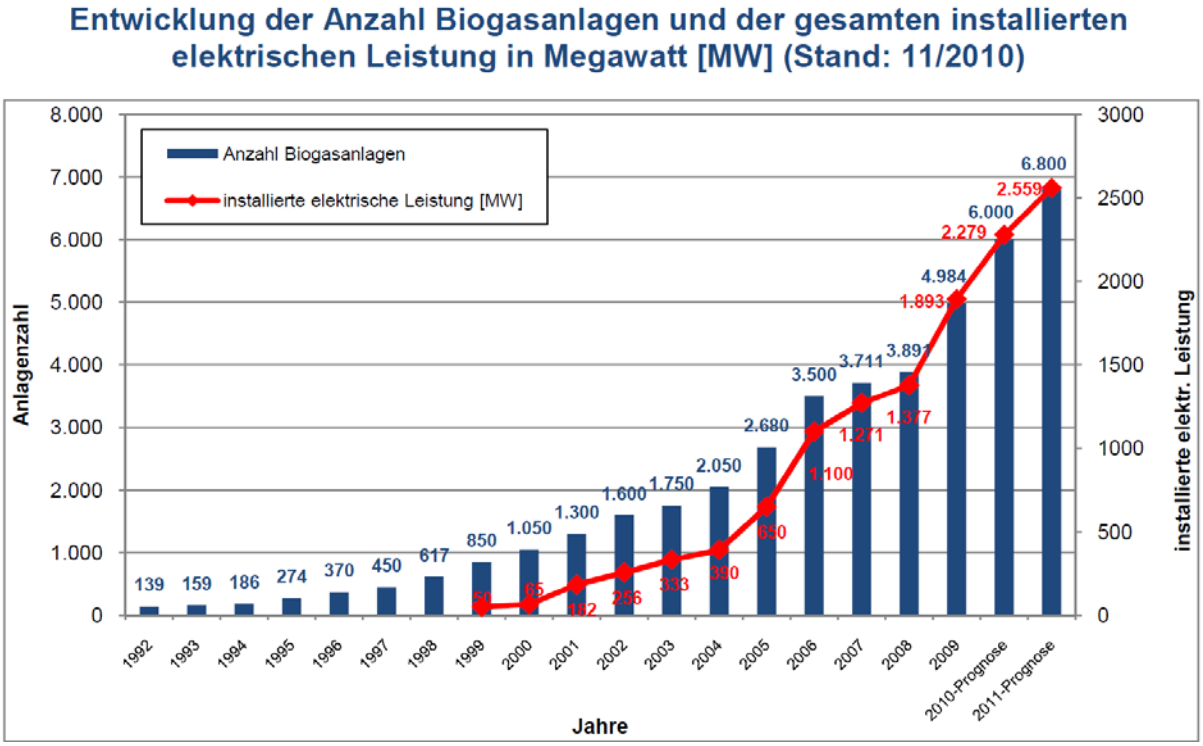


Abbildung 30, Quelle: Fachverband Biogas [2010]

Auffällig ist der beschleunigte Anstieg der installierten elektrischen Leistung seit 2004. Abbildung 31zeigt die Strombereitstellung aus allen Erneuerbaren Energien im Zeitablauf und markiert die jeweiligen Zeitpunkte der Änderungen im EEG. Die Novellierung von 2004 fällt deutlich mit einem stärkeren Wachstum im Bereich der Biomasseverstromung zusammen.

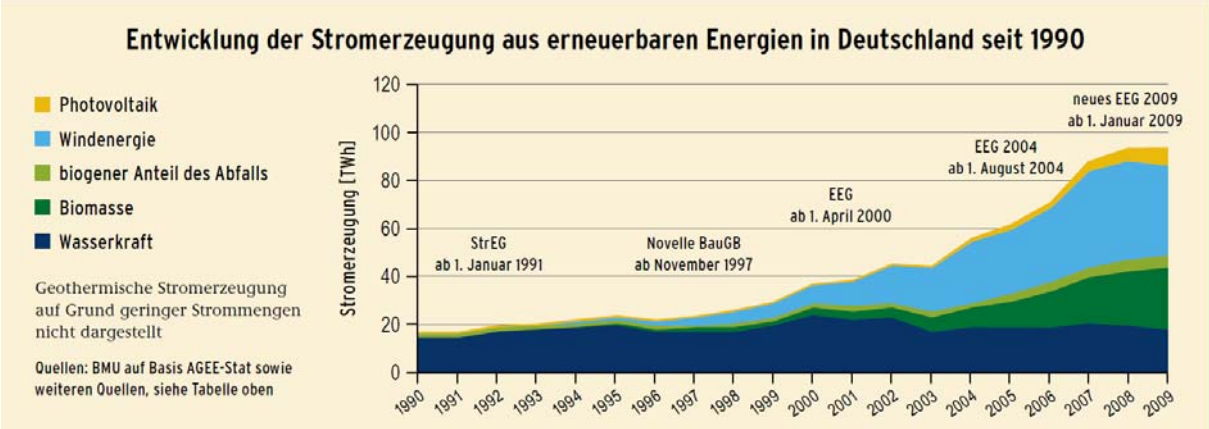


Abbildung 31, Quelle: BMU, 2010a, S.14

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Anteil der Biomasse an der Stromeinspeisung nicht allein auf Biogas zurückzuführen ist. Neben Biogas trägt feste Biomasse einen nennenswerten Anteil zur EEG-vergüteten Stromproduktion bei.

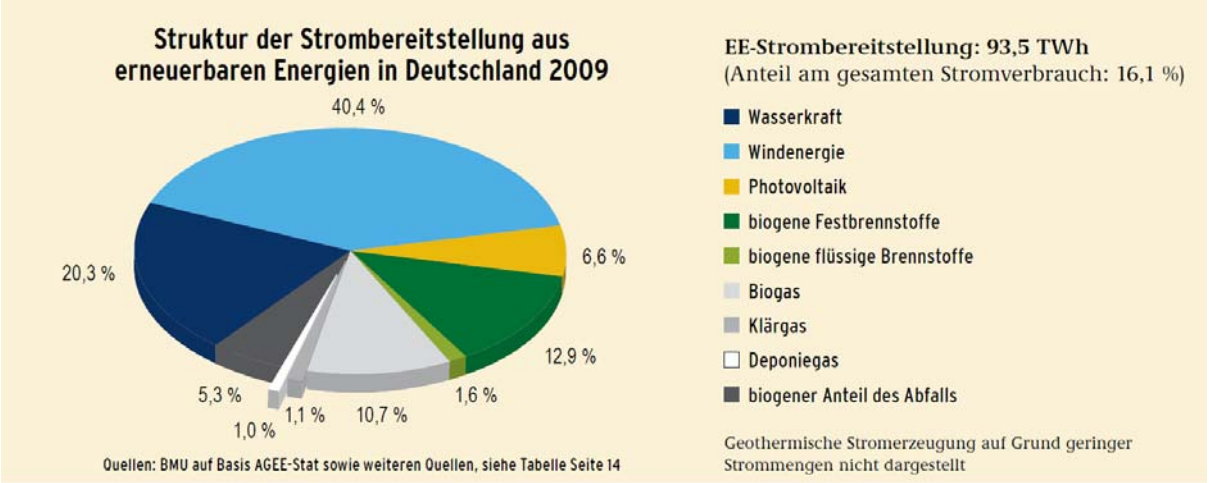


Abbildung 32, Quelle: BMU, 2010a, S. 13

Ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal der Stromerzeugung aus Biomasse ist die im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern stetige Leistung und die Speicherbarkeit der Energie. Im Vergleich zeigt sich deutlich, dass Biomasse noch vor der Wasserkraft den größten Beitrag an der Gesamtproduktion bezogen auf die installierte Leistung liefert. Damit wird auch klar, dass die Biomassenutzung in einem auf erneuerbaren Energien fußenden Energiesystem einen wichtigen Beitrag zu einer stabilen Strombereitstellung liefern könnte.

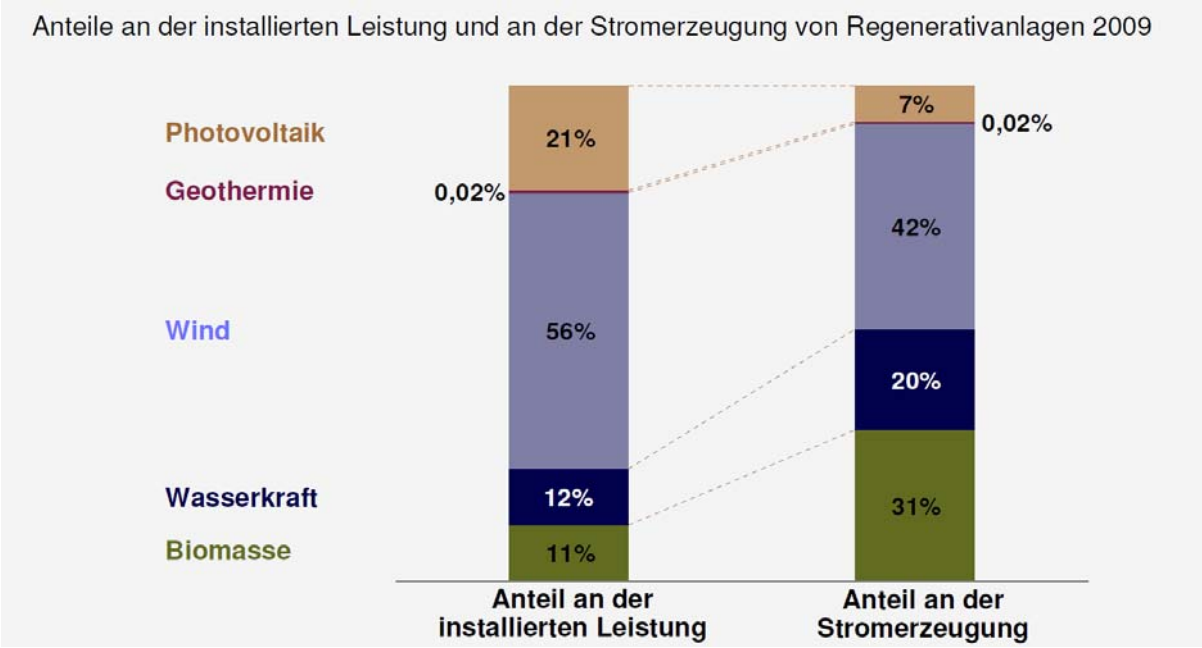


Abbildung 33, Quelle: BDEW [2010], S.7

Gleichzeitig genießt die Biomassenutzung im Rahmen des EEG die zweithöchste Förderung im ganzen Spektrum der erneuerbaren Energien, bei einer insgesamt sehr breiten Spanne der möglichen Vergütungen in Abhängigkeit von der eingesetzten Technik (vgl. Abbildung 34).

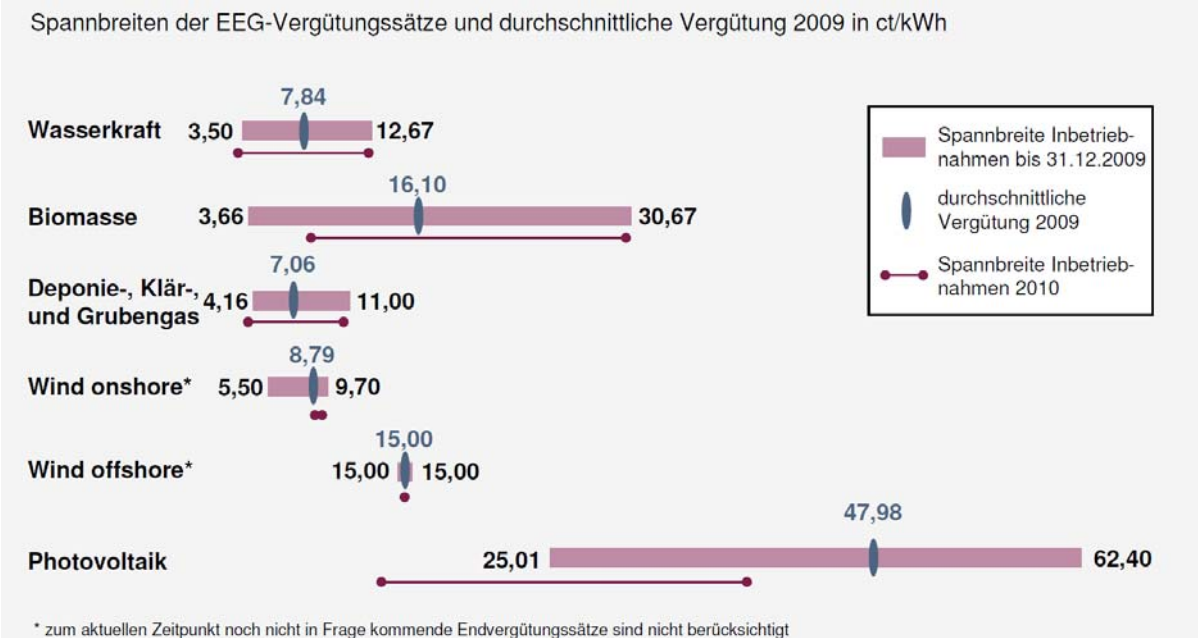


Abbildung 34, Quelle: BDEW [2010]

Die EEG-Vergütung hat aufgrund des deutlichen Ausbaus der Biomasseverstromung in den letzten Jahren auch unerwartete Transfereffekte. Da die Differenzkosten der EEG-Vergütung auf den Stromverbrauch umgelegt werden, gleichzeitig jedoch die Zentren des Stromverbrauchs nicht mit den Zentren der Erzeugung überlappen, ergeben sich Umverteilungseffekte zwischen den Bundesländern. Anders als die öffentliche Diskussion über die Verteilung von Windstrom aus Norddeutschland in die Verbrauchszentren im Süden derzeit nahelegt, gehen die finanziellen Transfers jedoch weniger von Süden nach Norden als vielmehr von den Industriestandorten zu den

Agrar- und Flächenländern. Hauptprofiteur in diesem Vergleich ist Bayern, welches zwar kaum Windkonverter, dafür jedoch intensiv Photovoltaik und Biomasse ausgebaut hat, also die beiden Energieformen mit den höchsten Fördersätzen [vgl. BDEW 2010]. Für die Biomassenutzung ist eine deutliche Korrelation zwischen den landwirtschaftlichen Flächen des jeweiligen Bundeslandes und der installierten Leistung bei der Biomasseverstromung zu erkennen.

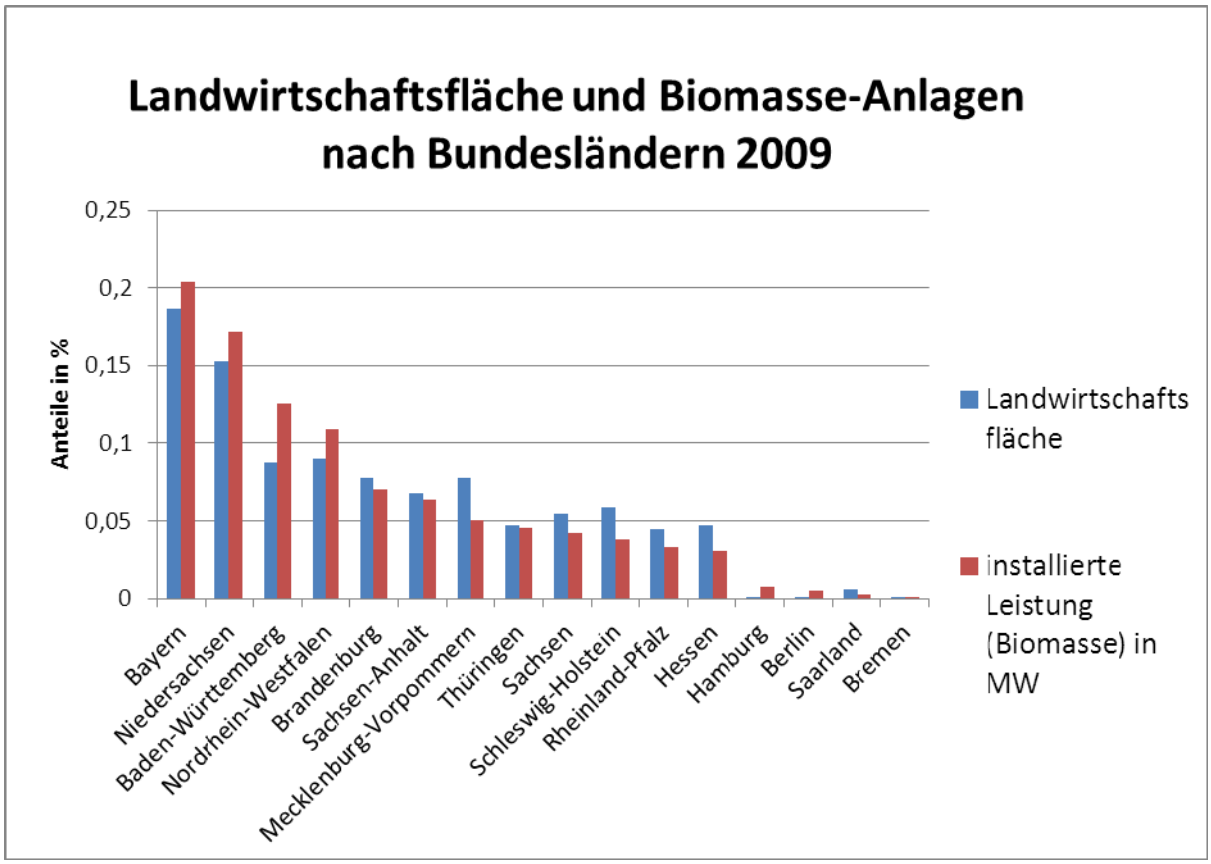


Abbildung 35, Quelle: eigene Darstellung, Daten: Destatis [2011], BDEW [2011]

Dieser deutliche Zusammenhang ist jedoch nicht allein ausschlaggebend für die Nettoposition bei den EEG-Erlösen, sondern muss um den Stromabsatz im jeweiligen Bundesland ergänzt werden. Abbildung 36 zeigt die Zuflüsse und Abflüsse der EEG-Zahlungen für Biomasseanlagen für einzelne Bundesländer gemeinsam mit den Nettopositionen.

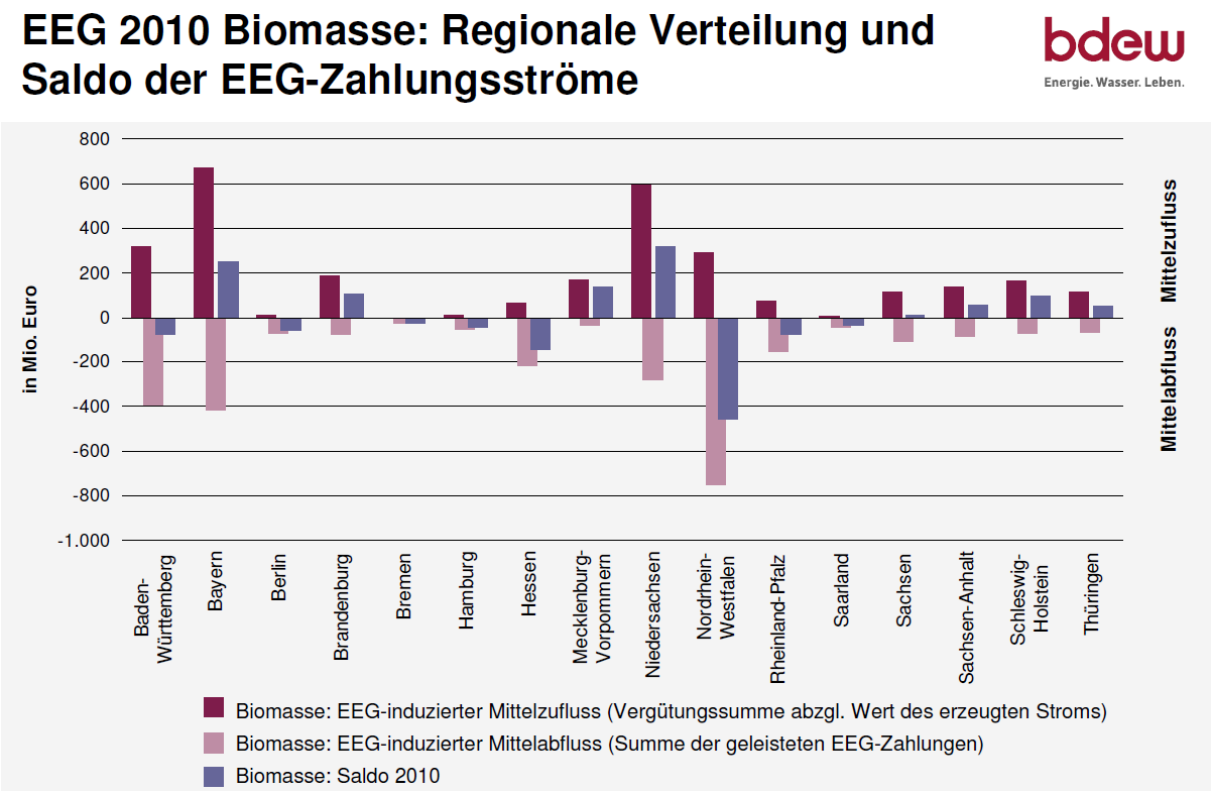


Abbildung 36, Quelle: BDEW [2010]

IV.4.2) Potentiale für den weiteren Ausbau der Bioenergienutzung in Deutschland?

Der deutliche Zusammenhang von landwirtschaftlicher Fläche und Biogasanlagen heute weist darauf hin, dass ein weiterer Ausbau der Biomassenutzung von dem verfügbaren Flächen- und Ertragspotential der Landwirtschaft abhängt. Dieses Potential lässt sich kaum allgemein bestimmen, sondern hängt stets davon ab, welche Flächen für die Biomassenutzung mit in Betracht gezogen werden. Verschiedene Studien kommen in dieser Frage zu teilweise recht unterschiedlichen Ergebnissen.

Die Agentur für erneuerbare Energien prognostiziert in ihrem „Potenzialatlas Bioenergie“ die Entwicklung der regenerativen Energien in Deutschland und insbesondere den Anteil der Bioenergie bis zum Jahr 2020 [AEE 2009]. Dabei wird die im Jahr 2008 tatsächlich für die Bioenergie genutzte landwirtschaftliche Fläche mit 1,6 Mio. ha Land angegeben, wobei die Prognose / das Potential für 2020 mit 3,7 Mio. ha Land angegeben wird. Dies entspräche knapp 22 Prozent der landwirtschaftlichen Fläche in Deutschland. Der Ausbau soll ermöglicht werden, ohne die Nahrungsmittelversorgung zu beeinträchtigen. So kalkuliert die Agentur mit freiwerdenden Flächen durch höhere Erträge auf der verbleibenden landwirtschaftlichen Fläche (entspricht ca. 1 Mio. ha), indem aufgrund des Bevölkerungsrückgangs weniger Fläche für die Nahrungsmittelversorgung benötigt wird (ca. 0,4 Mio. ha) und durch die Aktivierung von Brachflächen (ca. 0,8 Mio. ha). Abzüglich der für Siedlungs- und Verkehrsprojekte benötigten Fläche (-0,1 Mio. ha) ergibt sich der geschätzte Ausbau von 2,1 Mio. ha im Jahr 2020.

Dabei soll vor allem der Anbau von Mais und Getreide zur Biogasherstellung um mehr als die Hälfte zunehmen, zusätzlich zu dem derzeit relativ hohen Anteil von Raps für Biodiesel und

Getreide und Zuckerrüben zur Bioethanol-Herstellung [vgl. AEE, 2009, S. 8]. Neben dem Anbau dieser Energiepflanzen soll auch fast das gesamte Potential von Reststoffen bis 2020 voll ausgeschöpft werden. Zu diesen Reststoffen zählen Gülle, Mist, Stroh, Erntereste, Biomüll, Altfett, Restholz und Klärschlamm. In der Summe schätzt die Studie für das Jahr 2020 den Anteil von Bioenergie am Kraftstoffverbrauch in Deutschland auf 21,4 Prozent, am Wärmeverbrauch auf 13,1 Prozent und am Stromverbrauch auf 9,1 Prozent (vgl. S. 16f).

Die Zahlen des „Potenzialatlas" basieren weitgehend auf einer Studie des Deutschen Biomasse Forschungszentrums [DBFZ 2009]. Die Studie des DBFZ untersucht strategische Hemmnisse und Nutzungskonkurrenzen beim Ausbau der Biomasse, insbesondere auch mit Blick auf die Lebensmittelversorgung bei einer wachsenden Nachfrage nach Bioenergie. Die Autoren weisen ebenfalls darauf hin, dass schon 2007 im Kraftstoffmarkt das Gros des verwendeten Biodiesels importiert wurde. Hier zeigt sich das Problem einer rein inländischen Potentialberechnung anhand von Flächenvergleichen: Es ist im Vorhinein nicht absehbar, ob die Flächen, die theoretisch für die Biomasseproduktion geeignet wären, auch tatsächlich für die Deckung eines durch staatliche Förderung gesteigerten Bedarfs herangezogen werden. In offenen Märkten ist davon auszugehen, dass sich die Nutzer die jeweils günstigsten Bezugsquellen für ihre Rohstoffe suchen und die Produktion auf inländisch verfügbaren Flächen nur dann aufgenommen wird, wenn die erzielbaren Preise die Produktionskosten decken. Da Agrargüter jedoch, wie ausführlich besprochen, weitgehend auf Weltmärkten gehandelt werden, und die Weltmarktpreise nicht wesentlich von der deutschen Nachfrage abhängen, ist ein direkter Zusammenhang von inländischem Konsum und inländischer Produktion nicht notwendigerweise gegeben. Inwieweit die theoretisch verfügbaren Potentiale also tatsächlich wirtschaftlich genutzt werden, ist im Vorhinein kaum absehbar, und nur unter Berücksichtigung der komplexen Strukturen der deutschen und europäischen Agrarpolitik zu beantworten. Folglich enthält sich dieses Gutachten einer Bewertung der Perspektiven für den weiteren Ausbau der Biomasseproduktion in Deutschland. Hervorgehoben werden soll an dieser Stelle nur, dass die Verfügbarkeit von Flächen und die tatsächlich Inbetriebnahme der entsprechenden Flächen keiner einfachen Mechanik von lokalem Angebot und inländischer Nachfrage folgen.

IV.5. Fazit zur Politischen Förderung der Bioenergienutzung

Als die drei zentralen Ziele der Energiepolitik gelten die Umweltverträglichkeit, die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung. Die Förderung von Bioenergienutzung muss sich an diesen Zielen mithilfe bestimmter Bewertungskriterien messen lassen. Als solche kommen die folgenden Punkte in Betracht: (1) die Zielerfüllung / Treffsicherheit der Maßnahme, also die Antwort auf die Frage: „wird das gewünschte Ziel der Förderung mit hoher Sicherheit erreicht?", (2) die Sozialverträglichkeit: „kann ausgeschlossen werden, dass bestimmten Gruppen übermäßige Belastungen zugemutet werden?" und (3) die Kosteneffizienz / Ökonomische Effizienz: „wird das gewünschte Ziel auf eine kostengünstige Art und Weise erreicht?". Gerade beim letzten Punkt, der Kosteneffizienz, ist auf mögliche Zielkonflikte zwischen den einzelnen Zieldimensionen zu achten.

Der Energiepolitik stehen zur Umsetzung der genannten Ziele unterschiedliche Instrumente zur Verfügung, die sich insbesondere im Hinblick auf Effektivität, Effizienz, Innovationsfreundlichkeit und Flexibilität unterscheiden. Neben ordnungsrechtlichen Regelungen, sind Steuern und Abgaben, direkte Subventionen, sowie marktbasierte Instrumente zu nennen.

Die Kosteneffizienz von ordnungsrechtlichen Instrumenten ist insofern fraglich, da sie durch strikte Regelungen den einzelnen Akteuren nur eingeschränkte technische Optionen zur Umsetzung lassen. Flexibler und innovationsfreundlicher sind marktbasierte Instrumente, wie beispielsweise Zertifikathandelssysteme wie der Europäische Emissionshandel (EU-ETS). Hier wird das Gesamtziel einer bestimmten Einsparung von der Politik festgelegt, es bleibt jedoch den einzelnen Akteuren überlassen, ob sie selbst Emissionseinsparungen vornehmen wollen oder über den Kauf von Zertifikaten die Reduktionsbemühungen anderer Teilnehmer vergüten. In einem funktionierenden System sollten so die günstigsten Einsparungsmöglichkeiten einer Volkswirtschaft effizient genutzt werden. Nicht zu vernachlässigen sind jedoch die direkten Regulierungs- und Transaktionskosten, die mit der Installation des Systems und dem Handel verbunden sind und gerade kleinere Akteure überdurchschnittlich stark treffen. Ein umfassender Zertifikatshandel in einer Volkswirtschaft scheint daher keine realistische Option.

Der Einsatz von Steuern bzw. Steuerausnahmen stellt ein weiteres innovationsfreundliches Politikinstrument dar, an dem die Energieproduzenten ihre Entscheidungen über mögliche Investitionen flexibel ausrichten können. Die Kosten von Steuersubventionen sind jedoch nur schwer kalkulierbar. Gründe dafür sind unter anderem die wechselnden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie zum Beispiel Wechselkurse, internationale Preisentwicklungen und Wachstumsraten. Der hohe Kostendruck spielte auch bei Brasiliens Entscheidung eine Rolle, die steuerliche Förderung von Biokraftstoffen zu reformieren. Durch die Förderung von Bioethanol aus Zuckerrohr war eine künstliche und sehr stark preissensitive Nachfrage geschaffen worden, die bei Veränderungen der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen einbrach.

Da vor allem im Energiebereich getätigte Investitionen die Struktur von Erzeugung / Verbrauch oft über mehrere Jahre oder Jahrzehnte binden, können direkte öffentliche Subventionen in diesen Bereichen oft sinnvoll sein. Sie beschleunigen den strukturellen Wandel indem sie die Investitionskosten für die einzelnen Akteure herabsetzen. Entsprechende Maßnahmen sind meist sehr teuer und laufen Gefahr, Mitnahmeeffekte zu produzieren, also Eigeninvestitionen zu subventionieren, die auch ohne die Maßnahme in Kürze durchgeführt worden wären.

Das vorliegende Kapitel stellt weiterhin die Förderpraxis ausgewählter Staaten im Hinblick auf die Bioenergienutzung vor. Mit Blick auf Deutschland wird neben dem Förderinstrumentarium auch ein Überblick über den bisherigen Stand der Bioenergienutzung geboten. In der Gesamtsicht wird deutlich, dass für die modernen Bioenergieträger wie Biodiesel, Bioethanol und Biogas, die Nutzung massiv, wenn auch nicht ausschließlich, von der staatlichen Subventionspolitik getrieben wird. Biokraftstoffe haben sich bisher nur in den USA, der EU und Brasilien nennenswert entwickelt. In Europa und Nordamerika sind hierfür die Beimischungspflichten als wichtigste Gründe zu nennen. Die brasilianische Ethanolproduktion aus Zuckerrohr kann hingegen bei hohen Ölpreisen mit fossilen Kraftstoffen konkurrieren. Auch die deutsche Biogasproduktion genießt eine großzügige Förderung durch das EEG und lag im Jahr 2009 bereits auf dem gleichen Niveau wie für die gesamten USA. Mehr Biogas wird wahrscheinlich nur in China produziert; China war 2008 Spitzenreiter in diesem Segment, und setzt dafür anscheinend weitgehend auf die politische Förderung ressourcensparender Aufbereitung von organischen Abfällen und Gülle. Verlässliche und aktuelle Angaben für China sind derzeit leider nicht verfügbar.

Im folgenden Kapitel wird auf die Ergebnisse aus anderen Kapiteln eingegangen, um schließlich zu einer abschließenden Bewertung von Förderung und Nutzung der Bioenergie anhand der oben genannten Kriterien zu gelangen.

V.) Fazit

Im ersten Kapitel der vorliegenden Studie wurden die unterschiedlichen Formen der energetischen Nutzung von Biomasse vorgestellt und ein Überblick über die weltweite Nutzung gegeben. Den bei Weitem wichtigsten Beitrag zum Primärenergieverbrauch aller nicht-fossilen biogenen Energieträger liefert die feste Biomasse, also die klassische Nutzung von Holz und Dung als Brennstoff in den Entwicklungs- und Schwellenländern. Tatsächlich steigt der Verbrauch solcher fester Brennstoffe auch weiterhin kontinuierlich an. Viel dynamischer, wenn auch von geringerem absoluten Niveau ausgehend, wächst der Verbrauch von Biodiesel, Bioethanol und Biogas. Die Nutzung von Biokraftstoffen konzentriert sich dabei vor allem auf die USA, Brasilien und die Europäische Union. Biogas macht einen noch geringeren Anteil des Primärenergieverbrauchs aus und ist erst in den letzten Jahren massiv ausgebaut worden. Auch ist die Nutzung von Biogas noch stärker in einzelnen Ländern konzentriert als dies bei den Biokraftstoffen der Fall ist. Nachdem die USA Ende der neunziger Jahre weltweit den größten Absatz von Biogas aufwiesen, sind sie zwischenzeitlich von der Europäischen Union und China abgelöst worden. In der Summe wurden im Jahr 2008 allein in China, Deutschland und den Vereinigten Staaten mehr als drei Viertel des weltweiten Biogases verbraucht. Eine solch starke Konzentration auf ansonsten recht unterschiedliche Länder verdeutlicht, wie sehr die Entwicklung der Branche durch den politischen Willen getrieben ist. Umso wichtiger ist die kosteneffiziente und zielführende Ausgestaltung des Förderinstrumentariums. Es ist weitgehend davon auszugehen, dass die chinesische Nutzung auf der Nutzung von Reststoffen wie Gülle und organischen Abfällen beruht, ohne dass dies verlässlich aus offiziellen Daten zu belegen wäre. Im Gegensatz dazu werden in den USA und Deutschland auch eigens angebaute Energiepflanzen für die Biogaserzeugung angebaut und verwendet.

Gerade die Nutzung von Energiepflanzen wie Mais für die Produktion von Ethanol und Biogas hat im Jahr 2008 zur Debatte über die Nutzungskonkurrenz zwischen Bioenergie und der Nahrungsmittelproduktion geführt. Kapitel II befasst sich daher mit dem Zusammenhang von Rohstoffpreisen für Energie- und Agrargüter, und speziell mit dem Effekt der Bioenergienutzung auf die Preisentwicklung für Agrarrohstoffe.

Der Überblick über die Veröffentlichungen zur Preisentwicklung zeigt einen breiten Konsens darüber, dass eine Kopplung von Nahrungsmittelpreisen und den Preisen für Energiegüter existiert, und dass die verstärkte Nutzung von Bioenergie diese Kopplung verstärkt. Problematisch sind in diesem Zusammenhang vor allem die ungewöhnlich hohen Preisniveaus, die sich sowohl 2008 als auch 2011 in Energie- und Nahrungsmittelmärkten zeigen. Derartige Preisausschläge können die weltweite Ernährungslage insbesondere für die ärmeren Schichten in den Entwicklungsländern deutlich verschlechtern. Mit Blick auf die Nahrungsmittelkrise von 2008 steht vor allem die enorm angestiegene Produktion von Bioethanol aus Mais in den Vereinigten Staaten im Vordergrund der Kritik. Die Bioethanolproduktion aus brasilianischem Zuckerrohr wird hingegen als weniger kritisch eingestuft, da die Flächennutzung für Zuckerrohr nicht direkt mit der Produktion von Grundnahrungsmitteln in Konkurrenz stehe. Gleichzeitig sind im Jahr 2008 weitere kritische Faktoren gemeinsam aufgetreten, die zu rasant steigenden Preisen in den Nahrungsmittelmärkten führten: Zu nennen sind die US-Dollarschwäche, hohe Energiepreise, Ernteausfälle für Weizen im Jahr 2007, Handelsbeschränkungen und Hamsterkäufe auf dem Reismarkt. Im Ergebnis lässt sich keine monokausale Ursachenzuschreibung für die Nahrungsmittelkrise von 2008 durchführen. Die hier vorgestellten Studien sehen zwischen 30 Prozent [Rosegrant 2008] und 75 Prozent [Mitchell 2008] der Preisanstiege für Grundnahrungsmittel in der Nutzung von Biokraft-

stoffen begründet. Mit dem wirtschaftlichen Einbruch in Folge der Finanzkrise haben sich die Nahrungsmittelpreise wieder normalisiert, jedoch ist dies vor allem darauf zurück zu führen, dass die wichtigsten Einflussfaktoren nun mit umgekehrtem Vorzeichen wirkten. Mit Blick auf die weitere Entwicklung ist festzustellen, dass die Faktoren, die 2008 zur Verknappung von Nahrungsmitteln führten, auch weiterhin präsent sind. Die Kapazitäten zur Herstellung von Biokraftstoffen bleiben bestehen und sind bei hinreichend hohen Ölpreisen auch ohne politische Förderung profitabel einzusetzen. Der weitere Ausbau dieser Kapazitäten, zum Beispiel aufgrund staatlicher Unterstützung, wird die Koppelung von Agrargüterpreisen und Energiepreisen weiter verstärken. Diese kommt umso stärker zu tragen, je höher die weltweiten Energiepreise liegen. Angesichts der aktuellen Ölpreise jenseits der 100-USD-Grenze (Nordseesorte Brent) und hohen Preisprognosen für die kommenden Jahre ist mit einer engen Kopplung zwischen Agrar- und Energiepreisen zu rechnen. Kommen weitere Faktoren hinzu, so ist eine Wiederholung der Situation von 2008 nicht ausgeschlossen.

Zeitlich parallel zur Ausweitung der Bioenergienutzung im vergangenen Jahrzehnt, aber ursächlich unabhängig davon, nahmen auch die Aktivitäten von Finanzakteuren sowohl in Energie- als auch Agrarmärkten deutlich zu. Einige Autoren sehen hierin einen Hauptgrund für die stärkere Kopplung von Energie- und Agrargüterpreisen. Veröffentlichte Studien zum Einfluss von Finanzinvestoren auf die Preisbildung in Energie- und Rohstoffmärkten kommen zu teilweise gegensätzlichen Ergebnissen. Dennoch lassen sich einige Gemeinsamkeiten bei den grundlegenden Fakten identifizieren. Die zunehmende „Financialization“ der Rohstoffmärkte sorgt für einen verstärkten Einfluss von Faktoren, die nicht direkt mit Angebot und Nachfrage nach dem jeweiligen Produkt in Verbindung stehen, sondern die sich durch das Anlageverhalten von Finanzinvestoren ergeben. Dadurch ergibt sich ebenfalls ein verstärkter Gleichlauf von Güterpreisen, die historisch und fundamental nur wenig gemeinsame Treiber aufweisen. Insbesondere ist mit einem verstärkten Gleichlauf von Energiepreisen und den Preisen für Agrarrohstoffe mit energetischer Nutzung zu rechnen. Auch wenn der Fokus der Studien beim Einfluss von spekulativen Investments liegt, weisen mehrere der aufgeführten Studien der Nutzung von Biokraftstoffen eine relevante Rolle bei der Preisbildung zu. Die Position Mitchells, dass spekulative Übertreibungen in den Agrarmärkten durch die Biokraftstoffproduktion erst zum Tragen gekommen seien, ist jedoch weder eindeutig zu stützen noch zu widerlegen. Schließlich ist sich bereits in der Frage, ob Spekulation überhaupt nennenswert die Preise für Agrargüter verzerrt habe, das Gros der Autoren nicht vollständig einig.

Kapitel III beschreibt, inwieweit die energetische Nutzung von Biomasse dazu beitragen kann, den Ausstoß von Treibhausgasen zu senken. Eine Literaturübersicht zeigt, dass die Einsparpotentiale bei verschiedenen Energieträgern sehr unterschiedlich ausfallen und stark von der Wahl der eingesetzten Energiepflanze, dem Anbauverfahren, der Anbauregion, der speziellen Produktionstechnologie und dem Alter der Produktionsanlagen abhängen. Eine allgemeine Quantifizierung der Einsparpotentiale ist daher aufgrund der großen Varianzen nicht sehr aussagekräftig. Im Kraftstoffsektor fallen die Vermeidungseffekte durch die Nutzung von Biomasse deutlich niedriger aus als bei der Bereitstellung von Wärme und Strom, wie eine Vielzahl von Studien untersucht. Die Ergebnisse variieren je nach Studie zwischen über 60 Prozent bis minus 70 Prozent. Werden hingegen Landnutzungsänderungen durch steigende Nachfrage und Preiseffekte zusätzlich berücksichtigt, so erscheint die Bilanz weitgehend negativ. Die vorgestellten Studien weisen in diesem Fall eine negative (bis -70 Prozent) CO_2-Bilanz von Biokraftstoff im Vergleich zu herkömmlichen fossilen Kraftstoffen aus. Die positiven Effekte der Bioenergienutzung können in den Simulationen kurzfristig, das heißt innerhalb der nächsten Jahrzehnte, die eintretenden negativen Effekte der Landnutzungsänderungen nicht kompensieren. Im Gegensatz dazu hat Bioener-

gie, die aus Abfall-Biomasse produziert wird, keinen direkten Einfluss auf die Landnutzung und kann daher deutlich einfacher zu einer Emissionsreduktion beitragen. Die geschätzten Minderungspotentiale bei Ethanol aus Abfall-Cellulose liegen bei 29 bis 86 Prozent [vgl. Shi et al 2009]. Ähnliches gilt für Biomasse, die auf bisher brachliegenden Feldern wächst bzw. Landflächen nutzt, die zurzeit nur wenig CO_2 binden. Die optimale Nutzung der Potentiale von biogenen Reststoffen und Energiepflanzen können daher einen nicht unerheblichen Beitrag zur Treibhausgasminderung beitragen.

Somit hat die energetische Nutzung von Biomasse das Potential, die Treibhausgasemissionen zu senken und so zum Klimaschutz beizutragen. Problematisch sind jedoch die durch eine steigende Biokraftstoff-Nachfrage resultierenden Landnutzungsänderungen, die bei einigen Produktionsverfahren auftreten. Speziell zu nennen wären hier zum Beispiel die Ausweitung der Herstellung von Bioethanol durch den amerikanischen Maisanbau oder die Rodung von Regenwäldern für den Anbau von Zuckerrohr oder Ölsaaten zur Gewinnung von Alkohol oder Biodiesel, welche die Gesamtemissionen der Biokraftstoffe über die von fossilen Energieträgern steigen lassen kann.

Kapitel IV widmet sich den Zielen und Instrumenten der Energiepolitik mit einem Schwerpunkt bei der Förderung der Nutzung von Bioenergie. Die Förderpolitik muss sich dabei an den drei Oberzielen der Sicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung messen lassen. Als Bewertungskriterien ist neben Effektivität und Effizienz auch die Sozialverträglichkeit der Maßnahmen zu prüfen.

In Bezug auf die Umweltverträglichkeit stellt sich an vorderster Stelle die Frage nach der Effektivität der Nutzung von Bioenergie zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen. Wie die Vorarbeiten aus Kapitel III zeigen, ist gerade beim Biokraftstoff durch Landnutzungsänderungen die Klimabilanz teilweise negativ. Um klimaschädlicher Landverdrängung entgegen zu wirken, wird oft die Einführung von Zertifikationssystemen für Biomasse diskutiert. Die Problematik besteht jedoch darin, indirekte Landverdrängungseffekte bei der Erstellung von solchen Zertifizierungen zu vermeiden. Auch die Erzeugung von Biomasse auf zertifizierten Landflächen kann nicht vermeiden, dass steigende Preise für Ackerflächen andere Landnutzungsformen auf bisher ungenutzte Flächenwie zum Beispiel Regenwälder ausweichen, wenn potentiell nutzbare Landflächen bereits für die Bioenergieproduktion verwendet werden. Hierin liegt die bei weitem größte Herausforderung für die umweltverträgliche Nutzung von Biokraftstoffen.

Um Nutzungskonkurrenzen zu minimieren, ist es daher nötig, innerhalb des Zertifizierungsverfahrens die Nutzung von biogenen Reststoffen in den Vordergrund zu rücken. Beim Ausbau der landwirtschaftlichen Biomasseproduktion sollten vor allem brachliegende Landflächen und wirtschaftlich ungenutzte Landflächen mit niedrigen CO_2-Speicherkapazitäten verwendet werden. Die Förderung von Energiepflanzen mit niedrigen Einsparpotentialen, wie zum Beispiel Mais, sollte zu Gunsten umwelteffizienterer Pflanzen eingeschränkt werden. Noch günstiger fällt für die Klimabilanz die effiziente Nutzung von Reststoffen aus, so dass sich eine Vielzahl der beschriebenen Probleme gar nicht erst einstellt.

Auch die Verbesserung der Versorgungssicherheit durch Biokraftstoffe und Biogas wird als Begründung für die politische Förderung angeführt. So wird in den USA besonders beim dortigen Militär die Verwendung von Biokraftstoffen gefördert. Tatsächlich ist die Importabhängigkeit der westlichen Staaten bei fossilen Brennstoffen enorm und die politischen Systeme der Erzeugerländer sind nicht sehr stabil. Fraglich ist jedoch, ob der derzeitige Bedarf an Erdöl und Erdgas überhaupt nennenswert aus Biomasse ersetzt werden kann. Die enormen Volumina, welche

Erdgas und Erdöl am weltweiten Primärenergieverbrauch ausmachen, werfen hier große Zweifel auf. Dies gilt umso mehr, da auch die Biomasse, welche für die Produktion von Biodiesel verwendet wird, teilweise importiert wird, und eine verstärkte Kopplung der Agrar- und Energiepreise die Unsicherheit des einen Marktes auf den anderen überträgt. Die Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen (und damit die Verbesserung der Versorgungssicherheit als Ganzes) scheint daher durch andere Maßnahmen besser erreichbar zu sein, beispielsweise durch Effizienzverbesserungen und der Einschränkung des Primärenergiebedarfs.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass es zu Zielkonflikten zwischen Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit kommen kann. Zum Beispiel wird Bioethanol aus Mais in den USA seit Jahrzehnten massiv finanziell und steuerlich vom Staat unterstützt, obwohl die CO_2-Bilanz von amerikanischem Bio-Ethanol deutlich schlechter ausfällt als die Bilanz importierten Ethanols aus Brasilien. Auch für Europa stellt sich die Frage, ob der Import von Biomasse ökologisch effizienter sein kann als die Förderung der einheimischen Biomasse, je nachdem wie gut die Landnutzungseffekte am Produktionsstandort beherrscht werden können. Die Entscheidung, welchem Ziel bei Zielkonkurrenzen der Vorrang eingeräumt wird, ist jedoch letztlich eine politische und keine ökonomische Entscheidung.

Die Sozialverträglichkeit der energetischen Nutzung von Biomasse hängt entscheidend davon ab, welchen Einfluss die Biomasseproduktion auf die Nahrungsmittelpreise haben wird. Viel stärker als für die Industriestaaten, in denen die Bioenergie genutzt wird, gilt dies für Entwicklungsländer. Die Ausweitung der Biokraftstoffproduktion war wahrscheinlich ein relevanter Faktor, der an der Nahrungsmittelkrise von 2008 mitgewirkt hat. Bei einer Ausweitung der Biomassenutzung sollte daher verstärkt auf die sozial- und umweltverträgliche Ausweitung der Produktion geachtet werden. Insgesamt scheint eine Fokussierung auf die Nutzung von Reststoffen die beste Möglichkeit, Umwelt- und Sozialverträglichkeit gleichzeitig zu fördern. Auch national sind Umverteilungseffekte aufgrund von Fördermaßnahmen möglich, wenn bei Überförderung wenige Produzenten ungerechtfertigt hohe Renditen auf Kosten der Allgemeinheit erwirtschaften können. Umso wichtiger ist eine auf Effizienz ausgerichtete Energiepolitik.

Ein weiterer von der Politik stets mitberücksichtigter Aspekt ist die Schaffung von neuen Arbeitsplätzen. Dies ist zum Beispiel dadurch erkennbar, dass auch im Rahmen des American Jobs Creation Act (2004) Biokraftstoffe gefördert wurden. Im Rahmen einer Studie [Neuwahl et al. 2008] wurden die Auswirkungen eines steigenden Biokraftstoff-Anteils am Gesamtkraftstoffverbrauch auf die Beschäftigung in Europa analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Erhöhung des Biokraftstoff-Anteils zu einer Verlagerung von Arbeitsplätzen führen wird, aber die Veränderungen der Gesamtbeschäftigung in allen betrachteten Szenarien sehr moderat ausfielen. Die Größenordnung lag netto bei plus/minus 300.000 Arbeitsplätzen auf Basis von 200 Millionen Arbeitsplätzen in der EU insgesamt. An dieser Stelle sollte jedoch darauf hingewiesen werden, dass die Energiepolitik sich nicht an den Ergebnissen für den Arbeitsmarkt messen lassen sollte. Das Ziel der Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung formuliert bereits den Anspruch an eine effiziente Ausgestaltung des energiepolitischen Instrumentariums, um Marktversagenstatbestände zu korrigieren und die Belastungen der Haushalte und Unternehmen gering zu halten. Darüber hinaus gehende Zielsetzungen laufen Gefahr, die Komplexität der jeweils betroffenen Märkte und Interaktionen zu unterschätzen und somit letztlich kontraproduktiv zu wirken.

Vor diesem Hintergrund ist auch besonders auf die Effekte von Regulierungsüberlagerung zu achten. Flexible, marktwirtschaftliche Instrumente wie beispielsweise das Europäische Emissionshandelssystem (EU-ETS) sind meist kosteneffizient, da sie den jeweiligen Akteuren die Suche

nach der günstigsten Alternative überlassen, um die Regulierungsvorgaben zu erfüllen. Im EU-ETS wird somit jede Maßnahme oder technische Erneuerung, die zu einer Emissionsreduktion mit geringeren Kosten als der geltende Zertifikationspreis führt, politisch gefördert. Gleichzeitig ist die Emissionsmenge in den betroffenen Sektoren politisch festgeschrieben. Anstrengungen die Gesamtemissionen z.B. des Stromsektors zu verringern, werden ausschließlich dazu führen, dass die frei werdenden Emissionszertifikate an anderer Stelle genutzt werden, die Gesamtemissionen also gleich bleiben. Die deutsche Subvention von aus Biogas erzeugtem Strom führt also auf europäischem Level zu keinerlei Verringerung der Gesamtemissionen von Treibhausgasen. Negativ fällt die Bilanz sogar aus, wenn die Herstellung des Biogases mit Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft verbunden ist, wie beispielsweise die Abgase landwirtschaftlicher Maschinen bei Maisanbau, welche nicht dem Emissionshandel unterliegen. So misst sich schlussendlich die Emissionseinsparung durch die Verstromung von Biogas nur noch danach, ob jeweils die Emissionen beim Transport fossiler oder nachwachsender Rohstoffe zum Brennkessel geringer ausfallen.

Die bisherige Abdeckung des EU-ETS erfasst nicht alle Branchen, und es erscheint fraglich, ob eine volle Abdeckung aller Emissionen in einer Volkswirtschaft zu annehmbaren Kosten zu bewerkstelligen ist. Eine Einbindung jedes Haushalts und jeden Fahrzeugs in den Emissionshandel ist in den kommenden Jahren nicht wahrscheinlich und vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit auch nicht notwendig die effizienteste Lösung. Der Einsatz von Steuern bzw. Steuerausnahmen stellt ein weiteres flexibles und innovationsfreundliches Politikinstrument dar, an dem die Betroffenen ihre Entscheidungen über mögliche Investitionen flexibel ausrichten können. Aus Gründen der Effizienz sollte jedoch darauf geachtet werden, dass allen anfallenden Emissionen in der Volkswirtschaft ein ähnlicher Preis zugewiesen wird. Klimapolitik für Sektoren außerhalb des EU-ETS sollte sich folglich am Zertifikatspreis je Tonne CO_2 orientieren. Nach einer Studie für den BDI [McKinsey 2007] werden die Vermeidungskosten im Verkehrssektor durch die Nutzung nachhaltig erzeugten Ethanols im Jahre 2020 zwischen 132 €/t CO_2-Äq. und 322 €/t CO_2-Äq. liegen. Der Niedrigere der beiden Preise kommt zustande, wenn Biokraftstoffe der zweiten Generation verwendet werden, bei denen nur zellulosehaltige Rohstoffe wie Grünabfälle, Stroh oder Holz zur Energiegewinnung genutzt werden. Im Vergleich dazu liegt der Preis für ein Emissionsrecht seit Anfang 2011 unter 17 Euro pro Tonne CO_2. Bis zum Jahr 2020 wird dieser Preis wahrscheinlich noch steigen, allerdings liegen die derzeitigen Schätzungen bei 20 bis 30 Euro pro Tonne CO_2[32]. Dies zeigt, dass eine Förderung von Biokraftstoffen im Vergleich zu CO_2-Einsparpotentialen in anderen Industriesektoren nicht kosteneffizient sein kann. Auch wenn gegebenenfalls aus Wettbewerbsgründen davon abgewichen wird, sollte die Energiepolitik eine gleichmäßigere Bepreisung aller Treibhausgasemissionen nicht aus dem Auge verlieren, um bei gegebenem finanziellem Aufwand auch eine größtmögliche Emissionsvermeidung zu erreichen.

Abgesehen von den aktuellen Ineffizienzen im Bereich der CO_2-Regulierung nimmt die energetische Nutzung von Biomasse eine entscheidende Rolle bei der Transformation zu einem weitgehend CO_2-freien Energiesystem ein. Biogene Energieträger zeichnen sich vor allem durch ihre Vielseitigkeit und Speicherbarkeit gegenüber witterungsabhängigen Energieformen wie Wind und

[32] Die Energieszenarien der Bundesregierung verweisen für 2020 auf einen Preis von 20€/t CO_2 gemessen in realen Preisen von 2008. Der World Energy Outlook der International Energy Agency rechnet für 2020 bei der aktuellen politischen Lage mit Preisen von 30 USD/t CO_2, bzw. mit maximal 45 USD/t CO_2, im Falle eines ambitionierten Klimaschutzabkommens. Barclays Capital hat jüngst seine Preisprognosen bis zum Ende des Jahrzehnts von zuletzt 30 €/t CO_2 auf 23 €/t CO_2 abgesenkt. Quelle eingesehen am 12.07.2011 : http://www.reuters.com/article/2011/07/01/us-barcap-carbon-idUSTRE76015T20110701

Photovoltaik aus. Die Direkteinspeisung von Biogas in das Erdgasnetz ist bereits ein Beispiel dafür, wie bestehende Infrastruktur genutzt werden kann, um zukünftig eine flexible Bereitstellung mit Energie aus erneuerbaren Quellen zu gewährleisten. Die angepeilte Transformation in der Energieversorgung erfordert es jedoch, eine Vielzahl von Möglichkeiten zu verfolgen, Innovationen zuzulassen und gegebenenfalls Investitionen anzustoßen.

Umso wichtiger ist es, die staatlichen Ressourcen auf Bereiche zu lenken, in welchen von privater Seite eher Unterinvestitionen zu erwarten sind. Das betrifft insbesondere die Forschung und Entwicklung im Bereich der Verwertung von Reststoffen, und zwar sowohl die Grundlagenforschung als auch die angewandte Forschung. Die wirtschaftlichen Erträge von Forschungsprojekten sind meist hochgradig unsicher und teilweise schwer zu privatisieren. Vor diesem Hintergrund ist eine Investitionszurückhaltung von privater Seite rational und zu erwarten. Eine staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der biogenen Brennstoffe erfüllt somit die wichtigsten Kriterien effizienter Förderpolitik.

Literaturverzeichnis

Abbott, P. C., C. Hurt und W. E. Tyner (2008), *What's Driving Food Prices?*, Farm Foundation – Issue Report, www.farmfoundation.org, Oak Brook, Illinois, USA, Juli 2008.

Abbott, P. C., C. Hurt und W. E. Tyner (2008), What's Driving Food Prices? March 2009 Update, Farm Foundation – Issue Report, www.farmfoundation.org, Oak Brook, Illinois, USA, März 2009.

Adam J., A.J. Liska, H.S. Yang, V.R. Bremer, T.J. Klopfenstein, D.T. Walters, G.E. Erickson und K.G. Cassman (2010), Improvements in Life Cycle Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Corn-Ethanol, Journal of Environmental Quality Vol. 39, S. 1-11.

AEE (2009), Erneuerbare Energien 2020 - Potenzialatlas Deutschland, Sonderausgabe Bioenergie, Agentur für Erneuerbare Energien, Berlin, Dezember 2009.

Baffes, J. und T. Haniotis (2010), Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective, Policy Research Working Paper Nr. 5371, The World Bank Development Prospects Group, July 2010.

BDEW (2010), Erneuerbare Energien und das EEG in Zahlen, Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Stand 02.12.2010, eingesehen am 26.05.2011 unter www.bdew.de .

Berger, R., E. Bothendorf, V. Klinkert, B. Meyer-Prescher, Bernd und W. Urban (2010), *Gasnetze der Zukunft : Studie zu den Auswirkungen der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz auf den Netzbetrieb und Endverbraucher*, Fraunhofer UMSICHT (Oberhausen) / Balance-VNG-Bioenergie GmbH (Leipzig), Fraunhofer Verlag, Stuttgart, Juni 2010.

Biofuels Platform (2010), *Production of Biofuels in the World – Data 2009*, ENERS Energy Concept, eingesehen am 27.07.2011 unter http://www.biofuels-platform.ch/en/infos/production.php

BMU (2010a), *Erneuerbare Energien in Zahlen: Nationale und internationale Entwicklungen*, Stand Juni 2010, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), eingesehen am 25.05.2011 unter http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/2720 .

BMU (2010b), *Erneuerbare Energien in Zahlen – Internet-Update ausgewählter Daten*, Stand 15.12.2010, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.), eingesehen am 25.05.2011 unter http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/2720 .

BMU / BMW (2010), *Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit / Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.), Berlin, 28.09.2010.

BMWi (2011), *Zahlen und Fakten – Energiedaten – nationale und internationale Entwicklung*, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.), Stand: 27.04.2011, eingesehen am 23.05.2011 unter http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Statistik-und-Prognosen/energiedaten.html

Chen, X. (2010), A dynamic analysis of U.S. Biofuels policy impact on land use, greenhouse gas emissions and social, *Dissertation*, erhältlich unter https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/16807/1_Chen_Xiaoguang.pdf?sequence=2, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2010.

Cherubini , F., N.D. Bird, A. Cowie, G. Jungmeier, B. Schlamadinger und S. Woess-Gallasch (2009), Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations, *Resources, Conservation and Recycling Vol. 53, S. 434-447.*

Ciaian, P. und d'A. Kancs (2011), Interdependencies in the energy-bioenergy-food price systems: A cointegration analysis, *Resource and Energy Economics*, Vol. 33, S. 326-348.

Commission of the European Communities (2006), *Biofuels progress report: Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the member state of the European Union*, COM(2006) 845 final, Brussels.

Cowie, A. (2009), *Global challenges for sustainability of biofuels: life cycle assessment of GHG emissions*. IEA Bioenergy Task 38., erhältlich unter www.iea.org/work/2009/bangkok/2_2_Cowie.pdf.

DBFZ (2009), *Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung – 1. Zwischenbericht*, Deutsches Biomasse-Forschungs-Zentrum, Leipzig, Februar 2009.

DBFZ(2010), *Monitoring zur Wirkung des Erneuerbaren-Energien-Gesetze (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung von Biomasse*, Kurztitel: Stromerzeugung aus Biomasse, Zwischenbericht, Deutsches Biomasse-Forschungs-Zentrum, Leipzig, März 2010.

Delzeit, R.; K. Holm-Müller und W. Brizt (2011), *Ökonomische Bewertung des Erneuerbaren Energien Gesetzes zur Förderung von Biogas*, Kiel Working Paper No. 1682.

DENA (2011), *Marktentwicklung in Deutschland*, Deutsche Energie-Agentur, eingesehen am 26.05.2011 unter http://www.biogaspartner.de/index.php?id=11871 .

Destatis (2011), *Landwirtschaftsfläche nach Bundesländern*, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, eingesehen unter https://www-genesis.destatis.de/genesis/online am 14.06.2011.

Fabiosa, J. F., J. C. Beghin, F. Dong, A. Elobeid, S. Tokgoz und T.-H. Yu (2010), Land Allocation Effects of the Global Ethanol Surge: Predictions from the International FAPRI Model, *Land Economics* Vol. 86 (4), S. 687-706.

Fachverband Biogas (2010), *Biogas Branchenzahlen 2010*, eingesehen am 26.05.2011 unter: http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen .

FAO (2008), *The State of Food and Agriculture – Biofuels: prospects, risks and opportu*nities, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom, 2008.

Fargione, J., J. Hill, D. Tilman, S. Polasky und P.Hawthorne (2008), Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt, *Science Vol. 319, S. 1235-1238.*

Farrel, A.E., R.J. Plevin, B.T. Turner, A.D. Jones, M. O´Hara und D.M. Kammen (2006), Ethanol Can Contribute to Energy and Environmetal Goals, *Science* Vol. 311, S. 506-508.

Gerdes, K.J. (2009), *NETL's Capability to Compare Transportations Fuels: GHG Emissiones and Energy Security Impacts*, erhältlich unter http://www.netl.doe.gov/energy-analysis/pubs/Petroleum%20Fuels%20GHG%20Modeling_Feb %025a.pdf , National Energy Technology Laboratory, 2009.

Gilbert, C.L. (2010), *Speculative Influences on Commodity Futures Prices 2006-2008*, United Nations Conference on Trade and Development Discussion Papers No. 197, United Nations (Hrsg.), März 2010.

Hamburg, S. (2010), *Biomass feedstocks and the climate implications of bioenergy*, Presentation at EIA 2010 Energy Conference: Short-Term Stresses Long-Term Change, erhältlich unter http://www.eia.doe.gov/conference/2010/session2/hamburg.pdf, Hamburg, 2010.

Headey, D. und S. Fan (2008), Anatomy of a crisis: the causes and consequences of surging food prices*, Agricultural Economics*, Vol. 38 supplement.

Hertel, T.W, A.A. Golub, A.D. Jones, M. O´Hare, R.J. Plevin und D.M. Kammen (2010): Global, Land Use and Greenhous Gas Emissions Impacts of U.S. Maize Ethanol: The Role of Market-Mediated Respones, *BioScience Vol. 60, S. 223–231.*

IEA (2010), Extended world energy balances, *IEA World Energy Statistics and Balances (database)*,doi: 10.1787/data-00513-en, eingesehen am 12.05.2011.

IEA-Dok (2010a), *Energy Balances of OECD Countries: Beyond 2020 Documentation (2010 Edition)*, erhältlich unter http://wds.iea.org/wds/pdf/doc_OECDBAL_2010.pdf, eingesehen am 17.05.2011, International Energy Agency, Paris, 2010.

IEA-Dok (2010b), *Energy Balances of Non-OECD Countries: Beyond 2020 Documentation (2010 Edition)*, erhältlich unter http://wds.iea.org/wds/pdf/documentation_WEDBAL_2010.pdf, eingesehen am 17.05.2011, International Energy Agency, Paris, 2010.

Inamura, Y., T. Kimata, T. Kimura und T. Muto (2011), Recent Surge in Global Commodity Prices – Impact of financialisation of commodities and globally accommodative monetary conditions, *Bank of Japan Review*, International Department, Bank of Japan, März 2011.

Irwin, S.H., D.R. Sanders, R.P. Merrin (2009), Devil or Angel? The Role of Speculation in the Recent Commodity Price Boom (and Bust), *Journal of Agricultural and Applied Economics*, Nr. 41(2).

Ivanic, M. und W. Martin (2008), *Implications of Higher Global Food Prices for Poverty in Low-Income Countries*, Policy Research Working Paper 4594, The World Bank Development Research Group Trade Team, April 2008.

IWF (2011), *Primary Commodity Prices*, http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.asp, eingesehen am 12.05.2011, International Monetary Fund, Washington, 2011.

Johnson, E. (2009), Goodbye to carbon neutral: Getting biomass footprints right, *Environmental Impact Assessment Review Vol. 29 (3), S. 165-168.*

Josling, T.und D. Blandford, J. Earley (2010) *Biofuel and Biomass Subsidies in the U.S., EU and Brazil: Towards a Transparent System of Notification*, IPC Position Paper.

von Ledebuhr, E.-O. und J. Schmitz (2011), *Preisvolatilität auf landwirtschaftlichen Märkten*, Arbeitsberichte aus der vTI-Agrarökonomie Nr. 5/2011, Institut für Marktanalyse und Agrarhandelspolitik am Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, April 2011.

Marland, G., und B. Schlamadinger (1995), Biomass Fuels and Forest-Management Strategies: How do we calculate the greenhouse-gas emissions benefits, *Energy*, Vol. 20(11), S. 1131-1140.

MCCS (2010): *Massachusetts Biomass Sustainability and Carbon Policy Study: Report to the Commonwealth of Massachusetts Department of Energy Resources*. Walker, T. (Ed.). Contributors: Cardellichio, P., Colnes, A., Gunn, J., Kittler, B., Perschel, R., Recchia, C., Saah, D., and Walker, T., Manomet Centre for Conservation Sciences ,Natural Capital Initiative Report NCI-2010-02. Brunswick, Maine.

Melillo, J.M., J.M. Reilly, D.W. Kicklighter, A.C. Gurgel, T.W. Cronin, S. Paltsev, B.S. Felzer, X. Wang, A.P. Sololov und C.A. Schlosser (2009), Indirect Emissions from Biofuels: How Important?, *Science* Vol. 326, S. 1397-1390.

Mitchell, D. (2008), *A Note on Rising Food Prices*, Policy Research Working Paper No. 4682, The World Bank Development Prospects Group, Juli 2008.

NBB (2011), The National Biodiesel Board (NBB), http://www.biodiesel.org/ , eingesehen am 08.06.2011

Neuwahl, F., Löschel, A., Mongelli, I. und L. Delgado (2008), Employment impacts of EU biofuels policy: Combining bottom-up technology information and sectoral market simulations in an input-output framwork, Ecological Economics, Vol. 68, S. 447-460.

NYT (2007), World Food Supply Is Shrinking, U.N. Agency Warns, Beitrag von Elisabeth Rosenthal, *New York Times*, 18.12.2007, eingesehen unter http://www.nytimes.com am 18.05.2011.

NYT (2008), Across Globe, Empty Bellies Bring Rising Anger, Beitrag von Marc Lacey, *The New York Times*, New York print edition, 18.04.2008, S. A1, eingesehen unter http://www.nytimes.com am 16.05.2011.

OECD/IEA (1994): *Biofuels, Energy and Environment Policy Analysis Series*, OECD Publications, Paris, France.

Pfuderer, S. und M. de Castillo (2008), *The Impact of Biofuels on Commodity Prices*, Department for Environment, Food and Rural Affairs (Defra) - Economics Group (Hrsg.), London, April 2008, erhältlich unter www.defra.gov.uk .

REN21 (2010): *Renewables 2010 Global Status Report*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Paris, September 2010.

RFA (2011) *Pocket Guide to Ethanol*, Renewable Fuels Association, erhältlich unter http://www.ethanolrfa.org/pages/rfa-pocket-guide-to-ethanol, eingesehen am 08.06.2011.

Rosegrant, M. W. (2008), *Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses*, Testimony for the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs, 07.05.2008, International Food Policy Research Institute (Hrsg.), Washington DC.

Schmidhuber, J. (2008), *Impact of an Increased Biomass Use on Agricultural Markets, Prices and Food Security: A Longer-term Perspective*, Proceedings from the conference "Energy Security in Europe" 24-25 September 2007, CFE Conference Papers Series No. 2, Lunds Universitet, Lund, 2008.

Schnepf, R. (2008), *High Agricultural Commodity Prices: What Are the Issues?*, CRS Report for Congress, Congressional Research Service, Washington DC, USA, 6. Mai 2008.

Searchinger, T., R. Heimlich, R.A. Houghton u.a. (2008), Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change, *Science,* Vol. 319, S. 1238-1240.

Shi, A.Z., Koh, L.P., und Tan, H.T.W. (2009): *The biofuel potential of municipal solid waste* GCB Bioenergy Vol. 1, S 317–320.

Sinn, H.W. (2008), Teller oder Tank?, Kapitel 4 in *Das grüne Paradoxon*, Econ Verlag, S. 204-250.

Timmer, C.P. (2008), *Causes of High Food Prices*, ADB Economics Working Paper Series No. 128, Asian Development Bank, Oktober 2008.

Timmer, C.P. (2009), Did Speculation Affect World Rice Prices?, *ESA Working Paper No. 09-07*, Agricultural Development Economics Devision, The Food and Agriculture Organization of the United Nations, April 2009.

Trostle, R., *Global Agricultural Supply and Demand: Factors Contributing to the Recent Increase in Food Commodity Prices, A Report from the Economic Research Service*, United States Department of Agriculture, WRS-0801, revidierte Fassung, Juli 2008.

Tyner, W. und F. Taheripour, Biofuels, Policy Options, and Their Implications: Analyses Using Partial and General Equilibrium Approaches, *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization* Vol. 6 (special issue), 2008.

UNCTAD (2011), *Price Formation in Financialized Commodity Markets: The Role of Information*, Secretariat of the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), New York und Genf, Juni 2011.

Urban, W. (Hrsg.), *Gasnetze der Zukunft - Studie zu den Auswirkungen der Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz auf den Netzbetrieb und Endverbraucher*, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen, Juni 2010.

USDA (2011), *Feed Grains Database*, U.S. Department of Agriculture (USDA), Economic Research Service (ERS), http://www.ers.usda.gov/data/feedgrains/CustomQuery/, eingesehen am 08.06.2011.

Valero-Gil, J. N. und M. Valero (2008), The effects of rising food prices on poverty in Mexico, *Agricultural Economics* Vol. 39 supplement, S.485–496.

Zezza, A., B. Davis, C. Azzarri, K. Covarrubias, L. Tasciotti und G. Anriquez, *The Impact of Rising Food Prices on the Poor*, ESA Working Paper No. 08-07, Agricultural Development Economics Division – The Food and Agriculture Organization of the United Nations, August 2008.