

# Deutschland – Energie-Corn-Belt Europas? Germany – the European energy-corn-belt?

Horst Gömann und Peter Kreins

Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig

Thomas Breuer

Universität Bonn

## Abstract

The amendment of the Renewable Energy Sources Act (EEG) in 2004 has established an attractive support of using renewable resources for energy production, which since then has fuelled a rapid expansion of the competitive cropping of energy maize. The regionalised agricultural sector model RAUMIS was applied to calculate expected energy maize production as well as impacts on agricultural land use, production and income. Accordingly, the energy maize acreage rises up to about 1.8 mill hectares in the long run leading to substantial land use changes. The produced energy maize for biogas and power generation respectively is sufficient to provide circa 9% of the current German total electricity generation. In regard to the costs for the current consumer which amount to 4.4 bn € per year compared to electricity on the basis of fossil resources as well as the long term commitment to this specific power generation technology it is strongly recommended to review the measures set out in the EEG with respect to its efficiency to achieve the pursued objectives.

## Key words

Renewable Energy Sources Act; biomass; energy maize; agricultural sector model; land-use

## Zusammenfassung

Durch die Novellierung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2004 wurde eine attraktive Förderung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe zur Energieerzeugung eingeführt, die seitdem zu einer rasanten Ausdehnung des wettbewerbsstarken Anbaus von Energiemais geführt hat. Mit Hilfe des regionalisierten Agrarsektormodells RAUMIS wurden die zu erwartende Energiemaisproduktion sowie die Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Landnutzung, Produktion und Einkommen ermittelt. Demnach steigt die Energiemaisfläche langfristig auf rund 1,8 Mio. ha, was zu substantiellen Änderungen der Landnutzung führt. Der produzierte Energiemaisrohstoff zur Erzeugung und Verstromung von Biogas reicht aus, um ca. 9 % der derzeitigen deutschen Stromerzeugung bereitzustellen. Angesichts der gegenüber der Stromerzeugung aus

fossilen Energieträgern jährlich um ca. 4,4 Mrd. Euro höheren Ausgaben der Stromverbraucher sowie der langfristigen Festlegung auf diese Energieerzeugungslinie wird empfohlen, das Förderinstrumentarium des EEG hinsichtlich seiner Effizienz auf die damit angestrebten vielfältigen Ziele zu überprüfen.

## Schlüsselwörter

Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG); Biomasse; Energiemais; Agrarsektormodell; Landnutzung

## 1. Einleitung

Im Jahr 2004 wurde das Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) novelliert, um insbesondere im Interesse des Klima-, Natur- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte zu verringern, einen Beitrag zur Vermeidung von Konflikten um fossile Energieressourcen zu leisten und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien zu fördern. Dazu soll der Anteil Erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2010 auf mindestens 12,5 % und bis zum Jahr 2020 auf mindestens 20 % erhöht werden (DEUTSCHER BUNDESTAG, 2004).

Mit dem EEG wurde eine attraktive Förderung des Einsatzes nachwachsender Rohstoffe (NaWaRo) zur Energieerzeugung eingeführt. Beispielsweise ist der Einsatz von Energiepflanzen in Biogasanlagen durch die Gewährung des NaWaRo-Bonus wirtschaftlich interessant geworden. Weitere Boni für eine Abwärmesenke (KWK-Bonus) und für den Einsatz innovativer Technologien beispielsweise einer Biogas-Aufbereitung und Einspeisung ins Erdgasnetz

(Technologie-Bonus) geben weitere Anreize. Vor allem die Planungssicherheit aufgrund des auf 20 Jahre garantierten Stromeinspeisepreises nach Erstellung einer Biogasanlage und die Gewinnmöglichkeiten bilden die wesentlichen Anreizkomponenten, in den Biogasbereich zu investieren. Der Einspeisepreis beträgt derzeit durchschnittlich rund 17 Euro Cent je kWh und liegt um etwa 12 Euro Cent je kWh höher als der Großhandelspreis für Grundlaststrom (BMWi und BMU, 2006). Durch die einerseits zeitlich degressive Staffelung der garantierten Einspeisepreise für neue Biogasanlagen und den andererseits erwartbaren Anstieg der Energiepreise wird sich der Preisunterschied zukünftig verringern. Selbst bei einer unterstellten Steigerung des Großhandelspreises für Strom von 50 % verbleibt eine Förderung des nachwachsenden Rohstoffbereichs von etwa 8 Euro Cent je kWh<sup>1</sup>.

Landwirte suchen im Flexibilisierungsprozess der EU-Agrarmärkte, der mit der MacSherry-Reform 1992 eingeleitet wurde, verstärkt nach Einkommensalternativen. Angesichts steigender Preise für fossile Energieträger sowie des Klimawandels wird ein stärkerer Beitrag der Landwirtschaft zur nachhaltigen Energieversorgung nach dem Motto „vom Landwirt zum Energiewirt“ gefordert und durch das novellierte EEG gefördert. Vor diesem Hintergrund etablierte sich in den letzten zehn Jahren der Anbau nachwachsender Rohstoffe auf Stilllegungsflächen zur Biokraftstoffherstellung sowie die Biogaserzeugung auf der Rohstoffbasis von Gülle und organischen Abfällen.

Durch den NaWaRo-Bonus in Verbindung mit technologischen Weiterentwicklungen bei der Biogaserzeugung weist das Verfahren „Energiepflanzenanbau zur Biogaserstellung“ erstmalig auch in Ackerbaugebieten, in denen nur geringe Güllemengen anfallen, eine hohe Wettbewerbsfähigkeit auf. War in früheren Anlagen ein hoher Gülleanteil im Gärsubstrat für einen reibungslosen Gärprozess unerlässlich, ist dies in neueren Anlagen nicht mehr erforderlich.<sup>2</sup> Dies hat entscheidende Konsequenzen für die Agrarproduktion, da die Biogaserzeugung nun nicht mehr nur auf die Veredelung des „Abfallproduktes“ Gülle der Viehhaltung beschränkt ist, sondern pflanzliche Rohstoffe in zunehmendem Maße direkt vergären kann. Der Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen tritt damit erstmals in Flächenkonkurrenz zu der bestehenden Landnutzung auf Stilllegungs- und Basisflächen.

Der Energiepflanzenanbau zur Biogaserzeugung entwickelt sich seit 2004 äußerst dynamisch. Die mit Abstand günstigste Substratbereitstellung aus nachwachsenden Rohstoffen kann durch Silomais (oder demnächst speziellen Energiemaissorten) bewerkstelligt werden (FNR, 2005a). Somit hat sich der Energiemais als wettbewerbsstärkstes Verfahren unter den nachwachsenden Rohstoffen in vielen Agrarlandschaften durchgesetzt. Die Energiemaisfläche, die 2004 rund 11 000 ha betrug, wurde auf ca. 72 000 ha im Jahr 2005 und 156 000 ha im Jahr 2006 ausgedehnt. Erlöspreise zwischen 22 - 24 €/t für Maissilage frei Biogasanlage mit 30 % Trockensubstanz in der Frischmasse und die gute Integration in die verschiedensten Fruchtfolgen führen zu

einer hohen Wettbewerbsfähigkeit selbst gegenüber dem Weizenanbau auf guten Ackerbaustandorten. Unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen ist eine starke Ausdehnung des Energiemaisanbaus zu erwarten, der bereits 2006 einen Umfang von ca. 117 000 ha auf Nicht-Stilllegungsflächen einnahm.

Vor diesem Hintergrund sind Potenzialabschätzungen zum Anbau nachwachsender Rohstoffe vor allem von Energiemais angesichts möglicher Verschiebungen der landwirtschaftlichen Produktionsstruktur und den damit verbundenen Umweltwirkungen von großer Bedeutung für die zukünftige politische Weichenstellung. In ersten Untersuchungen zu unterschiedlichen Produktlinien (vgl. FRITSCHKE et al., 2004; RAMESOHL et al., 2005) wurden Anbaupotenziale für Energiepflanzen meist annahmebasiert abgeleitet, wobei das ökonomische Anpassungsverhalten der Landwirtschaft, das die Nutzungskonkurrenzen zwischen Food- und Non-Food-Produktion widerspiegelt, unberücksichtigt blieb. Die zahlreichen, komplexen Konkurrenzbeziehungen innerhalb der landwirtschaftlichen Produktion um knappe Produktionsfaktoren, die regional sehr unterschiedlich ausgeprägt sein können, sind jedoch bei der Ermittlung des Anbaupotenzials von Energiepflanzen als Hauptkultur von zentraler Bedeutung. Daher ist der Einsatz eines agrarökonomischen Modells erforderlich, das diese komplexen Wechselwirkungen möglichst regional differenziert für Deutschland abbildet.

Das Ziel der Studie ist, das Anbaupotenzial von Energiemais zur Biogaserzeugung in Deutschland mit Hilfe des Regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystems (RAUMIS) zu ermitteln und die Auswirkungen auf Landnutzung, Produktion und Einkommen in der Landwirtschaft zu analysieren sowie die auf die Rohstoffherzeugung zurückzuführende mögliche Energieerzeugungsmenge und Wertschöpfung abzuschätzen.

Der Beitrag ist wie folgt gegliedert: Im zweiten Abschnitt wird ein Überblick über RAUMIS gegeben und die Vorgehensweise zur Modellierung und Integration des Verfahrens Energiemais in das Modell erläutert. Die Beschreibung der Referenzsituation und des Szenarios erfolgt im dritten Abschnitt. Im vierten Abschnitt werden die Modellergebnisse dargestellt und analysiert und im fünften Abschnitt Schlussfolgerungen gezogen.

## 2. Das Modellsystem RAUMIS als Analyseinstrument

### 2.1 Überblick

Das partielle Angebotsmodell RAUMIS (HENRICHSMEYER et al., 1996) bildet den deutschen Agrarsektor mit einem Prozessanalyseansatz regional differenziert ab. Die landwirtschaftliche Produktion sowie der dazu erforderliche Input werden durch rund 40 Aktivitäten und über 50 Produkten dargestellt. Das Modell ist in enger Anlehnung an die offizielle landwirtschaftliche Gesamtrechnung (LGR) konzipiert und entspricht den Regeln und Definitionen des „Europäischen Systems Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen“ (ESVG) (vgl. EUROSTAT, 1989).

Auf der Grundlage einer geschlossenen und konsistenten Datengrundlage werden derzeit 326 so genannte „Modellregionen“ unterschieden, die auf einer Zuordnung der meisten der kreisfreien Städte zu benachbarten Landkreisen

<sup>1</sup> Berechnungen in Anlehnung an BMU sowie nach fernmündlicher Auskunft von PROF. DR. G. KLEPPER (IfW, Kiel)

<sup>2</sup> Allerdings ist eine reine Monovergärung von NaWaRos derzeit noch nicht problemlos möglich.

basieren.<sup>3</sup> Für jeden der Modellkreise wird eine aktivitätsanalytisch differenzierte Matrize aufgestellt, die in einem Konsistenzrahmenmodell mit der LGR abgeglichen werden. Zum Vergleich dienen hierbei Dreijahresdurchschnitte der LGR, um von jahresspezifischen Sondereinflüssen zu abstrahieren. Die sektoralen Produktions- und Inputmengen werden auf die Modellregionen verteilt und den verschiedenen Produktionsaktivitäten zugeordnet. Dabei liegen auf Kreisebene umfassende Informationen aus Fachstatistiken zu den Produktionsumfängen der abgebildeten Aktivitäten vor, nicht jedoch zu den regional eingesetzten Inputmengen. Die ermittelten durchschnittlichen Input-Aufwendungen der einzelnen Produktionsalternativen in den jeweiligen Modellregionen basieren auf Kalkulationsdaten. Hier werden teils trendbasierte Funktionen verwendet, teils ertragsabhängige Bedarfsfunktionen eingesetzt. Zur Ableitung der Maschinenkosten, Reinvestitionskosten sowie Arbeitsbedarfe, die vor allem von der eingesetzten Technologie und den bestehenden Betriebsstrukturen abhängen, wird ein so genanntes Technologiemodul eingesetzt (HENRICHSMEYER et al., 1996, Kap. II.6).

Im Hinblick auf das Angebotsverhalten der Landwirtschaft wird Gewinnmaximierung unterstellt, wobei optimale Produktionsstrukturen in den Modellregionen im Rahmen eines Positiv Mathematischen Programmierungsansatzes (PMP) (HOWITT, 1995) bestimmt werden. In dieser nicht-linearen Formulierung bewirken die nicht-linearen PMP-Terme eine implizite Veränderung der Grenzkosten eines Verfahrens bei Veränderungen des Verfahrensumfanges, was im Vergleich zu linearen Modellen zu weichen Anpassungsreaktionen führt. Die aus der Kalibrierung des Basisjahres resultierenden PMP-Terme repräsentieren nicht explizit modellierte Effekte wie beispielsweise nicht lineare Produktionsfunktionen, Fruchtfolgeeffekte, Heterogenität der Standortbedingungen innerhalb der als homogen betrachteten Modellregion und Risikoaversion (CYPRIS, 2000, S. 39ff.).

Bei Prognosen und Wirkungsanalysen unterschiedlicher Rahmenbedingungen wird in RAUMIS ein komparativ-statischer Ansatz verfolgt. Dazu werden in einem ersten Schritt die für das Zieljahr geltenden Produktionsalternativen und Restriktionen definiert sowie die PMP-Terme fortgeschrieben. Die Spezifizierung nichtoptimierungsendogener Variablen basiert auf Trendfortschreibungen von Ertrags- und Inputkoeffizienten, Kapazitäten sowie auf exogenen Informationen beispielsweise Preisen bzw. Preisindizes aus anderen Modellen (wie CAPRI und AGMEMOD) oder von Marktexperten, z.B. BMELV, FAL. Die Anpassung der optimalen speziellen Intensität der Pflanzenproduktion orientiert sich an geänderte Produkt-Faktorpreisrelationen.

## 2.2 Modellierung der Landnutzung

Die landwirtschaftlich genutzte Fläche (LF) wird in RAUMIS in Acker- und Dauergrünland unterteilt. Diese sind bei der Optimierung unveränderliche Größen, wodurch die geforderte weitgehende regionale Konstanz der Grünland-

fläche berücksichtigt ist. Die Ackerfruchtverfahren einschließlich der Stilllegung und Brache stehen in direktem Wettbewerb um die knappe Fläche. Für ihren Flächenumfang sind der jeweilige Beitrag zur Zielfunktion und ackerbauliche Anbaubedingungen maßgeblich. Auf dem Grünland werden vier Aktivitäten mit unterschiedlicher Ertrags- und Nutzungsintensität zur Grundfutterbereitstellung unterschieden, wobei Grünlandbrache möglich ist. Bei der Optimierung beeinflussen sich die Acker- und Grünlandnutzung wechselseitig beispielsweise über die Futterproduktion oder über die gemeinsame Nutzung von Ressourcen.

## 2.3 Implementierung des Verfahrens „Energimais“

Eine Vielzahl von Kulturpflanzen in klassischen sowie neueren Anbauverfahren steht potenziell für die Biomasseproduktion zur energetischen Nutzung in Biogasanlagen zur Verfügung, die hinsichtlich ihrer Eignung unter verfahrenstechnischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten geprüft wurden und werden (vgl. KAISER et al., 2004; VETTER und REINHOLD, 2005; GÖDEKE, 2006). Die dominierende Fruchtart war bisher Mais, vor allem aufgrund seiner vergleichsweise hohen Wirtschaftlichkeit der Gärsubstratbereitstellung und vorhandener Erfahrungen beim Anbau und bei der Konservierung. Vor diesem Hintergrund wurde Energimais als Verfahren in RAUMIS implementiert und in Nutzungskonkurrenz zu den anderen landwirtschaftlichen Verfahren gestellt.

Die Verfahrensspezifizierung erfolgte auf Grundlage der funktionalen Beziehungen zur Bestimmung des Vorleistungseinsatzes (z.B. Saatgut, Düngung, Pflanzenschutzmittel, Maschinen usw.) des vergleichbaren Silomaisverfahrens, zumal gegenwärtig teilweise gleiche Sorten verwendet werden. Zukünftig werden sich Energiemaissorten, die entsprechend den Anforderungen der Biogaserzeugung einen hohen energetisch nutzbaren Ertrag je ha erzielen sollen, von Silomaissorten insbesondere hinsichtlich ihres Ertragsniveaus unterscheiden. Zur Ableitung der zukünftigen regionalen Energiemaiserträge wurde ausgehend von den regionalen Silomaiserträgen ein jährlicher Ertragszuwachs von 3 % unterstellt, der sich von demjenigen bei Silomais (etwa 1 %) deutlich abhebt. Diese Annahme basiert auf nachstehenden Aspekten: a) der Energiemaisanbau erfolgt zukünftig überwiegend auf günstigeren Standorten der Betriebe, auf denen höhere Erträge erzielt werden; b) Energiemais wird zukünftig überwiegend in spezialisierten Ackerbaubetrieben (auch in bisher reinen Ackerbaugebieten) angebaut, die aufgrund ihrer Fachkenntnisse überdurchschnittliche Erträge erzielen; c) Der züchterische Fortschritt führt zu einer deutlichen Ertragsdifferenzierung zwischen Energie- und Silomais. Während beim Silomais die Inhaltsstoffe (z.B. die Energiedichte) im Vordergrund stehen, ist beim Energiemais ein hoher Biogas-Ertrag je ha das wichtigste Ziel.<sup>4</sup> Dementsprechend beträgt der durchschnittliche Energiemaisertrag im Zieljahr 2010 rund 62 t/ha und liegt etwa 20 % über demjenigen des Silomaises.

Hinsichtlich des Anpassungsverhaltens der Landwirtschaft liegen aus ex-post-Analysen und Basisjahrkalibrierungen

<sup>3</sup> Beim Konzept des Regionshofes wird die gesamte Produktion einer Region als ein Betrieb aufgefasst und implizit völlige Produktionsfaktormobilität innerhalb der Region unterstellt. Das Anpassungsverhalten von Betrieben in der Region kann mehr oder minder stark vom dargestellten Regionsdurchschnitt abweichen, woraus ein gewisser Aggregations- bzw. Disaggregationsfehler).

<sup>4</sup> Der Biogasertrag hängt sowohl von der Energiedichte als auch vom Masseertrag ab, wobei die Massenproduktion in der Regel zu Lasten der Energiedichte und Abbaubarkeit geht. Vor diesem Hintergrund gibt es noch keinen Konsens über die anzustrebenden Züchtungsziele.

keine Informationen zum Energiemais vor, so dass die für die erwartbare Anbaufläche wichtigen nicht-linearen PMP-Terme vergleichbarer Verfahren herangezogen wurden. Der Silomaisanbau war hierzu ungeeignet, da sich sein Umfang maßgeblich nach der für die regionale Viehhaltung notwendigen Grundfuttermenge richtet. Demgegenüber ist Energiemais als Marktfrucht einzustufen und steht daher in direkter Konkurrenz zu Getreide, Ölsaaten und Eiweißpflanzen. Ferner wurde davon ausgegangen, dass beim Energiemaisanbau ähnliche nicht explizit formulierte Produktionsbedingungen (z.B. Fruchtfolge, Standortgüte etc.) gelten wie beim Getreideanbau. Aus diesem Grund wurden die nicht-linearen PMP-Terme der bedeutenden Getreidearten Winterweizen und Wintergerste verwendet; zunächst separat für Sensitivitätsanalysen und dann in den Szenarioanalysen als ein mit den jeweiligen Flächenumfängen gewogener Durchschnitt.

### 3. Szenarien

Die komparativ-statische Wirkungsanalyse der Förderung des Anbaus nachwachsender Rohstoffe in Deutschland durch das EEG erfolgte für das Zieljahr 2010 gegenüber einer auf den Luxemburger Beschlüssen basierende Referenzsituation ohne energiepolitische Förderung. Hinsichtlich des Anpassungsverhaltens der Landwirtschaft wird unterstellt, dass sie ihre Produktionsentscheidungen bis zum Zieljahr vollständig auf die Rahmenbedingungen ohne bzw. mit EEG umgesetzt hat.

#### 3.1 Luxemburger Beschlüsse (Referenz)

Die Rahmenbedingungen für die Landwirtschaft in der Referenzsituation stellen die Luxemburger Beschlüsse von 2003 (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2003a, b, c) dar, die gegenüber der Agenda 2000 weitgehende Änderungen bei den Direktzahlungen sowie Modifikationen bei einigen Marktordnungen vorsehen. In der Studie wird unterstellt, dass diese mit unterschiedlichen Zeithorizonten bis zum Jahr 2013 umzusetzenden Änderungen bereits im Zieljahr 2010 vollständig implementiert sind.

Ein zentrales Element der Luxemburger Beschlüsse ist die Entkopplung von Direktzahlungen. Dazu werden in Deutschland Flächen- und Tierprämien sowie Milchausgleichszahlungen in einheitliche Zahlungsansprüche je ha zahlungsberechtigter Fläche umgewandelt, wobei in einer Übergangszeit einheitliche Flächenprämien und produktionsunabhängige Betriebsprämienrechte parallel bestehen. Die einheitlichen für das Zieljahr 2010 unterstellten Zahlungsansprüche, deren Festlegung auf Bundeslandebene erfolgt, belaufen sich im Bundesdurchschnitt auf rund 330 €/ha. Die Flächen sind in agronomisch gutem Zustand zu halten, was mindestens ein jährliches Mulchen erfordert, das im Modell als minimales Verfahren zur Realisierung des Zahlungsanspruches integriert wurde.

Modifikationen der Marktordnungen betreffen vor allem Milch, Zucker und Getreide. Die Interventionspreise für Butter und Magermilchpulver werden um 25 % bzw. 15 % gesenkt, die Interventionsaufkäufe gekürzt und die Milchquote um 1,5 % erhöht. Bei Zucker erfolgt eine Preissenkung um 36 % bzw. beim Rübenmindestpreis um 39,7 %. Roggen wird nicht mehr interveniert. Die unter diesen Maßnahmen von BRITZ, HECKELEI und PÉREZ (2006) mit

dem Modell CAPRI ermittelten Erzeugerpreisentwicklungen sind im RAUMIS-Basislauf zur Ableitung der Referenzsituation als exogene Rahmenbedingungen eingegangen. Preisbedingte Einkommensverluste werden durch Direktzahlungen für Milch von 35,5 €/t Referenzmenge und bei Zucker in Höhe von 64,2 % der Preissenkung teilweise kompensiert. Die Zahlungen fließen in die einheitliche Flächenprämie ein.

Die obligatorische Flächenstilllegung für den Grandes-Cultures-Anbau wird flexibilisiert, indem sie bei einem durchschnittlichen Stilllegungssatz von 8 % auf die gesamte Ackerfläche erweitert wird und Stilllegungsverpflichtungen zwischen Betrieben handelbar sind. Eine regionale Verlagerung der Stilllegung auf Ungünststandorte durch den möglichen Handel von Stilllegungsverpflichtungen wird angesichts des zunehmenden Energiepflanzenanbaus, durch den Stilllegungsverpflichtungen erfüllt und entsprechende Zahlungsansprüche aktiviert werden können, vernachlässigt.

Der Anbau nachwachsender Rohstoffe auf Stilllegungsflächen ist weiterhin zulässig. Auf Basisflächen (Nicht-Stilllegungsflächen) wird eine Förderung für Energiepflanzen von 45 €/ha gewährt. Diese Beihilfe ist EU-weit auf eine Fläche von 1,5 Mio. ha begrenzt, deren Erzeugung Gegenstand eines Anbauvertrags zwischen Landwirt und Verarbeitungsindustrie ist oder für die eine Verarbeitung im eigenen Betrieb nachgewiesen wird.

Mit Cross-Compliance wurde im Rahmen der Luxemburger Beschlüsse ein Instrumentarium eingeführt, das zukünftig eine stärkere Einhaltung von Bewirtschaftungsaufgaben als bisher erwarten lässt. Diesbezüglich ist für den Energiemaisanbau die Einstufung und Bewertung der im Gärsubstrat enthaltenen Nährstoffe von Bedeutung. Derzeit werden sie nicht dem Wirtschaftsdünger hinzugerechnet, so dass sich vor dem Hintergrund einzuhaltender maximaler Nährstoffausbringungsmengen aus Wirtschaftsdünger auf Acker- und Grünland keine Anbaurestriktion ergeben. Da die Einbeziehung der Gärsubstratnährstoffe bei der Nährstoffbilanzierung nur Konsequenzen für einige Regionen in Nordwestdeutschland hätte, blieben diesbezügliche Bewirtschaftungsaufgaben in dieser Studie unberücksichtigt. Sollten die Maßnahmen zukünftig ein höheres Gewicht erhalten, so zeigen Simulationen mit RAUMIS erhebliche Konsequenzen vor allem auf den Umfang des überregionalen Gülletransportes (KREINS et al., 2006).

#### 3.2 Förderung des „Energiemaisanbaus“ durch das EEG

Die Ankaufspreise für Energiemais werden in der Praxis meist in Anlehnung an den Deckungsbeitrag von Weizen zuzüglich einer Anreizkomponente kalkuliert. Das Spektrum derzeitiger Anlieferungspreise frei Biogasanlage liegt momentan zwischen 22 und 24 €/t (Maissilage mit 30 % Trockensubstanz in der Frischmasse). Es wurde unterstellt, dass das Preisniveau aufgrund von Effizienzsteigerungen durch technischen Fortschritt bei den Biogasanlagen trotz sinkender garantierter Stromeinspeisevergütung bis 2010 konstant bleibt. Die Anlieferungspreise wurden in den Modellsimulationen unter Annahme einer völlig preiselastischen Nachfrage verwendet. Das impliziert, dass überall dort, wo Landwirte Energiemais anbauen möchten, Biogasanlagen mit entsprechenden Kapazitäten errichtet werden. Die Flächenprämie für Energiepflanzen wurde nicht explizit

implementiert, sondern implizit in den Wirtschaftlichkeitsvergleichsrechnungen zum Winterweizen berücksichtigt.

## 4. Ergebnisse

Die erwartbare Entwicklung unter den Luxemburger Beschlüssen wurde in einem Basislauf bis zum Zieljahr 2010 mit Hilfe von RAUMIS abgeleitet, so dass die durch die Luxemburger Beschlüsse bedingten Veränderungen der landwirtschaftlichen Landnutzung, Produktion und Einkommen in der Referenzsituation enthalten sind. Die nachstehende Wirkungsanalyse fokussiert ausschließlich auf die Veränderungen infolge der Förderung von Energiepflanzen im Rahmen des EEG.

### 4.1 Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Landnutzung, Produktion und Einkommen

Der Energiemaisanbau weist gegenüber den anderen Kulturpflanzen eine hohe Wettbewerbsfähigkeit auf. Die ermittelten Anbauflächen für Energiemais belaufen sich bei Erzeugerpreisen von 22 bis 24 €/t auf rund 1,5 bis 1,8 Mio. ha in Deutschland (vgl. Tabelle 1). Davon entfallen etwa 525 bis 560 Tsd. ha auf Stilllegungsflächen und zusätzlich wird der Rapsanbau auf Stilllegungsflächen um etwa 7 % eingeschränkt. Die größte absolute Ausdehnung erfolgt jedoch zu Lasten der Getreidefläche, die zwischen 700 und 860 Tsd. ha reduziert wird. Der Anbau von Mais insgesamt

löst Weizen als Leitkultur ab. Werden in der Referenzsituation etwa 1,1 Mio. ha Körner(CCM)- und Silomais angebaut, so nimmt die Maisfläche durch die Energiemaisförderung auf bis zu 2,8 Mio. ha (17 % der Ackerfläche) zu. Demgegenüber steht eine Einschränkung des Weizenanbaus um 350 Tsd. ha auf etwa 2,4 Mio. ha. Der Anbau rückgang bei den sonstigen Ackerkulturen basiert vor allem auf Eiweißpflanzen, da die Wettbewerbsfähigkeit von bspw. Kartoffeln und Zuckerrüben trotz Erzeugerpreiskürzung bei Zuckerrüben überdurchschnittlich bleibt.

Nutzungskonkurrenzen zwischen dem Energiemaisanbau und dem Futterbau werden vor allem an der hohen Einschränkung des sonstigen Ackerfutteranbaus (z.B. Feldgras und Klee) deutlich, während die Silomaisfläche um etwa 3 - 4 % verringert wird. Die geringere Ackerfutterproduktion wird durch eine Intensivierung der Grünlandnutzung teilweise kompensiert. Dies erfolgt durch eine Ausdehnung der Wiesen- und Weidennutzung zu Lasten extensiver Grünlandverfahren, wodurch der Durchschnittsertrag steigt und eine um 2 % größere Grundfuttermenge vom Grünland erzielt wird.

Die Getreideproduktion in Deutschland geht zwischen 5,2 und 6,5 Mio. t zurück, was zu einer Entlastung der EU-Getreidemärkte führt und einen Preisanstieg erwarten lässt, der in dieser Studie nicht berücksichtigt wurde.

Der Produktionswert des Energiemaisses beläuft sich bei Preisen zwischen 22 und 24 €/t Frischmasse auf

**Tabelle 1: Veränderung der landwirtschaftlichen Landnutzung, Produktion und Einkommen durch die Förderung des Energiemaisanbaus (Jahr 2010)**

	Luxemburger Beschlüsse			Energiemais 22 EUR/t			Energiemais 24 EUR/t		
	Fläche / Anzahl	Produktion	Produktionswert	Fläche / Anzahl	Produktion	Produktionswert	Fläche / Anzahl	Produktion	Produktionswert
	1000 ha 1000 Stk.	1000 t	Mio. EUR	1000 ha 1000 Stk.	1000 t	Mio. EUR	1000 ha 1000 Stk.	1000 t	Mio. EUR
Getreide	6.670	50.125	4.973	5.972 (-10)	44.882 (-10)	4.461 (-10)	5.809 (-13)	43.642 (-13)	4.339 (-13)
Ölsaaten	1.078	4.215	900	900 (-17)	3.511 (-17)	750 (-17)	861 (-20)	3.359 (-20)	717 (-20)
Ölsaaten (NaWaRo)	423	1.828	374	399 (-6)	1.720 (-6)	352 (-6)	393 (-7)	1.695 (-7)	347 (-7)
Hülsenfrüchte, Zuckerrüben, Kartoffeln	865	37.345	1.972	825 (-5)	37.115 (-1)	1.950 (-1)	817 (-5)	37.063 (-1)	1.945 (-1)
Silomais	774	37.775		749 (-3)	36.548 (-3)		744 (-4)	36.302 (-4)	
Sonst. Ackerfutter	682	20.843		639 (-6)	19.337 (-7)		625 (-8)	18.879 (-9)	
Energiemais				1.525	94.291	2.121	1.792	110.724	2.717
Grünland	4.960	128.331		4.976 (0)	130.125 (1)		4.979 (0)	130.569 (2)	
Milch	3.767	26.768	6.853	3.767 (0)	26.768 (0)	6.853 (0)	3.767 (0)	26.768 (0)	6.853 (0)
sonst. Rinder	8.153	1.074	2.084	8.100 (-1)	1.067 (-1)	2.072 (-1)	8.083 (-1)	1.065 (-1)	2.068 (-1)
Schweine	19.772	4.257	3.853	19.883 (1)	4.282 (1)	3.874 (1)	19.884 (1)	4.282 (1)	3.874 (1)
Geflügel	131.450	1.059	1.914	132.085 (0)	1.062 (0)	1.922 (0)	132.093 (0)	1.063 (0)	1.922 (0)

Werte in Klammern ( ) sind prozentuale Veränderungen gegenüber der Referenzsituation.

Quelle: eigene Berechnungen mit RAUMIS (2006)

2,1 - 2,7 Mrd. € und liegt bei 24 €/t etwa gleichauf mit der Weizenproduktion. Demgegenüber stehen Rückgänge der Produktionswerte bei den anderen Kulturen. Das sektorale Einkommen der Landwirtschaft (gemessen an der Nettowertschöpfung) nimmt durch den forcierten Energiemaisanbau um etwa 2 - 3 % zu, das sind 220 - 300 Mio. €. Der Anstieg beruht auf der Differenz zwischen dem durchschnittlich höheren Gewinn beim Energiemaisanbau gegenüber anderen Kulturen und der Flächenstilllegung.

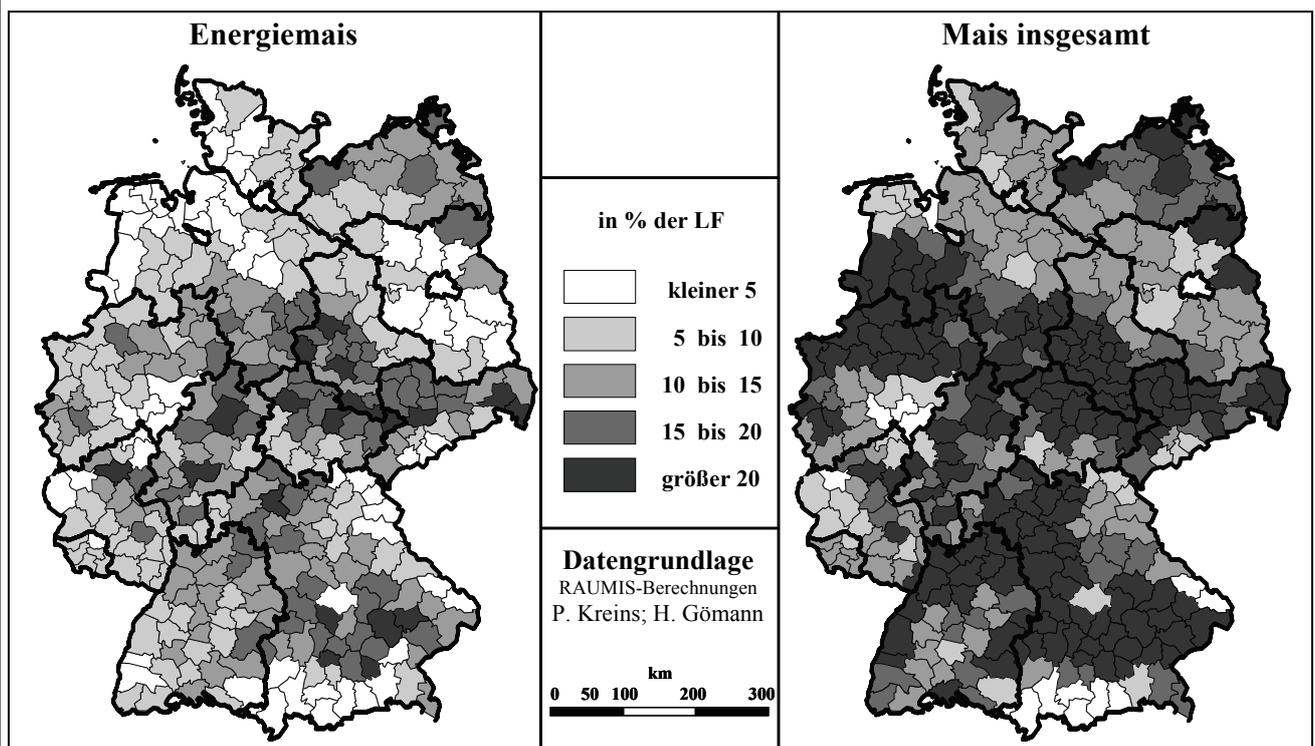
Die Förderung des Energiemaisses hat laut Modellberechnungen auf die Tierproduktion keine nennenswerten Auswirkungen.<sup>5</sup> Allerdings lässt die hohe relative Vorzüglichkeit des Energiemaisses regional steigende Pachtpreise erwarten, was vor allem wachstumsorientierte Milch- und Rindermastbetriebe auf Silomaisbasis belastet, deren Ackerfutterproduktionskosten zunehmen. Eine direkte Konkurrenz um den Rohstoff Maissilage entsteht zwischen Rindviehbetrieben und Biogasanlagenbetreibern bei witterungsbedingt stark unterdurchschnittlichen Erträgen.

## 4.2 Regionale Auswirkungen

Die stärkste regionale Ausdehnung des Energiemaisanbaus erfolgt auf Ackerbaustandorten in Mecklenburg-Vorpommern, Südniedersachsen bis Sachsen, der Soester Börde, der Köln-Aachener Bucht, im Kraichgau und den Bayerischen Gäuegebieten (vgl. Abbildung 1), die in der Referenzsituation einen hohen Getreide- und Ölsaatenanbau aufweisen. In diesen Regionen wird den Modellberechnungen zufolge die Energiemaisfläche bei einem Preis von 24 €/t Frischmasse (30 % TS) frei Biogasanlage auf mehr als 20 % der LF ausgedehnt.

Die aktuellen Entwicklungen unterstreichen die ermittelte Anbauverteilung. In der Praxis wird seitens der gewerblichen Anlagenbauer/betreiber der Ernte- und Silierprozess häufig in Eigenregie durchgeführt, um den Ackerbaubetrieben entgegen zu kommen, die aufgrund geringer Erfahrungen mit dem Ernte- und Silierprozess und den damit verbunden hohen Investitionen möglicherweise Vorbehalte haben, das Verfahren in ihr Anbauprogramm aufzunehmen.

**Abbildung 1. Regionale Anteile der Energiemaisfläche sowie Maisfläche insgesamt an der landwirtschaftlich genutzten Fläche (24 €/t Frischmasse; Jahr 2010)**



Quelle: eigene Berechnungen mit RAUMIS (2006)

<sup>5</sup> In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Referenzsituation Anpassungen gegenüber der derzeitigen Situation, in der die Luxemburger Beschlüsse zu wirken beginnen, beinhaltet. Dies betrifft vor allem die Rindermast, die bis zum Zieljahr deutlich eingeschränkt wird. Aufgrund der Angebotsverringerung steigt der Rindfleischpreis, so dass sich die Wettbewerbssituation der Rindermast im Zieljahr von derjenigen im Basisjahr unterscheidet. Aufgrund der unveränderten Milcherzeugung wird sie zudem durch ein großes und daher günstiges Kälberangebot gestützt.

Regionen, die bereits in der Referenzsituation einen umfangreichen Körnermais- (einschl. CCM) und Silomaisanbau aufweisen, wie den Nordwestdeutschen Veredelungsgebieten, ist die Ausdehnung der Energiemaisfläche geringer. Dennoch erhöht sich in diesen traditionellen Maisanbaugebieten (z.B. Borken und Coesfeld) der Anteil der gesamten Maisfläche auf teilweise mehr als 38 % der LF (vgl. Abbildung 1). In diesen Regionen konkurrieren Futterbau- und Marktfruchtbetriebe um knappe Flächen für den Maisanbau zur Grundfüttererzeugung bzw. zur energetischen Verwendung.

Im Zuge der Umsetzung der Zuckermarktreform können Ackerflächen durch eine weitere Deklassierung von Zuckerquoten potenziell für den Energiemaisanbau freigesetzt werden. Das Flächenpotenzial ist jedoch begrenzt, da die Zuckerrübenfläche im Zieljahr etwa 3 % der AF in Deutschland beträgt. Darüber hinaus etabliert sich in einigen dieser Regionen eine Ethanolproduktion auf Zuckerrübenbasis, die in Konkurrenz mit der Biogaserzeugung um Rohstoffe tritt. Eine weitere Quotendeklassierung um beispielsweise 15 % würde dementsprechend etwa 53 Tsd. ha, d.h. weniger als 0,5 % der AF freisetzen. Die regionale Verteilung des Zuckerrübenbaus ist durch eine Konzentration auf fruchtbare Standorte gekennzeichnet wie der Köln-Aachener Bucht, in der einige Modellregionen einen Zuckerrübenanteil von 25 % der AF aufweisen. Inwiefern sich zusätzliche Quotenkürzungen auf die Landnutzungsstruktur in Zuckerrübengebieten auswirken, ließ sich im Rahmen dieser Studie nicht einschätzen, da sie maßgeblich von regionalen Anpassungsstrategien in der Zuckerrübenverarbeitungsindustrie abhängen.

### 4.3 Abschätzung außerlandwirtschaftlicher Wertschöpfungspotenziale

Im Folgenden wird die aus der Energiemaisproduktion potenziell erzeugbare Energie abgeschätzt und eine Einordnung in die deutsche Gesamtenergieerzeugung gegeben. Die Vergärung der ermittelten Energiemaisproduktion von 93 - 111 Mio. t würde den Bau von rund 10 000 Biogasanlagen mit durchschnittlich je 500 kW Leistung erfordern. Das erzeugbare Biogasvolumen beträgt bei einer Ausbeute von 200 m<sup>3</sup> je t Frischmasse ca. 19 - 22 Mrd. m<sup>3</sup> Biogas. Bei einem unterstellten Methangehalt von 52 - 54% beträgt der Energiegehalt rund 5,4 kWh je m<sup>3</sup> Biogas. In einem Blockheizkraftwerk mit einem Wirkungsgrad von 40 % lassen sich daraus ca. 2,1 kWh Strom erzeugen. Insgesamt beträgt somit der aus dem Energiemaisaufkommen erzeugbare Strom rund 39 - 46 TWh.<sup>6</sup> Bezogen auf die Gesamtstromerzeugung in Deutschland im Jahr 2004 von 616 TWh (BMWi und BMU, 2006) beträgt der Anteil des aus Energiemais erzeugbaren Stroms rund 6 - 7 %. Zusätzlich lassen sich etwa 1,1 - 1,3 Mrd. Liter Heizöl mit einem Wert von 450 - 530 Mio. € einsparen, sofern von 45 % der erzeugten Primärenergie 50 % der extern nutzbaren Abwärme genutzt werden können.

Detaillierte Untersuchungen zu den direkten und indirekten Effekten der Biogas-Produktion auf die Schaffung von Arbeitsplätzen sind noch nicht vorhanden. ISERMAYER und ZIMMER (2006) erwarten im Saldo nur geringe Arbeitsplatzeffekte im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion. Für die Veredelung der landwirtschaftlichen Rohstoffe zu Biogas, also dem Betrieb der Biogas-Anlagen, können nach einer groben Abschätzung von BREUER und HOLM-MÜLLER (2006) rund 13 000<sup>7</sup> zusätzliche, zum Teil hoch qualifizierte Arbeitsplätze im ländlichen Raum entstehen. Unberücksichtigt bleiben hier die indirekten Arbeitsplatzeffekte, so z.B. der Bereich der Technologieentwicklung, der Anlagenbauer und der Serviceleistung. Nach Einschätzungen des FACHVERBAND BIOGAS (2006) waren im Jahr 2005

etwa 8 000 Personen in der Biogasbranche tätig, wobei sich diese Zahl bis zum Jahr 2020 verzehnfachen könnte.

Für eine umfassende Abschätzung der Wertschöpfung aus der neuen landwirtschaftlichen Veredelungsform Biogas liegen nur wenige Studien vor. Aus den Ergebnissen des Biogas-Messprogramms (FNR, 2005c) zur Wirtschaftlichkeit von Biogas-Anlagen, lassen sich nur begrenzte Einschätzungen zu den Auswirkungen der Novellierung des EEG vornehmen. Erste grobe Abschätzungen zeigen aber eine deutliche Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der NaWaRo-Anlagen und damit auch eine Verkürzung der Amortisationszeiten. Somit scheint der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen eine ernsthafte Veredelungsoption für die deutsche Landwirtschaft zu werden.

Den Biogasbereich haben allerdings auch Energieversorgungsunternehmen bereits als lukratives Geschäftsfeld für sich erkannt und planen bzw. bauen größere Biogasanlagen mit Kapazitäten von mehr als 500 kW. Diese Anlagen entstehen zumeist in Gewerbe- oder Industriegebieten mit Anschluss an das Erdgasnetz. Das produzierte Biogas soll auf Erdgasqualität aufbereitet und ins Netz eingespeist werden, um es an geeigneter Stelle zur Verstromung in einem Blockheizkraftwerk mit angeschlossenem Wärmenutzer zu entnehmen. Der Einsatz derartiger Technologien, die derzeit noch nicht gänzlich ausgereift sind und höhere Kosten verursachen, wird durch einen so genannten Technologiebonus in Höhe von 2 Eurocent auf den garantierten Stromeinspeisepreis gefördert. Zukünftig lässt sich durch derartige technologische Weiterentwicklungen die Energieeffizienz der Biogaserzeugung deutlich steigern.

Im Falle des Biogasanlagenbetriebs durch Energieunternehmen spielt die Landwirtschaft die Rolle des Rohstofflieferanten, der nicht an der Wertschöpfung der Biogaserzeugung beteiligt ist. Der Übergang vom Landwirt zum Energiewirt - in diesem Fall vom Rohstofflieferanten zum Biogasanlagenbetreiber - erfordert ein hohes Maß an technischem und ökonomischem Know-how. So erreichen laut Experteneinschätzungen etwa ein Drittel der bisherigen Biogasanlagen die Gewinnzone eher nicht. Mit der Novellierung des EEG haben sich Anlagengrößen und Wirtschaftlichkeit stark geändert. Eine Möglichkeit für Landwirte, an der Wertschöpfung der Biogasproduktion zu partizipieren und gleichzeitig das Risiko zu begrenzen, besteht in der Kooperation mehrerer Betriebe untereinander und/oder mit weiteren Akteuren im ländlichen Raum, eine größere Biogasanlage gemeinsam zu betreiben.

## 5. Schlussfolgerungen

Durch die Novellierung des EEG wird die Stromerzeugung aus Biomasse über garantierte Einspeisungsvergütungen für einen Zeitraum von 20 Jahren erheblich gefördert. Die hierdurch entstehenden Kosten geben Energieversorger direkt an die Stromverbraucher über höhere Strompreise weiter. Analysen mit RAUMIS ergaben allein für den Energiemaisanbau einen Flächenumfang von bis zu 1,8 Mio. ha. Die auf dieser Fläche produzierte Rohstoffbasis reicht aus, um ca. 46 TWh bzw. 7 % der derzeitigen Stromerzeugung aus Biogas bereitzustellen. Für den Verbraucher ergeben sich damit bei einem um 8 Euro Cent je kWh gegenüber dem aus fossilen Energieträgern erzeugten Strom (siehe oben) höhere Stromkosten von rund 3,7 Mrd. € pro Jahr.

<sup>6</sup> Nach Berechnungsunterlagen der FNR (FNR, 2005b) sowie mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. P. Weiland.

<sup>7</sup> 500kW-Biogas-Anlage = 1 Arbeitskraft

Entsprechend wird die Stromerzeugung aus Energiemais mit rund 2 000 € je ha gefördert.

Angesichts dieser Kosten für einen Teilbereich des Stroms aus Biomasse ist dringend zu überprüfen, inwiefern die mit dem EEG angestrebten Ziele in den Bereichen Umwelt- und Naturschutz, nachhaltige Energieversorgung, Technologieweiterentwicklung bei Erneuerbaren Energiequellen und Entwicklung ländlicher Räume effizient erreicht werden, zumal die Ausgestaltung des gewählten Förderinstrumentariums durch nachstehende Aspekte gekennzeichnet ist:

- Es besteht kaum eine Notwendigkeit, die Ausgaben politisch zu rechtfertigen, da sie weder zu den Subvention noch zu den Abgaben zählen, sondern vom Verbraucher getragen werden.
- Es erfolgt eine langfristige Festlegung auf eine Energielinie, was einerseits hohe Planungssicherheit für Biogasanlagenbetreiber bietet, andererseits jedoch Stromverbraucher über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren mit entsprechenden Ausgaben belastet.

Im Hinblick auf eine Beurteilung der Effizienz des EEG-Förderinstrumentariums zur Erreichung der verfolgten Ziele lassen sich auf der Grundlage der RAUMIS-Analysen einige erste Einschätzungen zu den Auswirkungen auf die Landwirtschaft und Umwelt ableiten:

Die Landwirtschaft kann sich durch die Biomasseproduktion zur Stromerzeugung keine bedeutsame Einkommensquelle erschließen. Angesichts der substantiellen Veränderung der landwirtschaftlichen Landnutzung durch die Ausdehnung des Energiemaisanbaus fallen die positiven Einkommenseffekte - ohne Berücksichtigung von Markt- und Preiseffekten - vergleichsweise moderat aus. Die zusätzliche Nettowertschöpfung in der Landwirtschaft beträgt etwa 300 Mio. €, was einem Zuwachs von rund 3 % entspricht. Damit werden lediglich ca. 5 % der höheren Stromausgaben der Verbraucher in der Landwirtschaft einkommenswirksam. Aufgrund steigender Pachtpreise wird ein Teil der Förderung auf die Bodeneigentümer überwältigt, so dass die Einkommenseffekte in den landwirtschaftlichen Betrieben geringer sind.

Das größere Wertschöpfungspotenzial liegt in der Veredelung der nachwachsenden Rohstoffe, also im Betrieb einer Biogasanlage. Diese außerlandwirtschaftliche, gewerbliche Erwerbsmöglichkeit erfordert allerdings spezifisches Know-how sowie hohe Investitionen und ist mit einem höheren Risiko verbunden. Die mit einer Biogasanlage realisierbare Wertschöpfung hängt daher entscheidend vom Geschick des Betreibers ab.

Die Umweltwirkungen des Energiepflanzenanbaus unterscheiden sich nicht wesentlich von den „klassischen“ Umweltwirkungen des Pflanzenbaus. Zu nennen sind hier vor allem Nitrat- und Pflanzenschutzmitteleintrag in Grund- und Oberflächenwasser und eine verstärkte Erosion. Eine Besonderheit ergibt sich bei der Biogas-Produktion in den Schwerpunkten der tierischen Veredelung (z.B. in Nordwestdeutschland). Hier kann es zu einer Verschärfung der Nährstoff-Überschussituation kommen, da die mit dem Gärsubstrat auf landwirtschaftlichen Flächen ausgebrachten Nährstoffe nicht den Restriktionen der Nährstoffausbringung durch Wirtschaftsdünger unterliegen. Einem Großteil dieser negativen Umweltwirkungen wird bereits durch die „Gute fachliche Praxis“ und die mit den Luxemburger Be-

schlüssen verabschiedeten Cross-Compliance-Verpflichtungen entgegen gewirkt. Regionen mit hohen Maisanteilen in der Fruchtfolge werden aufgrund von Schädlingen und pflanzenbaulichen Aspekten mit ökonomisch und ökologisch optimierten Energiepflanzenfruchtfolgen oder integrierten Food- und Non-Food-Fruchtfolgen reagieren müssen. Der Anbau von Winterzwischenfrüchten kann zum Erosionsschutz beitragen und der Anbau von Mischkulturen den Einsatz von PSM reduzieren.

Die Analysen zeigen weiterhin, dass Mais infolge der Ausdehnung des Energiemaisanbaus Weizen als Leitkultur ablöst. Durch den zu erwartenden Anbauumfang von Energiemais und dessen Erscheinungsbild wird sich das Landschaftsbild regional stark verändern.

**Fazit:** Die Novellierung des EEG hat einen hohen ökonomischen Anreiz für den Anbau nachwachsender Rohstoffe, speziell Energiemais, geschaffen, dessen Flächenumfang ein politisch gewünschtes Maß möglicherweise überschreiten wird. In diesem Bereich besteht trotz der in der Vergangenheit erreichten Effizienzverbesserungen noch erheblicher Optimierungsbedarf (WEILAND et al., 2004). Angesichts des hohen technischen Fortschritts verursacht jede langfristig für mindestens 20 Jahre angelegte Investition in eine Technologie, die in wenigen Jahren überholt sein kann, volkswirtschaftliche Verluste. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe ist nur zum Zweck der Stromerzeugung angesichts der damit verbundenen hohen Kosten kaum zu rechtfertigen.

Mit der Novellierung des EEG wird jedoch eine Vielzahl von Zielen verfolgt, deren Zielerreichung im Rahmen dieses Beitrags nicht umfassend analysiert und beurteilt werden konnte. Diesbezüglich besteht in Anbetracht des enormen Potenzials allein aus Energiemais ein erheblicher Forschungsbedarf. Zu untersuchen sind vor allem weitere Biomasseverfahren und die Wechselwirkungen zu Biokraftstoffverfahren und anderen Erneuerbaren Energieträgern, Arbeitsplatzeffekte, Rückkoppelungen zu Nahrungsmittelmärkten sowie zum Energiesektor, Energieerzeugungs- und Energieeinsparalternativen sowie die jeweiligen Beiträge zum Klima- und Umweltschutz..

## Literatur

- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) (2006): Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) - Entwicklung der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2020 und finanzielle Auswirkungen. In: [http://erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/presentation\\_ergebnisse.pdf](http://erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/presentation_ergebnisse.pdf). Abruf im August, Berlin.
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und BMU (2006): Energieversorgung für Deutschland. Statusbericht für den Energiegipfel am 3. April 2006. Berlin.
- BREUER, T. und K. HOLM-MÜLLER (2006): Abschätzung der Chancen aus der Förderung von Biokraftstoffen für die ländlichen Regionen in Nordrhein-Westfalen. Landwirtschaftliche Fakultät der Universität Bonn, Schriftenreihe des Lehr- und Forschungsschwerpunktes USL.
- BRITZ, W., T. HECKELEI und I. PÉREZ. (2006): Effects of decoupling on land use: an EU wide, regionally differentiated analysis. In: Agrarwirtschaft 55 (5/6): 215-226.
- CYPRIS, C. (2000): Positive mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS. Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V. Bd. 313., zugl. Dissertation Universität Bonn.

- DEUTSCHER BUNDESTAG (2004): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich vom 21. Juli 2004. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr. 40, ausgegeben zu Bonn am 31. Juli.
- EUROSTAT (1989): Handbuch zur landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Gesamtrechnung. Luxemburg.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2003a): Verordnung (EG) Nr. 1782/2003 des Rates vom 29. September 2003 mit gemeinsamen Regeln für Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik und mit bestimmten Stützungsregelungen für Inhaber landwirtschaftlicher Betriebe. Amtsblatt der Europäischen Union L270.
- (2003b): Verordnung (EG) Nr. 1784/2003 des Rates vom 29. September 2003 über die gemeinsame Marktorganisation für Getreide.
- (2003c): Verordnung (EG) Nr. 1787/2003 des Rates vom 29. September 2003 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1255/1999 über die gemeinsame Marktorganisation für Milch und Milcherzeugnisse.
- FACHVERBAND BIOGAS (2006): Biogas – Multitalent für die Energiewende. Freising.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2005a): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow.
- (2005b): Basisdaten Biogas Deutschland. Gülzow.
- (2005c): Ergebnisse des Biogas-Messprogramms. Gülzow.
- FRITSCH, U. R., G. DEHOUST, W. JENSEIT, K. HÜNEKE, L. RAUSCH, D. SCHÜLER, K. WIEGEMANN, A. HEINZ, M. HIEBEL, M. ISING, S. KABASCI, C. UNGER, D. THRÄN, N. FRÖHLICH, F. SCHOLWIN, G. REINHARDT, S. GÄRTNER, A. PATYK, F. BAUR, U. BEMMANN, U. GROB, M. HEIB, C. ZIEGLER, M. FLAKE, M. SCHMEHL und S. SIMON (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Öko-Institut e.V., Freiburg, Darmstadt, Berlin.
- GÖDEKE, K. (2006): Entwicklung und Vergleich von optimierten Anbausystemen für die landwirtschaftliche Produktion von Energiepflanzen unter den verschiedenen Standortbedingungen Deutschlands. Präsentation des vom BMELV über die FNR geförderten Verbundprojektes auf dem GFP-Workshop in Freising am 9./10. März 2006.
- HENRICHSMEYER, W., C. CYPRI, W. LÖHE, M. MEUDT, R. SANDER, F. VON SOTHEN, F. ISERMEYER, A. SCHEFSKI, K.H. SCHLEEF, E. NEANDER, F. FASTERDING, B. HELMKE, M. NEUMANN, H. NIEBERG, D. MANEGOLD, T. MEIER (1996): Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BML (94 HS 021). Vervielfältigtes Manuskript, Bonn/Braunschweig.
- HOWITT, R.E. (1995): Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics 77 (2): 329-342.
- ISERMEYER, F. und Y. ZIMMER (2006): Thesen zur Bioenergiepolitik in Deutschland. Agra-Europe 18/06 vom 2. Mai 2006, Sonderbeilage.
- KAISER, F., M. DIEPOLDER, J. Eder, S. HARTMANN, H. PRESTEL, R. GERLACH, G. ZIEHFREUND und A. GRONAUER (2004): Ertragspotenziale verschiedener nachwachsender Rohstoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) 13, Freising.
- KLEPPER, G. (2006): Fernmündliche Auskunft von Prof. G. Klepper, Institut für Weltwirtschaft, Kiel, 24. August 2006.
- KREINS, P., H. GÖMANN, S. HERRMANN, R. KUNKEL und F. WENDLAND (2006): Weser-Ems – Integrated agricultural and hydrological modelling within an intensive livestock region taking suparegional manure transports into account. In: Erickson, J.D., F. Messner and I. Ring (Hrsg.): Ecological Economics of Sustainable Watershed Management. Series on Advances in the Economics of Environmental Resources. Elsevier Science, im Druck.
- RAMESOHL, S., K. ARNOLD, M. KALTSCHMITT, F. SCHOLWIN, F. HOFMANN, A. PLÄTTNER, M. KALIES, S. LULIES, G. SCHRÖDER, W. ALTHAUS, W. URBAN und F. BURMEISTER (2005): Analyse und Bewertung der Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse. Endbericht zur Untersuchung im Auftrag von BGW und DVGW. Band 1: Gesamtergebnisse und Schlussfolgerungen. Wuppertal Institut, Wuppertal, Leipzig, Oberhausen, Essen. November 2005.
- VETTER, A. und G. REINHOLD (2005): Bereitstellung von Biomasse für Biogasanlagen. Tagungsband 2. Mitteldeutscher Bioenergie tag am 29. April 2005 in Leipzig. Informationsschrift der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft des Freistaates Sachsen.
- WEILAND, P., C. RIEGER, T. EHRMANN, D. HELFFRICH, R. KISSEL und F. MELCHER (2004): Biogasmessprogramm - bundesweite Bewertung von Biogasanlagen aus technologischer Sicht. KTBL-Schrift 420: Die Landwirtschaft als Energieerzeuger. 2. überarb. Auflage. Darmstadt.

Kontaktautor:  
**DR. HORST GÖMANN**  
 Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft  
 Institut für ländliche Räume  
 Bundesallee 50, 38116 Braunschweig  
 Tel.: 05 31-59 65 504, Fax: 05 31-59 65 599  
 E-Mail: horst.goemann@fal.de