
Simon, S., Wiegmann, K., Heißenhuber, A.: Nachhaltige energetische Nutzung von Biomasse – Dynamische Ermittlung von Biomassepotenzialen in der Landwirtschaft zur Generierung von Szenarien. In: Hagedorn, K., Nagel, U.J., Odening, M.: Umwelt- und Produktqualität im Agrarbereich. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 40, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2005), S. 351-360.

NACHHALTIGE ENERGETISCHE NUTZUNG VON BIOMASSE – DYNAMISCHE ERMITTLUNG VON BIOMASSEPOTENZIALEN IN DER LANDWIRTSCHAFT ZUR GENERIERUNG VON SZENARIEN

*Sonja Simon, Kirsten Wiegmann und Alois Heißenhuber**

1 Einleitung

Die Endlichkeit fossiler Energieträger und die mit ihrer Nutzung einhergehenden Treibhausgasemissionen erfordern im Hinblick auf die Nachhaltigkeit der zukünftigen Energieversorgung u.a. die konsequente Nutzung erneuerbarer Energien. Biomasse nimmt darunter aufgrund ihres Entwicklungspotenzials und der Speicherfähigkeit einen hohen Stellenwert ein. Neben der Nutzung biogener Abfall- und Reststoffe bietet vor allem die Landwirtschaft ein großes Potenzial an Biomasse aus Reststoffen und Energiepflanzen.

Der größte Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen wird allerdings zur Nahrungsmittelproduktion benötigt, dieser Flächenbedarf geht im Inland jedoch zurück, was sich in der Stilllegung von Ackerflächen ausdrückt. Auf einem Teil der stillgelegten Flächen findet bereits Energieerzeugung in Form von Raps statt.

Während das Potenzial für die Energieerzeugung durch den technischen Fortschritt ansteigt, müssen gleichzeitig Flächenansprüche, z.B. für den Ausbau der ökologischen Landwirtschaft, Bauen oder Naturschutz befriedigt werden (BUNDESREGIERUNG, 2002). Die Möglichkeit, Bioenergieträger in der Landwirtschaft zu produzieren unterliegt daher einer durch technischen Fortschritt und politische Rahmenbedingungen geprägten Dynamik. Für politische Entscheidungen muss die Wirkung verschiedener Maßnahmen auf das Potenzial bekannt sein. Nur so können Szenarien der zukünftigen Landnutzungs- und Ressourcenpolitik realisiert werden, die ein wichtiges Instrument zur Bewertung von Entwicklungsoptionen darstellen.

Der vorliegende Beitrag stellt das Modell HEKTOR vor, das die Biomassepotenziale in der Landwirtschaft ermittelt und dabei die genannte Dynamik für Deutschland abbildet. Es fügt sich in eine Modellfamilie ein, mit der Wege einer verstärkten energetischen Biomassenutzung mittels einer Stoffstromanalyse bewertet werden können. Im Kern interessiert dabei die ökologische Verträglichkeit unter ökonomischen und sozialen Randbedingungen. Die Arbeiten wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse“ durchgeführt, das vom Bundesumweltministerium gefördert wurde.

2 Potenzialdefinition Der Potenzialbegriff

Da Potenziale je nach Rahmenbedingungen variieren, wird zwischen theoretischen, technischen, ökonomischen und erschließbaren Potenzialen unterschieden. Die folgende Potenzialanalyse konzentriert sich auf das angebotsseitige technische Brennstoffpotenzial, das unter Berücksichtigung derzeit nicht überwindbarer technischer, ökologischer, struktureller und administrativer Schranken zur Verfügung steht – dynamisiert für die jeweiligen Szenariobedingungen und -zeitpunkte.

* Sonja Simon und Prof. Dr. Dr. h. c. Alois Heißenhuber, Technische Universität München, Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues, Alte Akademie 14, 85350 Freising; Sonja.Simon@wzw.tum.de, Kirsten Wiegmann, Öko-Institut e. V., Rheinstrasse 95, 64295 Darmstadt; k.wiegmann@oeko.de.

Betrachtete Potenziale

Die Biomassepotenziale werden in Rest- bzw. Abfallstoffe und Anbaubiomasse unterschieden. Als direkte Koppelprodukte der Nahrungsmittelproduktion sind dabei Erntereste (Stroh, Rüben- und Kartoffelblatt), tierische Exkrememente und Grasschnitt aus der Landschaftspflege für die energetische Nutzung interessant. Energiepflanzen sind aufgrund der zahlreichen Technologien (Konversion und Nutzung) für jedes Optimierungsziel (Energieertrag, CO₂-Einsparung usw.) variabler einsetzbar. Das entwickelte Modell ermittelt sowohl das Flächenpotenzial für den Energiepflanzenanbau als auch die Reststoffmengen aus der Landwirtschaft.

Bisherige Potenzialabschätzungen

Bei Reststoffen wird der Potenzialabschätzung vorwiegend die *aktuelle* Situation ausgehend von Anbauflächen und Tierbeständen zugrunde gelegt. Die Annahmen zu nutzbaren Exkrementmengen in Deutschland werden zwischen 155 und 180 Mio. t/a angegeben (LEIBLÉ et al., 2003, SCHNEIDER et al., 2002, WILFERT et al., 2002). Bei Ernteresten schwanken die Potenzialangaben stark, da unterschiedliche Reststoffe, Konkurrenzverwertungen sowie technische oder ökologische Restriktionen angenommen werden (LEIBLÉ et al., 2003: 16 - 22 Mio. t/a Stroh, SCHNEIDER et al., 2002: 9,3 Mio. t/a Stroh, 6-12 Mio. t/a Kofermente).

Für die bisherigen Abschätzungen des Flächenpotenzials für Energiepflanzenanbau dient als Basis meist die Stilllegungsfläche, mit einem Aufschlag für bestehende Überproduktion und steigende Erträge. Die Flächenangaben variieren daher von 1,3 Mio. ha Ackerfläche (HEINLOTH, 1995) über 2,4 Mio. ha (SCHNEIDER et al., 2002) bis hin zu 3,8 Mio. ha (FLAIG et al., 1995).

Gerade im Hinblick auf ehrgeizige Ziele für den Biomasseeinsatz ist es jedoch von besonderem Interesse, wie sich die Flächenpotenziale unter verschiedenen Rahmenbedingungen entwickeln und innerhalb welcher Zeiträume nennenswerte Veränderungen möglich sind. Dies leistet das Modell HEKTOR, das Szenarien für die Landwirtschaft erstellt und damit zeitlich dynamische Biomassepotenziale aus der Landwirtschaft bestimmt.

3 Das Modell HEKTOR

Ziel des Modells

HEKTOR ist ein Akronym für *Hektar Kalkulator*. Das MS-Excel-Modell HEKTOR wurde entwickelt, um zukünftig verfügbare Flächen für den Anbau von Energiebiomasse in Deutschland abzuschätzen. Das Modell ermöglicht Aussagen über Flächenkonkurrenz und Flächenwirksamkeit einzelner Maßnahmen, indem verschiedene Szenarien dem Referenzszenario gegenübergestellt werden. Außerdem garantiert es die Konsistenz des Biomasseeinsatzes in den Szenarien über eine Massen- und Flächenbilanz.

Datengrundlage

Für die Entwicklung von HEKTOR wurde eine Vielzahl an prognostischen Daten verwendet. Diese Fortschreibungen basieren auf Regressionsanalysen amtlicher Statistiken sowie auf der einschlägigen Literatur zur agrarökonomischen Modellierung (ISERMAYER, 2003, KLEINHANß et al., 2002, KREINS et al., 2002). Auch für die Erstellung der Szenarien wurde auf diese Literatur zurückgegriffen. Die Auswertung der diversen Quellen ist im Detail in der Modelldokumentation zu HEKTOR beschrieben (FRITSCHÉ et al., 2004).

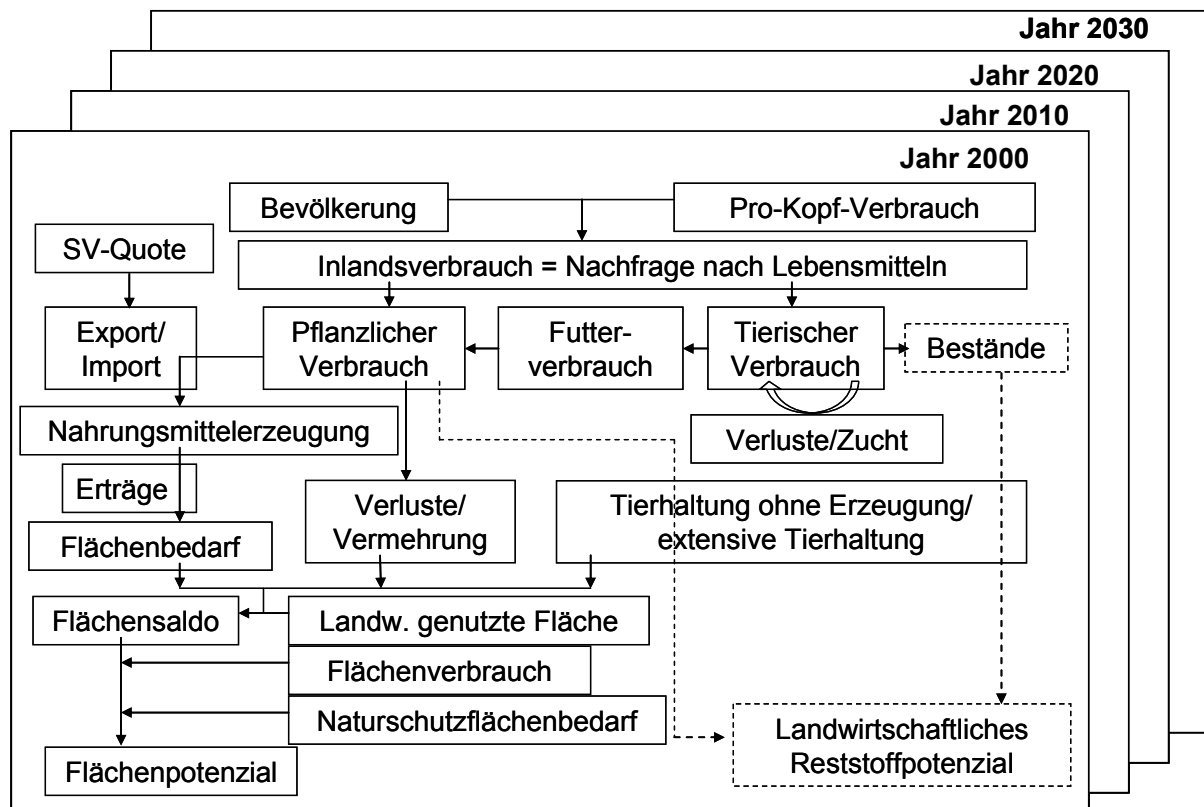
Arbeitsweise von HEKTOR

Ausgangspunkt ist die Annahme, dass der Flächenbedarf zur Nahrungsproduktion in Deutschland (wie in Europa insgesamt) angesichts steigender Erträge und schrumpfender Bevölkerung sinkt. Für den Anbau von Energiebiomasse kommen also landwirtschaftliche Flächen

infrage, die nicht mehr für die Produktion von Nahrungsmitteln genutzt werden.¹ Aus der Differenz zwischen vorhandener und für die Ernährung genutzter Fläche müssen dann für jede Betrachtungsperiode weitere Flächenansprüche bedient werden, v.a. für Siedlung und Verkehr, Naturschutz und Produktion nachwachsender Rohstoffe.

HEKTOR arbeitet nachfragebasiert und ermittelt somit den Flächenbedarf für die Nahrungsmittelerzeugung bottom-up. Dies erfolgt in Modulen, die sowohl landwirtschaftsinterne als auch externe Faktoren einbeziehen. Auf aggregierter Ebene werden dann weitere Flächenansprüche subtrahiert. Abbildung 1 zeigt die Wirkzusammenhänge des Modells, die im Folgenden erklärt werden.

Abbildung 1: Fließschema des Modells HEKTOR



Quelle: Eigene Darstellung.

3.1 Zukünftiger Flächenbedarf für die Nahrungsmittelproduktion

HEKTOR setzt auf dem Gesamtverbrauch relevanter Lebensmittel für die Jahre 2010, 2020 und 2030 auf. Dabei greift das Modell neben einer Vielzahl statischer Annahmen auch auf dynamische Faktoren zurück.

Modul Lebensmittelverbrauch Inland:

Um den Lebensmittelverbrauch bis 2030 fortzuschreiben, sind Daten zur Bevölkerungsentwicklung nötig sowie Annahmen zum Pro-Kopf-Verbrauch der wichtigen Nahrungsmittel. Der Rückgang der Bevölkerung erfolgt analog zu den Annahmen der Enquete-Kommission „nachhaltige Energieversorgung unter der Bedingung der Globalisierung und der Liberalisierung“ (ENQUETE, 2002) und der Pro-Kopf-Verbrauch aller wichtigen Nahrungsmittel folgt Trendfortschreibungen.

¹ Waldflächen unterliegen einer geringen Dynamik, da sie den Schutzstatus durch das Waldgesetz genießen. Schutz- und Retentionsräume bleiben unangetastet (Nachhaltigkeitsgebot).

Modul Pflanzenbau: Entwicklung der Flächenerträge

Der Flächenbedarf durch pflanzliche Erzeugnisse bzw. ihren Rohstoffäquivalenten kann mit Hilfe der zugehörigen Flächenerträge berechnet werden. Die Fortschreibung der Ertragsdaten bis 2030 erfolgte anhand aus der amtlichen Statistik abgeleiteter Ertragstrends sowie durch Expertenschätzungen (FRITSCHKE et al., 2004). Für Kulturen im ökologischen Landbau wurden Minderungsfaktoren nach OFFERMANN (2003) eingesetzt.

Modul Tierhaltung: Entwicklung von Leistung und Futterbedarf, Remontierung

Bei der Ermittlung des Flächenbedarfs für die Erzeugung tierischer Lebensmittel ist die benötigte Acker- und Grünlandfläche für die Haltung der jeweiligen Tierart von Bedeutung. Für Rinder, Schweine und Geflügel wurden Futterpläne erstellt, differenziert nach unterschiedlicher Intensität und Futterbasis. Die einzelnen Haltungsformen werden im Modell so zusammengesetzt, dass sie die Tierhaltung in Gesamtdeutschland im Jahr 2000 repräsentativ abbilden. Die Annahmen zur Tierhaltung entstammen eigenen Arbeiten zur Prozessdatenbank GEMIS.² Die ursprüngliche Version von HEKTOR wurde für den vorliegenden Beitrag um eine leistungsangepasste Milchviehfütterung und daran gekoppelte Rindfleischerzeugung nach HOFFMANN et al. (2003) weiterentwickelt. Über das *Modul Pflanzenbau* werden alle Futtermittel in einen Flächenbedarf umgerechnet.

Modul Importe/Exporte

Die Dynamik der Märkte und ihre Auswirkungen auf die Flächennutzung der Landwirtschaft werden indirekt berücksichtigt. Hierfür wurde ein vereinfachter Ansatz gewählt, der Veränderungen in den Märkten als Veränderungen in den Selbstversorgungsgraden abbildet. Diese spiegeln die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft wider und fließen als modellexterne Vorgaben ein. Die Annahmen wurden aus der Literatur abgeleitet (s. Datengrundlage).

Modul sonstige Flächenab- und -zuschläge

Neben den dynamischen Größen rechnet das Modell noch mit Abschlägen für einige konstante Flächen, u.a. für Pferde- und Schafhaltung sowie für Vermehrung von Saatgut und den Ausgleich von Verlusten und dem Anbau industrieller Rohstoffe. Als Zwischenergebnis resultiert die Differenz zwischen benötigter Fläche und der zur Verfügung stehenden Acker- und Grünlandflächen aus dem Basisjahr 2000. Diesem Flächensaldo wird noch die derzeit stillgelegte Fläche und die aktuell für die Energieerzeugung genutzte Ölsaatenfläche aufaddiert.

Validierung und Sensitivitätsanalyse

Für die Validierung wurden Flächen und Bestandsdaten der amtlichen Statistik im Basisjahr 2000 mit der aggregierten Flächenbilanz der Module verglichen. Die Abweichung zur Statistik beträgt in den einzelnen Modulen jeweils weniger als 6 %. Um die Robustheit der Ergebnisse zu überprüfen, wurden Module auf ihre Sensitivität getestet. Das Modul Tierhaltung weist dabei eine hohe Stabilität gegenüber veränderter Annahmen in den Bereichen Leistung und Selbstversorgung auf. Wesentlich stärker beeinflussen im Modul Pflanzenbau die Annahmen zur Ertragssteigerung das Ergebnis. Dies wurde bei der Szenarioerstellung berücksichtigt.

² GEMIS steht für Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme. Das Öko-Institut e.V. bietet mit GEMIS eine öffentliche Datenbasis sowie ein kostenloses Bilanzierungswerkzeug. Näheres unter <http://www.oeko.de/service/gemis/>.

3.2 Flächenbedarf außerhalb der Landwirtschaft

Der Flächensaldo gegenüber dem Jahr 2000 wird durch weitere Nutzungsansprüche für Siedlung und Verkehr mit den benötigten Ausgleichsflächen und Anforderungen des Naturschutzes an zusätzliche Flächen (KÖPPEL et al., 2004) reduziert.

Die resultierenden Ackerflächen stehen für einen Energiepflanzenanbau zur Verfügung. Für Grünland wird von einem Erhaltungsgebot ausgegangen, so dass darauf keine Energiepflanzen angebaut werden können – der Grünschnitt dieser Landschaftspflegefläche steht aber zur energetischen Nutzung als Reststoff zur Verfügung.

3.3 Reststoffpotenziale

Aus den so ermittelten Produktionsmengen für die Nahrungserzeugung werden die verfügbaren Reststoffe Stroh, Exkremate, Kartoffel- und Rübenblatt abgeleitet. Dabei werden Restriktionen und Mobilisierungsraten für Potenzialberechnung nach KALTSCHMITT et al. (2001) und projekteigenen Annahmen berücksichtigt.

4 Szenarioerstellung und Ergebnisse

Im Rahmen der Szenariorechnung werden schließlich Angebot und Nachfrage aus *energiewirtschaftlicher* Perspektive zusammengeführt. Dabei verfügt jedes Szenario über zeitabhängige Biomassepotenziale³ sowie über eine „Philosophie“, die vorgibt, in welchem Maße die Potenziale ausgeschöpft werden. Das Projektteam hat eine umfangreiche Technologiendatenbank⁴ erstellt, die Daten zu Umweltaspekten, Kosten und Beschäftigung von fossilen und Biomassetechnologien enthält. Durch Zusammenspiel der Modelle können für verschiedene Nutzungsausprägungen ökobilanzielle Vergleiche für die gesamte Energieversorgung erstellt werden. Als Szenariozeitraum wurde 2000 – 2030 gewählt, mit Stützzeitpunkten in den Jahren 2010 und 2020. Nachfolgend werden zwei ausgewählte Szenarien aus dem Blickwinkel der Landwirtschaft betrachtet, das Referenzszenario und das sog. Nachhaltigkeitsszenario⁵, das im Rahmen des Projekts (die Stoffstromanalyse ist doch nur eine Methode) als Empfehlung erarbeitet wurde (FRITSCHKE et al., 2004).

4.1 Potenzialrelevante Annahmen in den Szenarien

Das **Referenzszenario** (REF) reflektiert eine ungestörte Fortschreibung ohne aktive Biomassepolitik. Somit stehen in diesem Fall zwar nennenswerte Potenziale zur Verfügung, nur werden diese auch in Zukunft *kaum* genutzt.

Für die Landwirtschaft bedeutet dies die Umsetzung der aktuellen Agrarpolitik. Zwei wesentliche Szenarioparameter für die Flächennutzung sind der Anteil der ökologischen Landwirtschaft bzw. das Maß an Extensivierung und Veränderungen in den Produktionsmengen – insbesondere für Produkte die heute durch geschützte Märkte mit hoher Selbstversorgung gekennzeichnet sind (vgl. Tabelle 1). Für den externen Faktor Flächenverbrauch wird von einem moderaten Rückgang ausgegangen (FRITSCHKE et al., 2004).

Das **Nachhaltigkeitsszenario** (NH) bildet eine sektorübergreifende Nachhaltigkeitsstrategie ab, auch für die Bereiche der Landnutzung und Energieversorgung. So wird die verstärkte Energienutzung von Biomasse initiiert und die Potenziale werden ausgeschöpft.

Für die Landwirtschaft führt dies zur Ausdehnung der ökologischen Landwirtschaft. Andererseits wird die Überproduktion bis ins Jahr 2030 abgebaut, da aufgrund der WTO-Verhandlungen Marktöffnung und Einstellung der Exportförderung angenommen werden.

³ Zu den landwirtschaftlichen Potenzialen aus HEKTOR kommen die Potenziale aus der Forst- und Abfallwirtschaft.

⁴ Auch diese Prozessdaten sind in GEMIS abgelegt, wie die Prozesse zum Pflanzenbau und der Tierhaltung.

⁵ Eine Optimierung erfolgte nach den drei Kriterien Umwelt, Kosten und Arbeitsplätze.

Auch für den Bereich Siedlung und Verkehr wird von einer Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie der BUNDESREGIERUNG (2002) ausgegangen: Der Flächenverbrauch sinkt und in 2030 erfolgt nur noch Flächenrecycling. Bei Energiepflanzen gilt für beide Szenarien, dass die Betriebsmittelintensität nicht höher sein soll als im Nahrungsmittelanbau (Verschlechterungsverbot).

Tabelle 1: Variation zwischen REF und NH für die Landwirtschaft

	Referenz	Nachhaltig
Ökologischer Landbau	7-10 % in 2030	20 % in 2020; 30 % in 2030
Selbstversorgung Nahrungsmittel		
Eier	35 % ab 2010	Wie REF
Rindfleisch	102 % ab 2020	100 % in 2030
Zucker	140 % in 2010; 120 % in 2030	130 % in 2010; 100 % ab 2020
Getreide	129 %	115 % in 2010; 100 % ab 2020
Flächenverbrauch	60 ha/d ab 2020	30 ha/d ab 2010, 0 ab 2020

Quelle: Eigene Annahmen u.a. nach ISERMEYER, 2003; KLEINHANß et al., 2002; KREINS et al., 2002.

Zusätzlich wurden in den Szenarien auch Annahmen zur künftigen Entwicklung der Energieversorgung, der Förderung der Biomasse und der Nachfrage nach Energie getroffen. Allen Berechnungen zugrunde liegen steigende Energiepreise bis 2030 (Heizöl etc. um ein Viertel, Erdgas um die Hälfte, Kohle und Strom um ein Drittel)

Im **REF-Szenario** gilt auch für die Energienachfrage eine ungestörte Fortschreibung. Dazu wurde auf das Referenz-Szenario der Enquete-Kommission zur nachhaltigen Energieversorgung zurückgegriffen (ENQUETE, 2002).

Im **NH-Szenario** werden dagegen eine erhebliche Effizienzsteigerung und damit eine Abnahme der Energienachfrage in Deutschland um etwa 25 % sowie ein starker Ausbau der erneuerbaren Energien angenommen. Für die Biomasse gelten daher unter anderem eine Fortführung des EEG und eine verstärkte Nutzung effizienter Technologien, wie etwa der Kraft-Wärme-Kopplung. Gleichzeitig wird von der Erfüllung der EU-Ziels von 5,75 % biogenen Treibstoffen am Markt bis 2010 ausgegangen (FRITSCHKE et al., 2004).

4.2 Ergebnisse

Tabelle 2 und Abbildung 2 zeigen die mit HEKTOR ermittelten Reststoff- und Flächenpotenziale aus der Landwirtschaft für die Szenarien REF und NH im Vergleich. Für die Reststoffpotenziale zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen den Szenarien, aber auch über die Zeit.

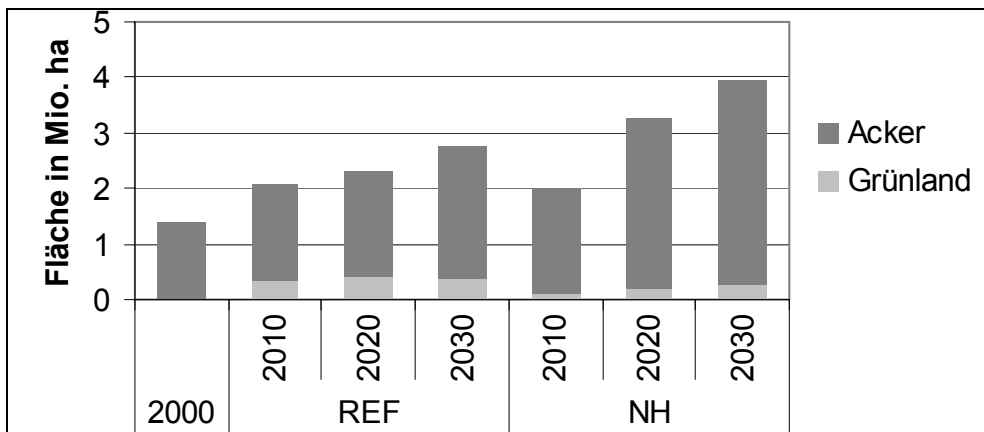
Im Bereich der Flächenpotenziale zeigen sich wesentlich dynamischere Entwicklungen. Der erhöhte Flächenverbrauch einer extensiveren Landwirtschaft kann durch die Reduzierung der Überproduktion und des Flächenverbrauchs überkompensiert werden.

Tabelle 2: Mit HEKTOR ermittelte Reststoffpotenziale aus der Landwirtschaft für die beiden Szenarien REFERENZ und NACHHALTIG

		Referenz	Nachhaltig
Reststoffe aus der Landwirtschaft in PJ	2000	2030	2030
Stroh	56	62	76
Exkrement (als Biogas)	87	82	93
Kartoffel- und Rübenblatt (als Biogas)	9	7	12
Grünschnitt (als Biogas)	0	14	13

Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 2: Mit HEKTOR ermittelte Flächenpotenziale für die beiden Szenarien REFERENZ und NACHHALTIG



Quelle: Eigene Berechnungen.

Abbildung 3a: Kraftstoffherzeugung aus Biomasse in REFERENZ und NACHHALTIG

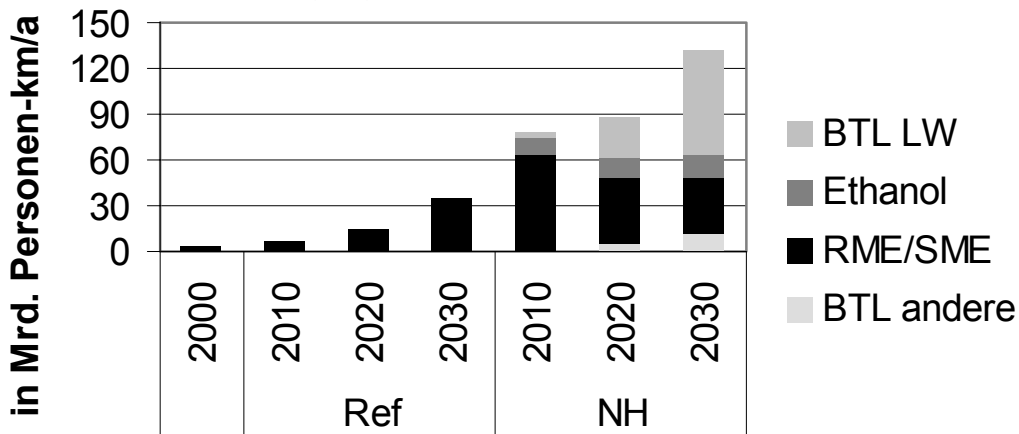


Abbildung 3b: Strom aus Biomasse in REFERENZ und NACHHALTIG

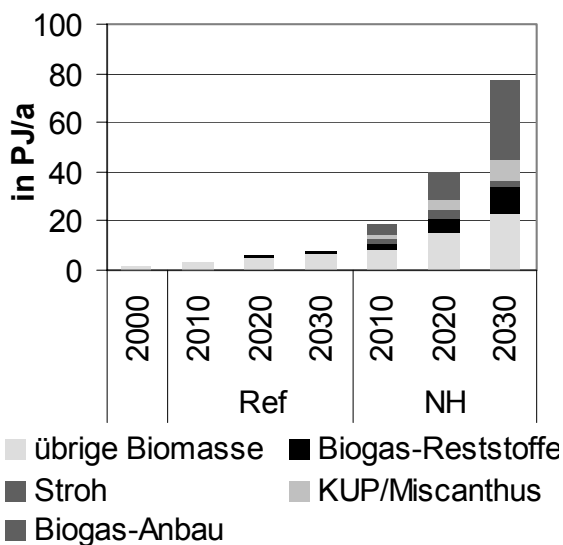
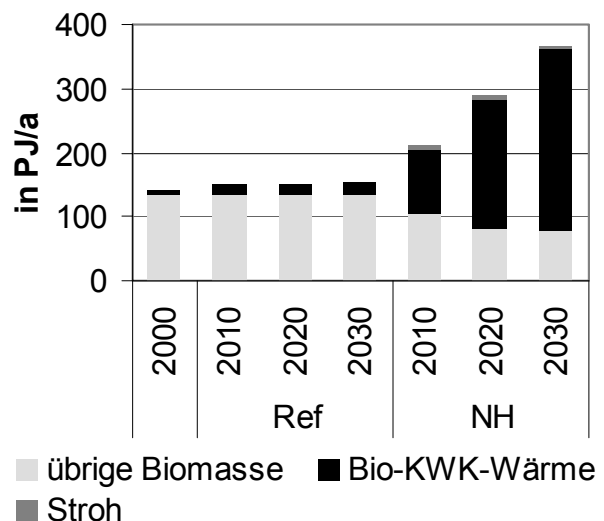


Abbildung 3c: Wärme aus Biomasse in REFERENZ und NACHHALTIG



Erläuterungen: LW = Landwirtschaft, BTL = Biomass-to-Liquids (Kraftstoffe aus fester Biomasse synthetisiert), RME = Rapsölmethylester, SME = Sonnenblumenölmethylester, KUP = Kurzumtriebsplantage (Pappel, Weide u.a.), KWK = Kraft-Wärme-Kopplung

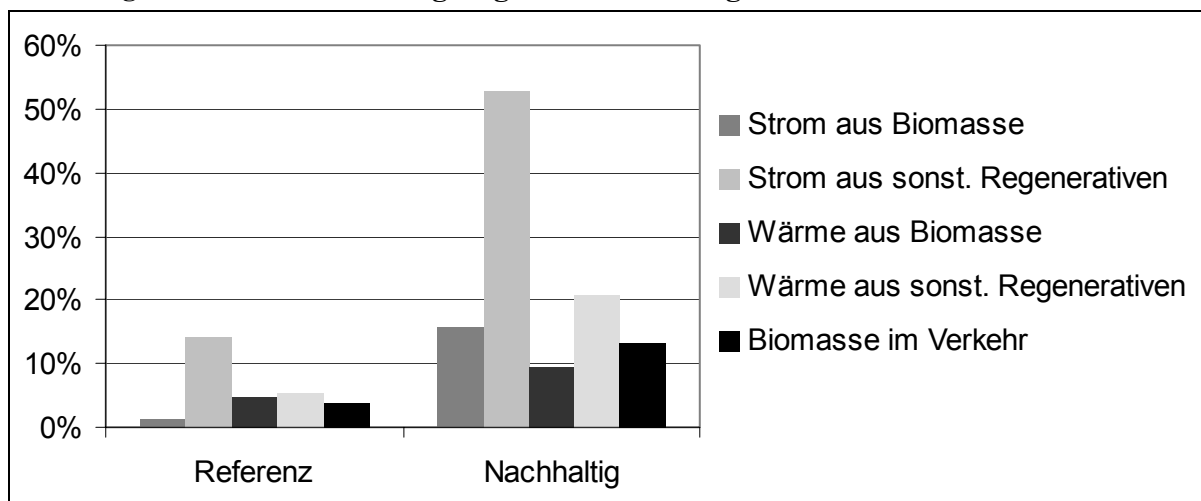
Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung.

Durch die Erhebung und Bewertung von Technologien wurden die effizientesten Wege der Bioenergienutzung für Strom, Wärme und Verkehr identifiziert. Bewertungskriterien waren hierbei Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte⁶ und Arbeitplatzeffekte, eine detaillierte Ausführung findet sich in FRITSCHÉ et al. (2004). Abbildung 3a und 3b zeigen, dass die landwirtschaftliche Biomasse im REF-Szenario kaum im Verkehr und in der Stromerzeugung genutzt wird. Die aktuelle Tendenz Biomasse v.a. im Wärmemarkt einzusetzen, ist weniger effizient.

Im NH-Szenario wird die Biomasse dagegen vor allem im Verkehr und in der Kraft-Wärme-Kopplung eingesetzt. Der Bereich der Kraftstoffe erhält das Gros der Anbaubiomasse um das EU-Ziel von 5,75 % Biotreibstoffen bis 2010 erfüllen zu können. Das restliche Potenzial geht in die Kraft-Wärme-Kopplung, die die energieeffizienteste Biomassenutzung darstellt. Besonders attraktiv ist die Vergärung zu Biogas, um Stoffkreisläufe zu schließen.

Wird parallel zum Ausbau der regenerativen Energien auch eine deutliche Effizienzsteigerung⁷ forciert, erreicht insbesondere die Biomasse einen bedeutenden Anteil im zukünftigen Energiemix. Abbildung 4 vergleicht die Nachfragestruktur für regenerative Energien im Referenz- und im Nachhaltigkeitsszenario (FRITSCHÉ et al., 2004). Aufgrund der verstärkten Förderung von Biomassenutzung kann der Biomasseanteil bis ins Jahr 2030 insbesondere bei Anbaubiomasse auf das dreifache erhöht werden. Dies bedeutet auch ein erhebliches Potenzial für die Einsparung von Treibhausgasen. Unter den Vorraussetzungen des NH-Szenarios kann das Einsparziel der Regierung von 40 %⁸ bis ins Jahr 2020 deutlich realisiert werden. Das Referenzszenario bleibt weit dahinter.

Abbildung 4: Zusammensetzung Regenerativer Energie in 2030



Quelle: Eigene Rechnung und Darstellung.

⁶ Treibhausgasäquivalente, Versauerungsäquivalente, Äquivalente der Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, Natur- und Bodenschutzaspekte, Reststoffe, nicht-erneuerbarer kumulierter Energieverbrauch (KEV).

⁷ Als Grundlage wurde auf das Nachhaltigkeitsszenario für den Energiesektor aus DLR/WI/IFEU 2004 zurückgegriffen und nur für Biomasse eigene Annahmen getroffen.

⁸ Langfristziele sehen bis ins Jahr 2050 eine Reduktion von 75 bis 80 % vor.

5 Würdigung und Ausblick

Angesichts der Herausforderungen des Klimaschutzes ist es wichtig, *wirksame* Handlungsfelder im Bereich der Energieversorgung zu identifizieren. Die Stoffstromanalyse auf Grundlage von Szenarien konnte detaillierte Erkenntnisse liefern, welchen Beitrag die Biomasse hierzu leisten kann. Die mit HEKTOR ermittelte Biomasse aus der Landwirtschaft macht dabei etwa einen Anteil von einem Drittel aus.

Die Rechnungen haben auch gezeigt, dass Extensivierung und gleichzeitiger Nutzung von Bioenergie aus der Landwirtschaft bei einem geeigneten Set an Politikänderungen nichts im Wege steht. Hinzu kommen die ökologischen Chancen durch extensiven Biomasseanbau. Diese wird häufig postuliert, doch gibt es bisher nur wenige Beispiele für systematisch angelegte Anbauversuche, insbesondere nicht im Sinne einer Analyse über die gesamte Technologiekette. Mit dem Modell HEKTOR können weitere Landnutzungsoptionen durch Variation der Parameter miteinander verglichen werden. Auch ist die Fortschreibung über das Jahr 2030 hinaus möglich. Von Interesse ist die Erstellung weiterer Szenarien im Zusammenhang mit Naturschutzflächen. Insbesondere die Frage von Synergien durch die Nutzung von Landschaftspflegematerial ist bislang weitgehend ungeklärt.

Literatur

- BUNDESREGIERUNG (2002): Perspektiven für Deutschland - Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. In: http://www.bundesregierung.de/Anlage585668/pdf_datei.pdf.
- DLR/WI/IFEU (2004): Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Deutsches Institut für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Wuppertalinstitut für Klima, Umwelt und Energie; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal.
- ENQUETE (2002): Endbericht der Enquete-Kommission für nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung des Deutschen Bundestags, Berlin.
- FLAIG, H., E. VON LÜNEBURG, E. ORTMAIER und C. SEEGER (1995): Energiegewinnung aus Biomasse - agrarische, technische und wirtschaftliche Aspekte. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart.
- 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, B. GROSS, M. HEIB, C. ZIEGLER, M. FLAKE, M. SCHMEHL und S. SIMON (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie, Freiburg, Darmstadt, Berlin.
- HEINLOTH, K. (1995): Potenzial der Biomasse als Energieträger in Deutschland und Europa. Deutscher Kongress Erneuerbare Energie '95, WINKRA-RECOM, Hannover.
- HOFFMANN, H., I. GRUBER und M. KAPFER (2003): Auswirkungen der Milchleistungssteigerung in Bayern, Zwischenbericht, unveröffentlicht. Lehrstuhl für Wirtschaftslehre des Landbaues. Technische Universität München, München.
- ISERMAYER, F. (2003): Umsetzung des Luxemburger Beschlusses zur EU-Agrarreform in Deutschland - eine erste Einschätzung. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.
- KALTSCHMITT, M. und H. HARTMANN, Hrsg. (2001): Energie aus Biomasse. Springer, Berlin, Heidelberg.
- KLEINHANß, W., D. MANEGOLD, M. BERTELSMEIER, E. DEEKEN, E. GIFFHORN, P. JÄGERSBERG, F. OFFERMANN, B. OSTERBURG und P. SALAMON (2002): Phasing out Milk Quotas - Possible Impacts on German Agriculture. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig.

- KÖPPEL, J., W. PETERS und C. SCHULTZE (2004): Integration naturschutzfachlicher Ziele in Szenarien und Modelle zur energetischen Nutzung von Biomasse. Kurzgutachten. In: U.R. Fritsche et al.: Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse - Anhangband. Freiburg, Darmstadt, Berlin.
- KREINS, P., H. GÖMANN und W. HEINRICHSMEYER (2002): Auswirkungen der Vorschläge der EU-Kommission im Rahmen der Agenda 2000 Halbzeitbewertung auf Produktion, Faktoreinsatz und Einkommen der deutschen Landwirtschaft (Modellannahmen auf Grundlage des Agrarsektormodells RAUMIS). In: Agra-Europe 02(31).
- LEIBLE, L., A. ARLT, B. FÜRNISS, S. KÄLBER, G. KAPPLER, S. LANGE, E. NIEKE, C. RÖSCH und D. WINTZER (2003): Energie aus biogenen Rest- und Abfallstoffen. Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe.
- OFFERMANN, F. (2003): Quantitative Analyse der sektoralen Auswirkungen einer Ausdehnung des ökologischen Landbaus in der EU. Shaker, Berlin.
- SCHNEIDER, S. und M. KALTSCHMITT (2002): Potenziale und Nutzung. In: H. Hartmann und M. Kaltschmitt. Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Landwirtschaftsverlag, Münster.
- WILFERT, R. und A. SCHATTAUER (2002): Biogasgewinnung aus Gülle, organischen Abfällen und aus angebauter Biomasse - Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse, Zwischenbericht. Institut für Energetik und Umwelt gGmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Leipzig, Braunschweig.