

Optionen für eine überregional nachhaltige Standortevaluierung für die Biogasproduktion und -einspeisung

Jochen Thiering, Georg-August-Universität Göttingen
Enno Bahrs, Universität Hohenheim

Die Notwendigkeit des zukünftigen Einsatzes regenerativer Energien ist mittlerweile zur Selbstverständlichkeit avanciert. Fraglich ist jedoch, welche Formen dafür in Frage kommen. Die Biogasproduktion mit Einspeisungsoption wird dabei aus verschiedenen Gründen als essentiell angesehen. Offen ist lediglich das Niveau des Umfangs und an welchen Standorten die Biogasmengen produziert werden sollen. Der Beitrag soll eine methodische Hilfestellung für die Legislative im Sinne einer effektiven Förderung sowie für ortsungebundene Investoren der Biogasproduktion sein, um überregional First best Standorte der Biogasproduktion zu evaluieren. Zu diesem Zweck wird ein bewertender Vergleich klassischer Landnutzungsmodelle vorgenommen.

Schlüsselwörter: JEL: Q15, Q42, Biogasproduktion und –einspeisung, Standortfragen, Landnutzungsmodelle

1. Einleitung

1.1 Problemstellung

Nicht allein aufgrund ihrer vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten in der Bioenergieschiene ist die Biogasproduktion verstärkt in den Fokus von Landwirten sowie Energieproduzenten und -konsumenten gerückt. Auch die potenzielle überdurchschnittliche Energieeffizienz und die Möglichkeit, eine hohe Wertschöpfung in den ländlichen Räumen zu generieren, sind weitere Gründe für den durch die Politik induzierten Ausbau der Biogasproduktion auf Basis nachwachsender Rohstoffe (Nawaro).

Jochen Thiering, Enno Bahrs: Optionen für eine überregional nachhaltige Standortevaluierung für die Biogasproduktion und –einspeisung. Yearbook of Socioeconomics in Agriculture 2008, 21-38

Allerdings zeigte sich in der Vergangenheit, dass allein die dezentrale Nutzung von Biogas aufgrund fehlender Wärmenutzungsmöglichkeiten am Anlagenstandort nicht immer eine ausreichende Energieeffizienz und flexible Nutzbarkeit gewährleistet (Da Costa Gomez 2007). Als Alternative neben kleineren, dezentralen Anlagen werden deswegen auch größere Biogasanlagen mit Einspeisungspotenzial als Ergänzung im Energiemix avisiert (Bundesregierung 2007: 21; Hornbachner et al. 2005: 1). Die Einspeisung von aufbereitetem Biogas in das Erdgasnetz bietet die Möglichkeit, den Energienutzungsort vom Erzeugungsort zu trennen und dadurch eine höchstmögliche Energieeffizienz bei voller Verwendungsflexibilität zu bieten, wenngleich die Grenzen einer angemessenen ökologischen Produktion vor dem Hintergrund hoher Transportaufwendungen berücksichtigt werden müssen (Hornbachner et al. 2005: 1; FNR 2006: 105-109).

Die vielfach implementierten national vereinheitlichten Einspeisevergütungen, wie z. B. das deutsche EEG, führen für alle potenziellen Anlagenbetreiber zu vergleichbaren Planungsvoraussetzungen hinsichtlich der Vergütung. Ob eine derartige „Rasenmäherförderung“ sinnvoll ist, wird u. a. aufgrund potenziell entstehender Flächenkonkurrenzen (z. B. durch intensive Veredlungsproduktion) von Interessenvertretern und Wissenschaft vermehrt in Frage gestellt (Bahrs et al. 2007: 23 f.). In der jüngsten Vergangenheit traten zudem zunehmend weitere überregional agierende Stakeholder wie die Gasnetzbetreiber als Akteure auf, die sich bei der Errichtung von Biogasanlagen - z. T. auch mit dem Ziel der Biogaseinspeisung - beteiligen wollen. Daraus ergibt sich auch vor dem Hintergrund der technischen Reife sowie der ökonomischen Potenziale der Biogaseinspeisung aus volks- und betriebswirtschaftlicher Sicht für die einzelnen Stakeholder der Biogasproduktion bzw. -einspeisung die Frage, welche Standorte für eine Produktion bzw. Einspeisung in ein Gasnetz in Frage kommen. Zu diesem Zweck sind überregionale Standortanalysen anzustellen, damit Produktions- und Einspeisepunkte in das Gasnetz gefunden werden, die komparative Vorteile gegenüber anderen Standorten bieten. Dabei sind vielfältige Faktoren zu prüfen, die neben bspw. bereits von Landwirten als (potenziellen) Anlagenbetreiber einbezogenen Entscheidungsparametern auch die Interessen und Anforderungen der überregionalen Stakeholder berücksichtigen.

1.2 Zielsetzung

Die gegenwärtige Preishausse auf den Agrarrohstoffmärkten sowie die CO₂-Vermeidungskosten der Nawaro-Biogasproduktion im Vergleich zu denjenigen anderer erneuerbaren Energielinien schränken die Vorzüglichkeit von Nawaro-Biogasanlagen z. T. erheblich ein (vgl. auch Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik 2007). Zukünftig moderate Agrarrohstoffpreise und/oder höhere Erdgaspreise führen jedoch zur Notwendigkeit, eine angemessene nationale und regionale Strategie zur Platzierung von Biogasanlagen (ggf. mit Einspeisungspotenzial) zu entwickeln, ohne in massive Konkurrenz zur Food-Produktion sowie zum Umwelt- und Naturschutz zu treten. Auch wenn Abfallstoffe zukünftig wieder verstärkt in den Fokus der Biogasproduktion gelangen, wird der additive Einsatz von Nawaro möglicherweise eine signifikante Vorzüglichkeit behalten und bei Bestand der derzeitigen politischen Zielrichtung in Anbetracht vorhandener Biogasproduktionspotenziale notwendig sein. Durch eine effiziente Standortwahl können Synergien für den Netzbetreiber sowie für den Anlagenbetreiber gewährleistet werden (sofern der Anlagenbetreiber nicht deckungsgleich mit dem Netzbetreiber ist). Dabei sollte die Berücksichtigung von Anforderungen weiterer Stakeholder, wie z. B. der Legislative im Kontext einer effizienten Förderung, möglich sein.

Mit dem Wissen über das Anforderungsprofil (s. Kap. 2) stellt sich die Frage, welche Modelle für die Ermittlung von First best Standorten für die Biogasproduktion bzw. -einspeisung sinnvoll sein können. Dies trifft nicht allein auf die in Deutschland überdurchschnittlich stark etablierte Biogasproduktion zu, bei der bereits viele Standortfragen durch bereits existierende Biogasanlagen obsolet geworden sind. In Anbetracht der erheblichen Potenziale in anderen Ländern, sowohl für die Nawaro- als auch für die Abfallschiene, sollten vorab Standortanalysen Anwendung finden. Ein Vergleich existierender Landnutzungsmodelle im Hinblick auf ein geeignetes Standortanalysemodell für Biogasanlagen mit Einspeisung soll der Aufgabenstellung nahe kommen.

2. Standortanforderungen der Biogasproduktion

In Vorbereitung auf den Modellvergleich ist zunächst zu definieren, welche Anforderungen die Biogasproduktion an Standorte aufweist. Daraus

sind mögliche Differenzierungsmerkmale abzuleiten, die in den Modellen berücksichtigt werden müssen. Das Ziel ist zunächst eine großräumige Standortevaluierung, der anschließende Vor-Ort-Analysen in den daraus identifizierten Vorzugsregionen folgen sollten. Daher wird vereinfacht davon ausgegangen, dass sich aus dem Blickwinkel von z. B. Baugenehmigung, Akzeptanz bei der Bevölkerung und der Bereitschaft der Landwirte zum Anlagenbetrieb bzw. zur Beteiligung an Anlagen oder auch allein zum Substratanbau grundsätzlich an allen Standorten Biogasanlagen realisieren lassen. Diese nicht zu unterschätzenden Faktoren sind flächendeckend in einem ersten Schritt kaum in ihren Ausprägungen zu erfassen.

Eine wichtige Anforderung an den Standort sind die Substratsicherheit sowie der Substratpreis. Bei Biogasanlagen, die auf der Basis nachwachsender Rohstoffe betrieben werden sollen, machen die Substratpreise inkl. der Transportlogistik zirka 30 bis 50 % und mehr der laufenden Kosten der Biogasproduktion aus (FNR 2005: 140-142). Substratsicherheit und damit zusammenhängende Substratpreise bestimmen somit in erheblichem Umfang die Standortwahl und haben eine hohe Planungspriorität. Problematisch ist die Substratverfügbarkeit auch dann, wenn in den regionalen Bodenmärkten etablierte (expandierende) Bodennutzer mit hohen Wertschöpfungspotenzialen im Anbau vorzufinden sind. Wenn an gleicher Stelle die Nawaro-Biogasproduktion auftritt, kann es zu Flächenkonkurrenzen kommen, die sowohl für die Anbauer von Sonderkulturen als auch für die Biogasproduktion zu verminderten Renditen führen. Aber auch die Viehhaltung kann zur Konkurrenz im Bodenmarkt avancieren, wenn eine hohe Viehdichte vorliegt. In diesen Regionen stehen auch die Entsorgungsmöglichkeiten der Gärreste in einem besonderen Fokus (Döhler/Schliebner 2007). Denn hier stellt eine naturwissenschaftlich-rechtlich angemessene Nährstoffversorgung der Böden bei gleichzeitiger Erhöhung der Biogasanlagendichte¹ eine Herausforderung dar. Andererseits besitzen diese Regionen den Vorteil, hohe Mengen günstig verfügbarer Gärsubstrate in Form von tierischen Exkrementen aufzuweisen.

Spätestens an diesem Punkt zeigen sich bereits Unterschiede bei den internationalen Strukturen. Während in Deutschland für einzelne Regionen diese Fragestellung virulent ist, dürfte sie für die Schweiz aufgrund

¹ Gemessen in installierter elektrischer Leistung je Flächeneinheit LF.

der vergleichsweise geringen regionalen Konzentration der Viehhaltung eine geringere Rolle spielen.

Im Vergleich zu den bisher zumeist errichteten Biogasanlagen mit Verstromung im anlagennahen BHKW weist die Biogasproduktion mit anschließender Aufbereitung und Einspeisung einige zusätzliche Anforderungen auf. So ist eine möglichst kurze Entfernung zu bestehenden Erdgasnetzen erforderlich, um den Aufwand für den Bau und die Nutzung zusätzlicher Leitungsstrecken gering zu halten. Die Einspeisepunkte müssen dabei eine volumenmäßige Aufnahmefähigkeit besitzen, die ganzjährig eine Abnahme der entsprechenden Biogasproduktion gewährleistet (FNR 2006: 85 ff.; Hornbachner et al. 2005: 211 ff.). Aufgrund der relativ hohen Kosten für die Errichtung und den Betrieb von Biogasaufbereitungsanlagen und der Degression der spezifischen Kosten mit steigender Anlagengröße (Hornbachner et al. 2005: 265 ff.) setzt eine angemessene Wirtschaftlichkeit von der Biogasproduktion bis zur Einspeisung je nach Rahmenbedingungen und technischer Entwicklung eine gewisse Mindestgröße der Biogasanlagen voraus. Daher besitzen Anlagen, an denen Energieversorger beteiligt sind, häufig eine Größe von mehr als 1 MW_{el} installierter Leistung (Spandau 2008: 19).² Daraus resultiert ein entsprechend hoher Substratbedarf, der je nach eingesetzten Substraten mehr als 20 000 t betragen kann. Damit werden die Anforderungen an die Sicherung der Substratbeschaffung erhöht. Im Vergleich zu kleineren Anlagen steigen darüber hinaus die Transport- und Entsorgungskosten.

Weiterhin sind auch die standortspezifischen Auflagen des Natur- und Umweltschutzes zu berücksichtigen. Ausgewiesene Naturschutz-, Wasserschutz oder Landschaftschutzregionen mit Auflagen zum Substratanbau, zur Biodiversität bzw. zu allgemeinen Eingriffen in den Naturhaushalt sind interregional sehr unterschiedlich. Ihre Vernachlässigung könnte zu schwerwiegenden Fehleinschätzungen der Standorteignung führen (FNR 2006: 105 f.). Alle zuvor genannten Faktoren müssen in einem Standortmodell für die Biogasproduktion berücksichtigt werden. Einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben die Ausführungen dabei nicht. Je nach Untersuchungsregion oder Fragestellung kann die Be-

² Allerdings wird die Einspeisung unter neuen technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen möglicherweise bald auch bei deutlich geringeren Anlagengrößen wirtschaftlich sein können (o. V. 2008a: 112-115).

rücksichtigung weiterer Standortfaktoren erforderlich oder aus Sicht der Datenlage möglich sein. In diesem Zusammenhang wäre somit auch eine flexible Gestaltung von Modellen für einen vielseitigen Einsatz wünschenswert.

3. Bestehende Modellsysteme

Die Suche nach Erklärungsansätzen und Prognosemöglichkeiten der (zukünftigen) Landnutzung beschäftigt die moderne Standortforschung seit über 40 Jahren (Weinschenk/Henrichsmeyer 1966). Verschiedene Standortfaktoren können dabei Berücksichtigung finden (Kuhlmann et al. 2002: 351). Denn sie beeinflussen als exogene Variable die Entscheidung der Landnutzer über die Art und Intensität der Landnutzung und tragen maßgeblich zu regionalen Unterschieden im Angebot landwirtschaftlicher Primärprodukte, in der Summe landwirtschaftlichen Einkommens, in der Art und dem Umfang von Externalitäten sowie im Faktoreinsatz in der Landwirtschaft bei (Julius 2005: 16). Aufgrund vielfältiger ökonomischer Wirkungszusammenhänge lässt sich die Landnutzung in Abhängigkeit von sich verändernden Rahmenbedingungen kaum ohne eine detaillierte Modellierung abschätzen (Odening/Balman 1997: 371 f.). Komplexe Optimierungsmodelle sind in der Lage, mehrere Standortfaktoren für die Ermittlung von räumlichen Gleichgewichten der landwirtschaftlichen Produktion zu ermitteln. Neben erwerbswirtschaftlichen Zielen werden dabei in der modernen Standortforschung auch umweltpolitische Ziele berücksichtigt (Kuhlmann et al. 2002: 351 f.). Einige in Deutschland entwickelte Modelle, die der Unterstützung der normativen Standortforschung dienen sollen, werden im Folgenden im Sinne der Zielsetzung vorgestellt.³ Dabei werden nur Modelle berücksichtigt, die einen direkten Raumbezug anstreben und die sich auf ressourcenökonomische und umweltpolitische Fragestellungen fokussieren. Diese Modelle können in Abgrenzung zu allgemeinen Agrarsektormodellen, deren Untersuchungsschwerpunkt auf agrarmarktpolitischen Analysen liegt, auch als Landnutzungsmodelle bezeichnet werden.

³ Von Rossing et al. (2006) wurden diese Modelle unter anderer Fragestellung ebenfalls in einen Modellvergleich mit einbezogen.

3.1 Vorstellung ausgewählter Modelle

Übersicht 1: Eigenschaften ausgewählter Modelle zur Modellierung der Landnutzung

	RAUMIS	Kraichgau (LMK)	MODAM	ProLand
Abkürzung steht für	Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem	Landschaftsmodellierung Kraichgau	Multiple-Objektive Decision Support Tool for Agroecosystem Management	Prognosis of Landuse
Modellverbund	Modellverbund des vTI/ FAL-Modellverbund	Beinhaltet mehrere Module (Modul Ökonomie soll landwirtschaftliche Produktion abbilden)		ITE ^M (Integrated Tool for Economic and Ecological Modelling)
Zielfunktion	modifizierte Wertschöpfung maximieren	Gesamtdeckungsbeitrag des Nahbereichs maximieren	Gesamtdeckungsbeitrag maximieren	Bodenrente maximieren
Vermeidung von Überspezialisierung	Positive Mathematische Programmierung	Positive Mathematische Programmierung	Fruchtfolgerestriktionen	Technisch mögliche Fruchtfolgen werden vordefiniert
Räumliche Subsystemgrenze	Regionshöfe (Landkreise)	Regionshöfe (Nahbereiche)	Schläge oder Regionshöfe	Raster oder Polygone
Ertragsdaten	Bodennutzungshaupterhebung und Ernteberichterstattung, Verwendung von Trenderträgen, abhängig vom Stickstoffeinsatz	Statistische Ertragsdaten ergänzt durch Befragungen, teilweise als Ertragsfunktion in Abhängigkeit vom Stickstoffeinsatz, teilweise Durchschnittswerte	Schlagspezifische Schätzung durch Expertenmodell in Abhängigkeit von Bodenqualität und Niederschlagsmengen	Auf Rasterebene linear-limitational geschätzt nach Wasserverfügbarkeit, Solarenergie und genetischem Potenzial
Vorwiegende Zielrichtung der Analysen	Darstellung wahrscheinlicher historischer und zukünftiger Entwicklungen (Prognose) des Agrarsektors sowie mittelfristige Wirkungsanalysen mit Blick auf die landwirtschaftliche Produktion, den Faktoreinsatz im Agrarsektor, das landwirtschaftliche Einkommen und die Agrar-Umwelt-Beziehungen	Landnutzungsänderungen sollen unter daraus resultierenden Nachhaltigkeitsgesichtspunkten transparent gemacht und beurteilt werden; ökonomische Kenngrößen und ausgewählte Umweltdatensätze werden explizit abgebildet	Konsequenzen für das Agrarökosystem, für landwirtschaftliche Betriebe und die aus einer veränderten Nutzung resultierenden sozioökonomischen Effekte verdeutlichen; Anlass für die Modellentwicklung war die Evaluierung von Auswirkungen durch Ausweisung von Naturschutzgebieten und durch Umstellung landwirtschaftlicher Betriebe weg vom konservativen Landbau	Generierung ökonomischer Kenngrößen sowie Allokation von Landnutzungssystemen insbesondere in peripheren Regionen mit ungünstigen natürlichen Voraussetzungen

Quelle: Eigene Darstellung nach Henrichsmeyer et al., 1996; Cypris, 2000; Weinmann, 2002; Weinmann et al., 2006; Kächele, 1999; Dabbert et al., 1999; Roedenbeck, 2004.

Alle in Übersicht 1 aufgeführten Landnutzungsmodelle verfolgen einen komparativ-statischen Optimierungsansatz.⁴ Weitere Gemeinsamkeiten der Modelle liegen in einigen modelltheoretischen Annahmen wie bspw. der Risikoneutralität und der vollständigen Information der Landnutzer.

Das Modellsystem **RAUMIS** (Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem) ist Teil des integrierten Modellverbundes des Johann-

⁴ „Mit komparativ eingesetzten statischen Optimierungsmodellen werden Gleichgewichtszustände, die jeweils bei unterschiedlichen Werten für die Standortfaktoren berechnet werden, miteinander verglichen, um die Auswirkungen bezüglich der Veränderungen der abhängigen variablen Landnutzungsmuster und Nutzungsintensitäten der Richtung und dem Umfang nach zu bestimmen“ (Kuhlmann et al. 2002: 357). Allerdings ist mit MODAM auch ein rekursiv dynamischer Ansatz möglich (Zander 2003: 96).

Heinrich von Thünen-Instituts (o. V. 2008b).⁵ Ziel des Modellverbundes ist die Politikfolgenabschätzung auf sektoraler, regionaler und betrieblicher Ebene (Bertelsmeier et al. 2003). Je nach Fragestellung werden ein oder mehrere Einzelmodelle entsprechend ihrer komparativen Vorteile im Verbund für die Beantwortung verwendet, wobei durch die Abstimmung wichtiger Annahmen ein Modell übergreifender Austausch von Informationen möglich ist. RAUMIS wird von den Modellentwicklern als regional differenziertes Sektormodell bezeichnet (Julius et al. 2003: 185), basiert insbesondere auf Daten⁶ der Agrarfachstatistik und ist konsistent zur Landwirtschaftlichen Gesamtrechnung (Weingarten 1995).

Die Landschaftsmodellierung **Kraichgau** wurde von Dabbert et al. (1999) als interdisziplinäres Analysewerkzeug entwickelt und soll eine Erhöhung der Transparenz sowie eine Beurteilung der Auswirkungen von Landnutzungsänderungen unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten ermöglichen. Dazu bildet es ausgewählte Umweltindikatoren und wichtige ökonomische Kenngrößen ab. Insgesamt besteht die Modellstruktur aus sieben miteinander vernetzten Teilmodulen, von denen das Modul Ökonomie die landwirtschaftliche Produktion abbildet. Die Datengrundlage hierfür bildet insbesondere die Agrarstatistik. Daneben wird bspw. auch ein digitales Höhenmodell verwendet, das vorwiegend der Berechnung ökologischer Indikatoren dient. Den Kern von Kraichgau bildet dabei ein Geographisches Informationssystem (GIS), das auf Basis einer gemeinsamen Datenbank die technische Verbindung der einzelnen Module der Landschaftsmodellierung herstellt.

Mit dem Modellsystem **MODAM (Multiple-Objektive Decision Support Tool for Agroecosystem Management)**, dessen Entwicklung durch die Arbeiten von Kächele (1999) und Zander (2003) erfolgte, können ökologische und ökonomische Ziele simultan optimiert werden. Die Bewertung der Effekte einer veränderten Landnutzung mit Blick auf die Nachhaltigkeit bildet dabei den Schwerpunkt des Modellsystems (Roedenbeck 2004: 96). Die erste Anwendung fand bspw. zur Einschätzung von ökonomischen und ökologischen Wirkungen der Ausweisung eines Na-

⁵ Vor dem 1.01.2008 gehörten sowohl RAUMIS als auch die übrigen Modelle dem FAL-Modellverbund an (Bertelsmeier et al. 2003).

⁶ Gemeint sind hier standortspezifische Daten. Von den Modellen werden bspw. auch Annahmen zu Maschinenkosten getroffen, die an dieser Stelle nicht berücksichtigt werden.

turschutzgebietes in einem Untersuchungsgebiet statt (Kächele/Zander 1999). Hier wurde über eine umfangreiche Befragung der Landnutzer im Untersuchungsgebiet die vornehmliche Datengrundlage geschaffen. Möglich ist jedoch auch eine Analyse mit Hilfe weniger spezifischer Daten (Zander 2003).

Das Modell **ProLand (Prognosis of Landuse)** wurde im Rahmen des Gießener Sonderforschungsbereichs (SFB) 299 „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ entwickelt und dient dort der Abschätzung von Landnutzungsänderungen in Gebieten mit ungünstigen natürlichen Voraussetzungen (Kuhlmann et al. 2002; Möller et al. 2002). Im Rahmen des SFB 299 können aufbauend auf den Ergebnissen von ProLand ökologische und hydrologische Auswirkungen von veränderten Produktionsgegebenheiten oder produktionstechnologischen und politökonomischen Rahmenbedingungen gezeigt werden (Weinmann 2002: 2; Schroers 2006: 105). Datengrundlage für die Analysen bilden in ProLand im Wesentlichen GIS-basierte Daten zur Bodengüte, Topographie und zum Klima sowie ein digitales Höhenmodell.

Bereits aus dem bis hier gegebenen Überblick über die Inhalte und die Datengrundlage der Landnutzungsmodelle lässt sich erahnen, dass diese trotz ähnlicher Fragestellung Differenzierungsmerkmale aufweisen. Im Folgenden sollen anhand ausgewählter Modelleigenschaften weitere Unterschiede herausgestellt werden.

3.2 Differenzierungsmerkmale der Modelle

Das offensichtlichste Differenzierungskriterium der Modelle besteht in der **Subsystemgrenze**, die als räumliche Grundeinheit der Verfahren verstanden werden kann (Roedenbeck 2004: 120). Auf dieser Basis werden bspw. die Verwaltung natürlicher Standortfaktoren sowie die Bilanzierungen durchgeführt. So finden die Berechnungen in RAUMIS auf Ebene von Regionshöfen statt, deren Grenzen deckungsgleich mit den Landkreisgrenzen sind. Aufgrund von Datenlücken werden die meisten kreisfreien Städte benachbarten Landkreisen zugeordnet, so dass mit 326 Regionshöfen der gesamte deutsche Agrarsektor abgebildet werden kann (Gömann et al. 2007: 264 f.). Innerhalb eines Regi-

onshofs wird dabei die gesamte Produktion auf einen fiktiven Betrieb aggregiert und implizit völlige Faktormobilität unterstellt.⁷

Das Modell Kraichgau arbeitet ebenfalls auf Ebene von Regionshöfen. Allerdings sind diese nicht an die Kreisgrenzen gebunden. Stattdessen werden Daten meist weniger Gemeinden als unterste Verwaltungseinheit in Deutschland innerhalb von Nahbereichen zusammengefasst (Dabbert et al. 1999: 80). Sofern in MODAM auf Betriebsebene kalkuliert wird, bildet hier der Einzelschlag die kleinste Einheit der räumlichen Betrachtung (Zander 2003: 15). ProLand geht noch einen Schritt weiter und kann neben schlagspezifischen Berechnungen auch auf Rasterebene arbeiten. Dann werden mittels GIS Rasterflächen mit einer Größe von 25x25 m² (Weinmann 2002: 19) oder 1x1 km² (FNR 2007: 27; Nusser et al. 2007: 240) abgebildet.

ProLand optimiert dabei als einziges der vorgestellten Modelle nicht einen Betrieb bzw. einen Regionshof. Als **Zielgröße** wird stattdessen die Bodenrente maximiert. MODAM maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag tatsächlicher Betriebe - entweder jeweils für sich oder mehrere simultan. Für RAUMIS und Kraichgau wurden die Optimierungsprogramme auf die jeweilige Aggregationsstufe der Regionshöfe ausgelegt.

Damit nicht einseitige und realitätsferne Fruchtfolgen - im extremsten Fall im Sinne von Monokulturen - das Ergebnis der Modellberechnungen darstellen, werden in mathematischen Optimierungsmodellen Maßnahmen zur **Vermeidung von Überspezialisierung** getroffen (Cypris 2000: 22 ff.). MODAM geht hierfür den in der Standortforschung früh gefundenen Weg über Fruchtfolgerestriktionen und definiert Anforderungen der Fruchtfolgeanteile schlagspezifisch in Abhängigkeit von Kombinationskriterien, phytosanitären Überlegungen, chronologischer Passfähigkeit, Verunkrautung in der Fruchtfolge sowie Nährstoffbilanzen (Zander 2003: 78 ff.).⁸ Auf derartige Restriktionen verzichten die Modelle RAUMIS und Kraichgau. Hier werden über die Positive Mathematische Programmierung (PMP) nach Howitt (1995) die nicht quantifizierten Einflüsse wie bspw. Ertragsdepression oder der Anstieg von variablen Kosten in Abhängigkeit von Flächenanteilen berücksichtigt (Dabbert

⁷ Zur dadurch entstehenden Problematik des Aggregationsfehlers siehe Weinschenk/Henrichsmeyer (1966), Kuhlmann et al. (2002), Jacobs (1998).

⁸ Die Verwendung von Restriktion ist dabei auch abhängig von der Bewirtschaftungsform (z. B. ökologischer Landbau).

et al. 1999: 83-86; Cypris 2000; Henrichsmeyer et al. 1996: 34 ff.). Die PMP wird in diesem Zusammenhang zur Kalibrierung des Basisjahres verwendet, so dass hier die kalkulierten Größen der Modelle mit den tatsächlichen Werten aus der Statistik übereinstimmen. Wie MODAM nutzt auch ProLand die PMP nicht. Hier werden technisch zulässige drei- oder viergliedrige Fruchtfolgen vorgegeben, aus denen das Optimierungsprogramm über einen mehrstufigen Prozess die bodenrentenmaximale Fruchtfolge ermittelt (Kuhlmann et al. 2002: 369-371).

Der **Flächenertrag** der (Acker-) Kulturen stellt für alle Landnutzungsmodelle einen wichtigen Berechnungsfaktor dar, da hierdurch sowohl die standortspezifischen Erlösmöglichkeiten als auch die Inputgrößen wie z. B. Düngemittelaufwand beeinflusst werden (Weinmann 2002: 46). In RAUMIS und Kraichgau wird über ermittelte Ertragsfunktionen die optimale spezielle Intensität in Abhängigkeit vom Stickstoffeinsatz unter Berücksichtigung von Produkt- und Faktorpreisen ermittelt (Dabbert et al. 1999: 82; Weingarten 1995: 276 f.).⁹ Das regionspezifische Ertragsniveau wird dabei durch statistische Daten oder - wie bei Kraichgau - ergänzend auch durch Befragungsergebnisse von Landwirtschaftsämtern vorgegeben. Bei MODAM und ProLand wird eine Düngung nach Entzug gemäß dem standortgemäßen Ertragspotenzial angenommen.¹⁰ Über ein Expertenmodell wird dieses bei MODAM in Abhängigkeit vom Niederschlag und der Bodengüte - namentlich der Ackerzahl - geschätzt (Kächele 1999: 124 ff.). ProLand verwendet zur Potenzialabschätzung Liebig-Funktionen, die in Abhängigkeit der genetisch festgelegten Maximalerträge der Kulturen das pflanzenverfügbare Wasser und die Temperatursumme in linear-limitationalen Produktionsfunktionen als Wachstumsfaktoren berücksichtigen (Weinmann 2002: 46 ff.).

3.3 Eignung der Modelle zur Beantwortung der Fragestellung

Neben der Ermittlung der betriebswirtschaftlichen Vorzüglichkeit eines Standortes wäre mit Blick auf den (politisch gewünschten) Ausbau der

⁹ Beim Modell Kraichgau wird der ökonomisch optimale Ertrag für Marktfrüchte und ein Durchschnittsertrag für Futterbaukulturen verwendet.

¹⁰ Eine Erörterung zur Plausibilität der Ansätze findet sich in Kuhlmann et al. (2002: 358 ff.).

Biogasproduktion auch eine umfangreichere Betrachtung von Externalitäten, Auswirkungen auf den ländlichen Raum oder den Anforderungen der Energieversorger wünschenswert. Bestehende Landnutzungsmodelle werden diesen Ansprüchen nur teilweise gerecht und weisen einige Nachteile auf, die sich aufgrund der komplexen Modellstrukturen nicht einfach beheben lassen. Bspw. sind lediglich RAUMIS und ProLand bisher für eine deutschlandweite Analyse eingesetzt worden. Eine Übertragbarkeit der übrigen Modelle auf andere Regionen wird zwar von den Modellentwicklern diskutiert und für positiv erachtet. Fraglich ist jedoch, ob und wann dies möglich wäre. Für Modelle, die nicht auf statistische Daten zurückgreifen, erscheint eine kurz- oder mittelfristige Umsetzung wenig wahrscheinlich.

Bei Modellen, die Kreisebenen mit einer durchschnittlichen Regionshofgröße von ca. 50 000 ha verwenden, ist ebenfalls fraglich, ob der Abbildungsgrad ausreichend exakt ist. Allerdings werden die Entwickler aller zu generierenden Modelle, zumindest in Deutschland, mit dem Handicap leben müssen, dass statistische Ertragsdaten lediglich auf Landkreisebene verfügbar sind. Das alternative Ertragsermittlungsverfahren von ProLand stellt hier eine interessante Alternative dar, da es sehr kleinräumig Erträge schätzen kann und im Gegensatz zu dem Ertragsermittlungsverfahren in MODAM auch schon deutschlandweit Anwendung fand (FNR 2007).

RAUMIS und ProLand sind bisher die einzigen Modelle, bei denen der Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen implementiert wurde (ibid.; Gömann et al. 2007).¹¹ Die Veränderung von RAUMIS resultierte im Wesentlichen aus der Erweiterung des Modells um ein Energiemaisverfahren. Annahmegemäß wird für den Mais deutschlandweit ein einheitlicher Preis gezahlt. Dadurch entsteht in Abhängigkeit des Energiemaispreises und der sonstigen Marktfurchtpreise eine mehr oder weniger starke Verschiebung der Landnutzung in Richtung Energiemais. Unterschiede in der Vorzüglichkeit des Energiemaisanbaus in den einzelnen Landkreisen können dabei sichtbar werden. In ProLand wird auf Rasterebene ähnlich vorgegangen. Ein Unterschied besteht darin, dass neben Energiemais auch Ganzpflanzensilage von Roggen und Weizen in den Berechnungen Berücksichtigung finden. Zudem wird auch der

¹¹ Bei MODAM gibt es ebenfalls erste Ansätze für eine Implementierung des Substratanbaus für Biogasanlagen (Uckert et al. 2007).

Biomasseanbau für andere Produktionslinien erneuerbarer Energien außerhalb der Biogasproduktion mit einbezogen.

Insgesamt ist mit den bisherigen Ergebnissen der beiden Modelle zur regionalen Biomasseanbauwürdigkeit eine Aussage darüber möglich, wo sich Landnutzer bei gegebenen Substratpreisen dafür entscheiden würden, Substrate für Biogasanlagen anzubauen. Dabei wird eine Abnahme der Substrate und somit ein entsprechendes Vergärungspotenzial vorausgesetzt (FNR 2007: 88 f.; Gömann et al. 2007).

Insbesondere bei der Suche nach Standorten für große Anlagen mit angeschlossener Gaseinspeisung sind die Ergebnisse für eine überregionale Standortevaluierung auch aus Sicht der Substratbeschaffung nur bedingt verwendbar. Bspw. kann sich in RAUMIS die Maisanbaufläche theoretisch auf den gesamten Landkreis verteilen. Bedeutende Parameter wie Transport- und Entsorgungskosten werden nicht berücksichtigt. ProLand kalkuliert zwar sehr kleinräumig und kann dadurch relativ differenziert Gebiete mit hoher Vorzüglichkeit für den Substratanbau für die Biogasproduktion lokalisieren. Allerdings zeigt z. B. die bisherige Vernachlässigung der regional differenzierten Entsorgungskosten noch Weiterentwicklungspotenzial für ProLand auf.

Darüber hinaus können reine Landnutzungsmodelle nur dann maßgeblich für eine Standortanalyse sein, wenn Biogassubstrate außerhalb von Nawaro weitgehend ignoriert werden. Ansonsten ist eine Modellerweiterung zwingend erforderlich oder ein anderer Modellansatz wünschenswert (vgl. dazu auch Röder 2007).

Schließlich werden in den Analysen bisher Restriktionen durch den Natur- und Umweltschutz zumindest z. T. vernachlässigt. Insbesondere für die Legislative dürfte dieser Punkt jedoch aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten einen hohen Stellenwert besitzen.

4. Schlussfolgerungen

Es wurde gezeigt, dass bestehende Landnutzungsmodelle in ihrer heutigen Form als Mittel zur überregionalen Evaluierung von Standorten für die Biogasproduktion nur eingeschränkt verwendbar sind. Im Vergleich zu den Anforderungen bestehen zusammengefasst Modelldefizite in Bezug auf die standortspezifische Berücksichtigung von

- den Transportkosten,
- den Entsorgungsmöglichkeiten der Gärreste,
- den etablierten Bodennutzern bspw. mit Sonderkulturen oder bereits bestehendem Substratanbau für Biogasanlagen,
- der Verfügbarkeit von sonstigen Substraten,
- den Natur- und Wasserschutzgebieten bzw. allgemeinen Restriktionen des Substratanbaus, die über die gute fachliche Praxis hinausgehen sowie mit Blick auf die mögliche Einspeisung,
- den Gasnetzen.

Für die überregionale Standortevaluierung wären spezifischere Modelle als Ergänzung oder als Zusatzbestandteile bestehender Modelle sinnvoll, um den umfangreichen Anforderungen an Standorte und an eine nachhaltige Biogasproduktion nachzukommen. Ein Modell sollte möglichst transparent sein und alle Standortanforderungen einbeziehen können. Bzgl. der Anforderungen ist zu prüfen, ob sich alle Faktoren in ein monetäres Modell integrieren lassen oder ob das Modell stattdessen auch qualitative Aspekte aufnehmen sollte. In Abhängigkeit von der Fragestellung, des Untersuchungsgebietes und den Stakeholdern sollte ein Modell zudem eine gewisse Anpassungsfähigkeit in Bezug auf die Berücksichtigung von Faktoren aufweisen, um eine vielseitige Nutzung zu ermöglichen und bspw. auch eine Übertragbarkeit auf andere Regionen (mit evtl. neuen Einflussfaktoren) zu gewährleisten.

Für die reale Investition in die standortgebundene Biogasproduktion sollte, nach einer zuvor beschriebenen Grobskalierung von Vorzugsstandorten für die Biogasproduktion, in jedem Fall eine umfassende „vor Ort Standortevaluierung“ vorgeschaltet werden (z. B. in Form einer Kapitalwertanalyse).

Literatur

Bahrs E., Held J.-H., Thiering J., (2007). Auswirkungen der Bioenergieproduktion auf die Agrarpolitik sowie auf Anreizstrukturen in der Landwirtschaft. Diskussionsbeitrag Nr. 0705 des Departments für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung, Georg-August-Universität Göttingen.

Bertelsmeier M., Kleinhanss W., Offermann F., (2003). Ausbau und Anwendung des FAL-Modellverbundes für die Politikberatung. In: Agrarwirtschaft, Jg. 53, H. 4, S. 175-184.

Bundesregierung, (2007). Bericht zur Umsetzung der in der Kabinettsklausur am 23./24.08.2007 in Meseberg beschlossenen Eckpunkte für ein Integriertes Energie- und Klimaprogramm. <http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2007/12/Anlagen/2007-12-05-integriertes-energie-und-klimaprogramm,property=publicationFile.pdf>, Abruf: 3.06.2008.

Cypris C., (2000). Positive Mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS. In: Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e. V., Nr. 313, Bonn.

Da Costa Gomez C., (2007). Biogasnutzung: Freud der Energie- oder der Landwirtschaft? Vortrag im Rahmen der Göttinger Fachtagung für Milch- und Veredlungswirtschaft am 06.12.2007 in Göttingen.

Dabbert S., Herrmann S., Kaule G., Sommer M., (1999). Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung - Methodik, Anwendung und Übertragbarkeit am Beispiel von Agrarlandschaften. Berlin.

Döhler H., Schliebner P., (2007). Gärreste - Teure Prozedur. In: Joule, H. 2/2007, S. 31-35.

FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.), (2005). Ergebnisse des Biogas-Messprogramms. Gülzow.

FNR (Hrsg.), (2006). Studie Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. 2. Auflage, Gülzow.

FNR (Hrsg.), (2007). Makroökonomische Effekte des Anbaus und der Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen. Gülzow.

Gömann H., Kreins M., Breuer T., (2007). Deutschland - Energie-Corn-Belt Europas? In: Agrarwirtschaft, Jg. 56, H. 5/6, S. 263-271.

Henrichsmeyer W., Cypris C., Löhe W., Meudt M., Sander R., Von Sothen F., Isermeyer F., Schefski A., Schleef K.H., Neander E., Fasterding F., Helmke B., Neumann M., Nieberg H., Manegold D., Meier T., (1996). Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt, Forschungsbericht für das BML (94 HS 021), Vervielfältigtes Manuskript, Bonn/Braunschweig.

Hornbachner D., Hutter G., Moor D., (2005). Biogas-Netzeinspeisung - Rechtliche, wirtschaftliche und technische Voraussetzungen in Österreich. In: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Berichte aus Energie- und Umweltforschung, H. 19, Wien.

Howitt R.E., (1995). Positive Mathematical Programming. In: American Journal of Agricultural Economics, Bd. 77, H. 2, S. 329-342.

Jacobs A., (1998). Paralleler Einsatz von Regionen- und Betriebsgruppenmodellen in der Agrarsektoranalyse. In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, H. 470, Bonn.

Julius C., Möller C., Osterburg B., Sieber S., (2003). Indikatoren einer nachhaltigen Landwirtschaft im Regionalisierten Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland (RAUMIS). In: Agrarwirtschaft, Jg. 53, H. 4, S. 185-194.

Julius C., (2005). Ansatz zur regionalisierten Bewertung des Umwelteinflusses landwirtschaftlicher Produktion anhand des Agrarsektormodells RAUMIS. Göttingen.

Kächele H., (1999). Auswirkungen großflächiger Naturschutzprojekte auf die Landwirtschaft - Ökonomische Bewertung der einzelbetrieblichen Konsequenzen am Beispiel des Nationalparks „Unteres Odertal“. In: Agrarwirtschaft Sonderheft 163, Bergen/ Dumme.

Kächele H., Zander P., (1999). Der Einsatz des Entscheidungshilfesystems MODAM zur Reduzierung von Konflikten zwischen Naturschutz und Landwirtschaft am Beispiel des Nationalparks „Unteres Odertal“. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e. V., Bd. 35, S. 191-198, Münster-Hiltrup.

Kuhlmann F., Möller D., Weinmann B., (2002). Modellierung der Landnutzung - Regionshöfe oder Rasterlandschaft? In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 80, S. 361-392, Münster-Hiltrup.

Möller D., Fohrer N., Steiner N., (2002). Quantifizierung regionaler Multifunktionalität land- und forstwirtschaftlicher Nutzungssysteme. In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 80, S. 393-418, Münster-Hiltrup.

Nusser M., Sheridan P., Walz R., Wydra S., Seydel P., (2007). Makroökonomische Effekte von nachwachsenden Rohstoffen. In: Agrarwirtschaft, Jg. 56, H. 5/6, S. 238-248.

Odening M., Balmann A., (1997). Probleme einer Politikoptimierung - Konsequenzen für die Konstruktion von Agrarsektormodellen. In: Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus e. V., Bd. 33, S. 371-383, Münster-Hiltrup.

o. V., (2008a). Biogas: Die Energieriesen verdrängen die Bauern. In: Top Agrar, H. 5, S. 112-115.

o. V., (2008b). Homepage des Projektes NaRoLa. <http://www.narola.ifw-kiel.de/projektpartner/fal-Ir>, Abruf: 19.03.2008.

Reodenbeck I.A.E., (2004). Bewertungskonzepte für eine nachhaltige und umweltverträgliche Landwirtschaft - Fünf Verfahren im Vergleich. In: BIOGUM-Forschungsberichte FG Landwirtschaft, Nr. 8, Hamburg.

Röder N., (2007). Entwicklung und Anwendung eines agentenbasierten Landnutzungsmodells unter besonderer Berücksichtigung der Betriebsleitereinstellung. Dissertation, München.

Rossing W.A.H., Zander P., Josien E., Groot J.C.J., Meyer B.C., Knieirim A., (2007). Integrative modelling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: A review for France, Germany and The Netherlands. In: Agriculture, Ecosystems & Environment, Bd. 120, H. 1, S. 41-57.

Schroers J.O., (2006). Zur Entwicklung der Landnutzung auf Grenzstandorten in Abhängigkeit agrarmarktpolitischer, agrarstrukturpolitischer und produktionstechnologischer Rahmenbedingungen - eine Analyse mit dem Simulationsmodell ProLand. Gießen.

Spandau P., (2008). Biogas am Scheideweg? In: Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, H. 21/2007, S. 18-19.

Uckert G., Schuler J., Sattler C., Hufnagel J., Zander P., Müller K., (2007). Wege zur naturschutzgerechten Erzeugung von Energiepflanzen für Biogasanlagen: Verfahren, Betriebe, Rahmenbedingungen. Vortrag im Rahmen des Arbeitskreises „Energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse“ am 30. Mai in Eberswalde.

Weingarten P., (1995). Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 73, S. 272-302, Münster-Hiltrup.

Weinmann B., (2002). Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. In: Agrarwirtschaft Sonderheft 174, Bergen/ Dumme.

Weinmann B., Schroers J.O., Scheridan P., (2006). Simulating the effects of decoupled transfer payments using the land use model ProLand. In: Agrarwirtschaft, Jg. 55, H. 5/6, 248-256.

Weinschenk G., Henrichsmeyer W., (1966). Zur Theorie und Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts der landwirtschaftlichen Produktion. In: Berichte über Landwirtschaft, Bd. 44, S. 201-242, Hamburg und Berlin.

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik (beim Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), (2007). Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung – Empfehlungen an die Politik.

Zander P.M., (2003). Agricultural Land Use and Conservation Options. Wageningen.

Kontaktautoren:

Jochen Thiering
Georg-August-Universität Göttingen
Dep. für Agrarökonomie und Rurale Entwicklung
Platz der Göttinger Sieben 5
D-37075 Göttingen
Email: jochen.thiering@agr.uni-goettingen.de

Enno Bahrs
Universität Hohenheim
Inst. für Landw. Betriebslehre
D-70593 Stuttgart
Email: i410b@uni-hohenheim.de