

Regionale Landnutzungsplanung und GIS: Bio-ökonomische Modellierung zur Unterstützung politischer Entscheidungsprozesse mit ProLand

Detlev Möller, Gießen

Martin Kirschner, Gießen

Bernd Weinmann, Gießen

Friedrich Kuhlmann, Gießen

Abstract

The project „ProLand“ is designed to combine the means of Geographical Information Systems (GIS) on one hand and methods of bio-economic modelling on the other hand. The model is intended to give political decision makers a feeling about the consequences of possible political actions. It is assumed that the distribution of land use systems is a result of the achievable land rent on a specific site. The land rent is modified by the general framework which is a particular combination of natural, economic and political characteristics. As a result the model produces a set of maps with spatial information on the area of interest and compiles a number of regional characteristics.

1 Einleitung

Um gezielte politische Maßnahmen ergreifen zu können, die bestimmte Formen der agrarischen und forstlichen Landnutzung fördern oder reduzieren, sind regional- und standortspezifische Informationen für politische Entscheidungsträger über die möglichen Konsequenzen ihres Handelns erforderlich. Besondere Probleme können entstehen, wenn die Analyse über Einzelbetriebe hinausgeht, da mit einer Aggregation auf homogene Einheiten (etwa auf Landkreisebene) ein signifikanter Verlust an Standortinformationen verbunden ist. Wünschenswert ist daher für Regionalanalysen eine realitätsnahe, kleinräumige Abbildung der Standortbedingungen.

Es stellt sich die Aufgabe, für eine ganze Region - im vorliegenden Fall größer als 1000 km² - die Landnutzung vorherzusagen, die sich unter bestimmten natürlichen, wirtschaftlichen und politökonomischen Rahmenbedingungen einstellen werden. Umgekehrt können z.B. umweltpolitisch motivierte Maßnahmen in ihren Auswirkungen auf die Landnutzung vorhergesagt werden. Insbesondere geht es darum, Anpassungsreaktionen der Landnutzer bei unterschiedlichen politischen Maßnahmen (Gesetze, Verordnungen, Incentives, Disincentives) zu simulieren, um Einblicke in die relative Vorzüglichkeit solcher Maßnahmen zu gewinnen.

Die rasante Entwicklung auf dem Gebiet der Datenaufbereitung mittels geographischer Informationssysteme und der Geostatistik eröffnet die Möglichkeit, raumbezogene bio-ökonomische Modelle zum Zwecke der Politikberatung mit GIS zu kombinieren. Ein solcher Ansatz wird am Beispiel des Modellsystems ProLand vorgestellt.

ProLand wird im Rahmen des DFG - Sonderforschungsbereiches 299: „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ innerhalb des Projektbereiches „Modellierung und Bewertung von Landnutzungsoptionen“ entwickelt. Exemplarisch ist das Lahn-Dill-Bergland in Hessen Gegenstand der Untersuchung.

2 Modellierung mittels Geographischer Informationssystemen

Bei der Erstellung komplizierterer systemanalytischer Modelle muß häufig ein externes Programm über Kommunikationsschnittstellen an ein GIS angebunden werden (vgl. BILL 1996).

Für die Realisierung von ProLand wurde daher folgender Weg gewählt (vgl. Abbildung 1). Innerhalb des SFB wird als gemeinsame Plattform das rasterbasierte Geographische Informationssystem ERDAS Imagine in der Version 8.3 verwendet. Es wird zum Zwecke der Datenhaltung, Datenaufbereitung und Datenkonvertierung eingesetzt und dient als allgemeine

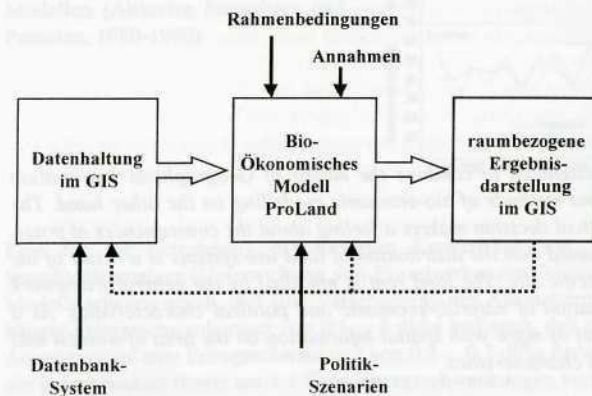


Abbildung 1: Modellkopplung (nach BILL 1996, S.149)

ProLand ein. Nach Abschluß der Simulation wird die Aufbereitung der Ausgabe-Karten und die graphische Weiterverarbeitung wiederum in ERDAS Imagine durchgeführt. In Folgeschritten ist es möglich, räumliche Zwischenergebnisse, Teilauswertungen und Spezialanalysen wiederum in das Modell ProLand einfließen zu lassen.

3 Das Modell ProLand

Das Modell ProLand ist ein Simulationsmodell, das auf einer rasterbasierten Datenbasis mit den ertrags- und kostenbestimmenden Einflußgrößen aufbaut und aus Produktions- und Verbrauchsfunktionen besteht, die die Zusammenhänge zwischen den Leistungen und Kosten sowie den diese beeinflussenden Faktoren abbilden.

Das Modell setzt sich aus vier zentralen Modulen zusammen. Das Ertragsmodul dient der Schätzung von Ertragspotentialen für verschiedene landwirtschaftliche Kulturen und Forstsysteme. Mit Hilfe eines Kostenmoduls werden die standortabhängigen Bewirtschaftungskosten ermittelt. Das Optimierungsmodul wird eingesetzt, um die technisch möglichen Produktionsverfahren zu einem grundrentenoptimalen Landnutzungssystem zusammenzustellen. Als Grundlage zur Bewertung der Optimierungsergebnisse generiert ein Analyse-Modul eine Reihe für die Fragestellung relevanter Kennziffern.

3.1 Die Ertragspotentialschätzung

Die auf einem bestimmten Standort erzielbaren Erträge hängen von kontrollierbaren (z.B. Nährstoffe, Pflanzenschutz) und nichtkontrollierbaren (z.B. Temperaturen, Niederschläge, Bodeneigenschaften) Ertragsfaktoren ab. Im Modell wird dieser Zusammenhang durch die Verwendung partieller, linear - limitationaler Produktionsfunktionen quantitativ abgebildet. Gerät einer der beteiligten Wachstumsfaktoren ins Minimum, so wird dadurch das Ertragspotential auf diesem Standort begrenzt (vgl. KUHLMANN & FRICK 1995). Dabei wird ein 25x25 m - Raster zugrundegelegt.

Schnittstelle zwischen allen am Sonderforschungsbe-
reich beteiligten Projekten.
Die bio-ökonomische Modellierung mit ProLand erfolgt unter Mathematica (Version 3.0) sowohl auf Pentium - PC als auch auf SUN - Workstation unter Solaris 5.5.1. Die für die Region geltenden Rahmenbedingungen, Modellannahmen und die zur Simulation einzusetzenden Politikvariablen fließen - soweit sie nicht in räumlicher Darstellung vorliegen - über Schnittstellen in das Modell

3.2 Kostenschätzung

Die Grundproblematik der Kostenkalkulation in ProLand besteht darin, daß Produktionskosten innerhalb eines GIS raumbezogen ermittelt werden müssen, ohne daß die landwirtschaftlichen Betriebe einzeln und in ihrer Lokalisierung bekannt wären. Die Produktionskosten werden im Modell vereinfacht zum einen von dem auf diesem Standort erzielbaren Ertrag bestimmt - diese werden ertragsniveau-abhängige Kosten genannt - und zum anderen von dem gewählten Produktionsverfahren und den eingesetzten Maschinen - sie werden ertragsniveau-unabhängige Kosten genannt. Die ertragsniveau-abhängigen Kosten sind etwa Kosten für Pflanzennährstoffe und Pflanzenschutzmittel. Es wird angenommen, daß sie proportional zum Ertrag steigen. Die ertragsniveau-unabhängigen Kosten sind Kosten für Maschinen und Arbeit. Sie sind abhängig von Standortfaktoren wie Schlaggröße, Schlagform, Bodenart und Hangneigung.

Für jede Anbaufrucht werden Standardproduktionsverfahren mit einer entsprechenden Maschinenkonfiguration definiert. Auf der Grundlage der umfangreichen Maschinendatenbank des KTB und mit Hilfe der Teilzeitmethode werden die Maschinenkosten und die Arbeitszeiten ermittelt (JÄGER 1996, vgl. MÖSER 1996). Der Kalkulation der Maschinenkosten liegt zunächst die Annahme zugrunde, daß die Maschinen „optimal ausgelastet“ sind und leistungsabhängig beschrieben werden. Damit wird unterstellt, daß die Produktionsfaktoren beliebig teilbar sind. Der Einfluß der Standortfaktoren Schlaggröße, Schlagform, Bodenart und Hangneigung wird ebenfalls nach der Teilzeitmethode berechnet. Damit lassen sich standortspezifische Kosten kalkulieren und anschließend im GIS in ihrer räumlichen Verteilung darstellen.

3.3 Grundrentenoptimierung

Zur Bewertung unterschiedlichen Landnutzungen wird als ökonomische Vergleichsgröße die Grundrente verwendet. Diese ergibt sich aus der Differenz des in DM bewerteten Ertragspotentials und den korrespondierenden Kosten aus der Kostenschätzung. Das Anbausystem mit der höchsten Grundrente auf dem Rasterpunkt wird dann als die optimale Nutzung bezeichnet. Es muß zwischen Kulturen unterschieden werden, die auf einer Fläche dauerhaft angebaut werden können (z.B. Grünland), und solchen Kulturen (z.B. Zuckerrüben), deren Nutzung in Form von Monokulturen über einen längeren Zeitraum nicht möglich ist. Um solche Monokulturen zu vermeiden, werden für den Bereich Ackerbau Fruchtfolgen nach dem Prinzip des Greedy - Algorithmus zusammengestellt (vgl. NEMHAUSER & WOLSEY 1988). Der Algorithmus wählt aus einer Liste der Grundrenten aller Produktionsverfahren das Verfahren mit der höchsten Grundrente aus, und übernimmt dieses als Startelement. Für die weitere Auswahl werden Nebenbedingungen formuliert, die eine sinnvolle Fruchtartenkombination sicherstellen (vgl. z.B. KÄMPF 1987). Durch sukzessive Erweiterung wird eine Fruchtfolge konstruiert, die bei den gegebenen Bedingungen eine optimale Grundrente verspricht.

4 Modellergebnisse des Prototypen

Das Modell ProLand kann zur Simulation verschiedener Szenarien eingesetzt werden und somit die Konsequenzen von Handlungsalternativen aufzeigen. Da sich ProLand zur Zeit noch im Stadium eines Prototypen befindet, mit dem bisher vor allem Plausibilitätsüberprüfungen durchgeführt wurden, soll an dieser Stelle lediglich gezeigt werden, auf welche Weise das Modell auf Fragestellungen zur Allokation von Landnutzungssystemen angewendet werden kann.

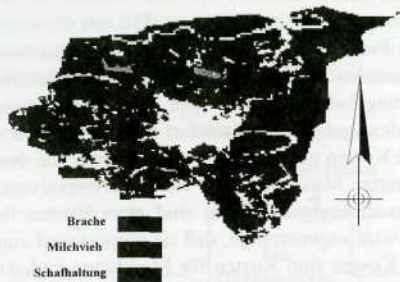


Abbildung 2: Prognose der Landnutzung in Erda im Szenario 1

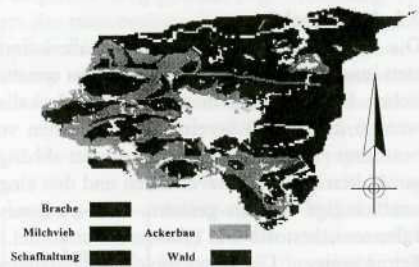


Abbildung 3: Prognose der Landnutzung in Erda im Szenario 2

Unter den Bedingungen der Agrarreform von 1993 wurden Simulationen mit variierenden Nutzungskosten der Arbeit durchgeführt. Überlegungen dieser Art sind insbesondere für die gewählte Untersuchungsregion von Bedeutung, da sich außerlandwirtschaftliche Erwerbsalternativen - ausgedrückt als Nutzungskosten der Arbeit bei deren Verwendung in der Landwirtschaft - gravierend auf die Art der Landbewirtschaftung auswirken.

Abbildung 2 zeigt eine Landnutzung für die Gemarkung Erda im Lahn-Dill-Kreis, wie sie von ProLand für den Fall prognostiziert wird, daß die Nutzungskosten der Arbeit bei 0 DM/Akh liegen, vereinfacht ausgedrückt wegen fehlender Alternativen keine Arbeitskosten anfallen (Szenario 1). Dargestellt ist hier ein Ausschnitt aus der Gesamtregion mit ca. 1000 ha land- und forstwirtschaftlich nutzbarer Fläche. Angesichts der günstigen natürlichen Ertragsbedingungen auf dem Grünland der Region wird vorrangig das Verfahren „intensive Grünlandnutzung durch Milchviehhaltung“ realisiert werden. Der hohe Arbeitszeitbedarf fällt hier nicht ins Gewicht, da Arbeit keinen Einfluß auf die erzielbare Grundrente hat. Die Flächen mit schlechteren natürlichen Bedingungen sind extensives Grünland, genutzt durch Schafhaltung. Verändern sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen der Region derart, daß die Nutzungskosten der Arbeit auf 20 DM/Akh steigen (Szenario 2), so zeigen sich in der Prognose Verschiebungen der Landnutzung (Abbildung 3). In den günstigeren Regionen lohnt es sich nun eher, Ackerbau zu betreiben, die Milchviehhaltung geht deutlich zurück, die schlechteren Standorte werden durch Waldsysteme genutzt. Auf Flächen mit - insbesondere hinsichtlich der Wasserverhältnisse - problematischen Standortbedingungen wird die Bewirtschaftung aufgegeben und Sozialbrache entsteht.

5 Literatur

- BILL, R. (1996): Grundlagen der Geo-Informationssysteme. Band 2: Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. Wichmann, Heidelberg.
- JÄGER, P. (1996): MAKOST KTBL - Maschinenkostenkalkulationsprogramm, Darmstadt.
- KÄMPF, R. (1987): Fruchtfolge aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt/M.
- KUHLMANN, F. und K. FRICK (1995): Das Ertragsgesetz und das Minimumgesetz: eine produktions-theoretische Analyse. in: Bül 73. 1995, H. 4, S. 591-623
- MÖSER, J. (1996): Zur Wirtschaftlichkeit der gemeinsamen Flächennutzung in zersplitterten Feldfluren, Diss. Gießen, Cuvillier Verlag Göttingen.
- NEMHAUSER, G.L und L.A. WOLSEY (1988): Integer and Combinatorial Optimization. Wiley, New York.