AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

SCHRIFTEN DER GESELLSCHAFT FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN DES LANDBAUES E.V.

Weinmann, B., Kuhlmann, F.: Neue Herausforderungen der Landnutzungsmodellierung. Standorttheoretische Überlegungen zur Abbildung der Multifunktionalität von Landschaften. In: S. Dabbert, W. Grosskopf, F. Heidhues und J. Zeddies: Perspektiven der Landnutzung – Regionen, Landschaften, Betriebe – Entscheidungsträger und Instrumente. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 39, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2004), S. 181-190.

Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Bd. 39, 2004, S. 181-190

Neue Herausforderungen der Landnutzungsmodellierung. Standorttheoretische Überlegungen zur Abbildung der Multifunktionalität von Landschaften

von

Bernd Weinmann und Friedrich Kuhlmann[*]

1 Einleitung

Politiker sind die Entscheidungsträger, die über gesetzliche Regelungen und politische Einflussmöglichkeiten Entwicklungen in Wirtschaftsräumen steuern und gezielt beeinflussen können. Es ist daher für diese Entscheidungsträger von größtem Interesse Informationen darüber zu gewinnen, ob und wie sich ins Auge gefasste Politikmaßnahmen eignen, bestimmte von der Gesellschaft präferierte Zielsysteme zu erreichen. Gerade in Bezug auf die aktuelle Diskussion über die nachhaltige Entwicklung und die Multifunktionalität von Landschaften ist eine Bewertung der bestehenden Förderprogramme hinsichtlich dieser Zielsetzungen notwendig, um diese Programme gegebenenfalls anzupassen oder daraus neue zu entwickeln.

In diesem Beitrag wird die Diskussion über die Multifunktionalität von Landschaften aufgegriffen und aufgezeigt, wie Landnutzungsmodelle eingesetzt werden können, um die Multifunktionalität von Landschaften in Modellen abzubilden. Es wird eine Bewertung der aktuellen Ansätze durchgeführt, die neben den klassischen Regionshofmodellen auch das neu entwickelte Modell ProLand umfassen. Dazu wird ein Einblick in das Modell ProLand und dessen Einsatz zur Quantifizierung von multifunktionalen Trade-Off-Beziehungen gegeben.

2 Multifunktionalität von Landschaften

Die Landwirtschaft nimmt in den Wirtschaftsbereichen eine Sonderstellung ein, da sie als nahezu einzige Branche die Landschaft für ihre Aktivitäten nutzt und nicht wie in anderen Bereichen der Wirtschaft diese etwa durch Bebauung irreversibel verändert. Der Landwirtschaft werden aber im Gegenzug auch enge Rahmenbedingungen vorgegeben, die über raumplanerische, umweltschutz- und strukturpolitische Vorgaben die Nutzungsansprüche der Gesellschaft an die Landschaft zum Ausdruck bringen sollen. Diesem besonderen Charakter der Mehrfachnutzung der Landschaft wird in der aktuellen politischen Diskussion durch den Begriff Multifunktionalität der Landschaft Rechnung getragen. Es wird damit zum Ausdruck gebracht, dass ein wirtschaftliches Handeln vielfältige Güter und Dienstleistungen hervorbringt und auf Grund dieser Eigenschaft zu verschiedenen gesellschaftlichen Zielen gleichzeitig beiträgt (OECD, 2001). Für eine Bewertung von Handlungsoptionen werden also Modellansätze benötigt, die nicht nur eine Zielgröße, wie etwa die Maximierung der Wertschöpfung aus land- und forstwirtschaftlicher Produktion, berücksichtigen, sondern die multifunktionalen Eigenschaften der Landschaft geeignet abbilden können. Bei einer solchen Betrachtungsweise stellen Landnutzungsmodelle einen zentralen Bestandteil bei der Erfassung der Multifunktionalität dar, da die Veränderung der Landnutzung bzw. der Landbedeckung den Hauptgrund für Veränderungen in der Umwelt darstellt und somit diese Modelle für eine solche Bewertung unerlässlich sind (Bockstael, 1996). Die Landnutzungsmodelle sollten dabei in der Lage sein, zumindest eine der drei Fragen, nach den Umwelt- und Kulturvariablen, die Landnutzungsveränderung beeinflussen, die Frage nach den Orten, die von einer Veränderung be-

[*] Dr. Bernd Weinmann und Prof. Dr. Dr. h.c. Friedrich Kuhlmann, Justus-Liebig Universität Gießen, Institut für Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, e-mail: bernd.weinmann@agrar.uni-giessen.de .

troffen sind oder die Frage nach der Geschwindigkeit der Landnutzungsveränderung, beantworten können (Lambin et. al. 2000). Für die Bewertung von Steuerungs- und Eingriffsmöglichkeiten werden aber nicht nur Aussagen über die Auswirkungen auf die Landnutzung benötigt, sondern auch Aussagen zum Beispiel über die Veränderung der Artenvielfalt. Für eine Erweiterung der Modelle um diese Indikatoren sind prinzipiell zwei Vorgehensweisen denkbar. Zum einen besteht die Möglichkeit die bekannten Landnutzungsmodelle so zu erweitern, dass sie in der Lage sind entsprechende Aussagen über die Auswirkung auf die Hydrologie oder Artenvielfalt zu generieren. Zum anderen ist auch eine Kopplung an bestehende ökologische und hydrologische Modelle denkbar, die dann neben den Indikatoren aus den Landnutzungsmodellen entsprechende Aussagen ableiten können. Beiden Vorgehensweisen ist ein Anspruch gemeinsam, nämlich, dass bei beiden Ansätzen die Berücksichtigung der räumlichen Komponente der Landnutzung eine besondere Bedeutung zukommen muss.

„Likewise, it is not just the total forested land in a region that matters for species abundance and diversity, but its size, shape and the conflicting land uses found along its edges." (Bockstael, 1996)

Die klassische landwirtschaftliche Standortlehre hat dazu bereits vor fast 200 Jahren über verschiedene Modellansätze Aussagen über die Verteilung der landwirtschaftlichen Produktion und Indikatoren der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit, wie Wertschöpfung und Beschäftigungspotenzialen, entwickelt. Die Betrachtungsweise der räumlichen Komponenten hat dabei eine eher untergeordnete Rolle im Vergleich zu der Herangehensweise bei ökologischen Modellen eingenommen (Bockstael, 1996). Als ein Beispiel kann das Modell von Thünen angesehen werden. Thünen geht von einem isolierten Staat aus und erklärt die räumliche Verteilung der Produktion mit Hilfe der Transportkosten, so dass die räumliche Komponente nur in Form der daraus resultierenden Transportkosten berücksichtigt wird.

Die seit den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts entwickelten räumlichen Gleichgewichtsmodelle gehen von einer Unterteilung des Wirtschaftsraums in punktförmige homogene Nachfrage- und Erzeugungsregionen aus und berechnen räumliche Verteilungen in Bezug auf das Effizienzziel der optimalen räumlichen Organisation der landwirtschaftlichen Produktion (Henrichsmeyer, 1994). Die räumliche Komponente wird also durch die Unterteilung des Wirtschaftsraums in homogene Einheiten berücksichtigt, bei der natürliche Standortunterschiede eine untergeordnete Rolle einnehmen. Eine solche Vorgehensweise muss immer im direkten Zusammenhang mit der Betrachtungsebene der Landnutzungsmodelle gesehen werden (Gibson et. al., 2000) Wird wie im Modell RAUMIS ein ganzes Land als Betrachtungsebene gewählt, so spielen kleinräumige Unterschiede eine untergeordnete Rolle. Wird dagegen ein landwirtschaftlicher Betrieb als maximale Betrachtungseinheit in einem Modell angesehen, so spielen selbst Unterschiede auf Schlagebene eine bedeutende Rolle. Die Betrachtung von Regionen in der Größenebene von 1.000 km^2 stößt bei der Wahl der Skalenebene auf zwei Probleme. Zum einen ist die Erfassung der dort vorhandenen Betriebe und die Lage der Schläge nicht zu realisieren, zum anderen ist eine punktförmige Homogenisierung wie in den Regionshofmodellen nicht geeignet, die räumlichen Unterschiede geeignet abzubilden. Gerade für diese Betrachtungsebene sind die vorhandenen Modellansätze bei der Berücksichtigung der räumlichen Komponente nur eingeschränkt für eine multifunktionale Bewertung einsetzbar.

In den folgenden Abschnitten wird dazu das neu entwickelte Modell ProLand vorgestellt, das genau auf dieser mesoskaligen Betrachtungsebene arbeitet und dabei eine exakte räumliche Zuordnung der Landnutzung gewährleistet.

3 Beschreibung des Modells

Das Modell ProLand ist ein ökonomisches Simulationsmodell, mit dessen Hilfe für Regionen räumlich exakte Allokationen von Landnutzungssystemen nach Maßgabe von raumvarianten, natürlichen und wirtschaftlichen Standortgegebenheiten sowie unter Berücksichtigung der politökonomischen Rahmenbedingungen und des Entscheidungsverhaltens der Landnutzer prognostiziert werden können. Durch Definition und Einbeziehung von Schnittstellen in das Modell zu hydrologischen und Biodiversitätsmodellen können die durch das Modell ProLand gelieferten Landnutzungen, neben einer ökonomischen Bewertung, auch um Indikatoren zum Wasserhaushalt und zur Biodiversität erweitert und somit multifunktional bewertet werden (Möller et. al. , 1999).

Die exakte räumliche Zuordnung wird in dem Modell ProLand durch die Bezugsgröße des betrachteten Wirtschaftsraums gewährleistet. Dazu werden Flächenelemente (Raster) der Größe 25 x 25 m^2 verwendet, die eine nahezu isomorphe Abbildung der Region erreichen. Die Verwendung dieser räumlichen Darstellungsweise stellt für die multidisziplinäre Zusammenarbeit eine flexible Bezugsgröße dar, da sie etwa für die hydrologische Modellierung zu Teileinzugsgebieten aggregiert, für die Modellierung der Biodiversität in zellulären Automaten eingesetzt und gegebenenfalls in der ökonomischen Modellierung nach administrativen Gegebenheiten gegliedert werden kann.

Für das Modell ProLand werden dazu alle benötigten raumvarianten, natürlichen Standortbedingungen wie die nichtkontrollierbaren Wachstumsfaktoren Solarenergiezufuhr, Wasserhaltevermögen des Bodens, Niederschlagshöhe, Bodenart und Hangneigung der Flächenelemente georeferenziert in einem geographischen Informationssystem verwaltet und über eine Schnittstelle in das Modell exportiert. Neben den Rasterkarten werden in einer Datenbank die Hoftor-Preise der Produkte und Produktionsfaktoren und die Mengengerüste der Landnutzungsaktivitäten, aufgegliedert nach verschiedenen Mechanisierungsvarianten, gespeichert.

Die exakte räumliche Zuordnung der Landnutzung wird in dem Modell ProLand dadurch gewährleistet, dass, entsprechend der Betrachtungsebene, für jedes Rasterelement die Landnutzung generiert wird. Dabei wird unterstellt, dass der Landnutzer unter Beachtung der Preise ihrer übrigen funktionellen Einkommen liefernden Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital und unter Beachtung der Standortfaktoren die Art ihrer Landnutzung so gestalten wollen, dass damit die Bodenrente maximiert wird (Kuhlmann et. al., 2002).

Die Berechnung der Landnutzung für ein Rasterelement beginnt mit der Bestimmung der Erträge aller in Frage kommenden n Landnutzungsaktivitäten, welche die Grundlage für die Leistungs- und der Kostenberechnung je Nutzflächeneinheit darstellt. Dazu wird ein Ansatz verwendet, der dem Minimumgesetz der Ertragsbildung von Liebig folgt. Demnach wird der Ertrag Y durch den in der *Gleichung 1* in Minimum befindlichen Wachstumsfaktor bestimmt und ergibt sich aus:

(1) $Y = \min \{bq_1 * q_1, \ldots, bq_n * q_n\}$ mit

Y = realisierbarer Hauptertrag einer Nutzpflanzenart je Nutzflächeneinheit in ME,

q_i = Angebotsmenge des i-ten Wachstumsfaktors (i = 1,...,n) je Nutzflächeneinheit in ME,

bq_i = Output-Input-Koeffizient des i-ten Wachstumsfaktors (berechnet als Hauptertragsmenge je Einheit des Wachstumsfaktors).

Für die Berechnung der Erträge in dem Modell wird bei den Wachstumsfaktoren eine Differenzierung in kontrollierbare und nichtkontrollierbare Faktoren vorgenommen, da unterstellt wird, dass der Landnutzer die Angebotsmengen der kontrollierbaren Faktoren wie etwa den Pflanzenschutz oder die Düngermenge steuern kann und deshalb diese auch so einsetzt, dass

von diesen keine ertragsbegrenzende Wirkung ausgeht. Werden für die nichtkontrollierbaren Wachstumsfaktoren das pflanzenverfügbare Wasser und die Solarenergie verwendet und berücksichtigt, dass von diesen gewisse Mindestmengen vorhanden sein müssen, so ergibt sich der Ertrag Y für eine Kulturpflanze in Anlehnung an *Gleichung 1* wie folgt:

(2) $Y = \min \{b_w (w - w_{min}), b_s (s - s_{min})\}$ mit

Y = realisierbarer Hauptertrag einer Nutzpflanzenart je Nutzflächeneinheit in ME,

w = pflanzenverfügbares Wasser je Nutzflächeneinheit in mm,

b_w = Output-Input-Koeffizient für das pflanzenverfügbare Wasser,

w_{min} = Mindestangebotsmenge an pflanzenverfügbarem Wasser in mm,

s = Solarenergie (Temperatursumme) je Nutzflächeneinheit in °C,

b_s = Output-Input-Koeffizient für Solarenergie,

s_{min} = Mindestangebotsmenge an Solarenergie (Temperatursumme) in °C.

Auf der Grundlage der Gleichung 2 und den raumvarianten Informationen über die vorhandene Solarenergie (Temperatursumme) und das pflanzenverfügbare Wasser werden in dem Modell ProLand für jede Entscheidungseinheit die Erträge für die Landnutzungsaktivitäten berechnet. Dies stellt den Kernpunkt der räumlich exakten Zuordnung in dem Modell dar, da die sonst übliche Annahme von homogenen natürlichen Standortbedingungen innerhalb einer Region und die Berücksichtigung der Flächenbegrenzung als einzige Restriktion zwangsläufig auch zu einer identischen Landnutzung auf jeder Entscheidungseinheit führen würde (Kuhlmann et. al., 2002).

Den zweiten zentralen Bestandteil stellt die raumvariante Bestimmung der Leistungen und Kosten je Nutzflächeneinheit aus der Landnutzung für eine Landnutzungsaktivität j auf einem Flächenelement i dar. Die Leistung ergibt sich nach Maßgabe der folgenden Gleichung:

(3) $L_{ji} = y_{ji} \cdot py_j + paz_j$ mit

L_{ji} = Leistung der Landnutzungsaktivität j auf dem Flächenelement i, gemessen in Geldeinheiten je Nutzflächeneinheit,

y_{ji} = potenzieller Naturalertrag der Landnutzungsaktivität j auf dem Flächenelement i, gemessen in Produktmengeneinheiten je Flächeneinheit,

py_j = Preis des Ertrages der Landnutzungsaktivität j, gemessen in Geldeinheiten je Produktmengeneinheit,

paz_j = sonstige flächengebundene Leistungen (Ausgleichszahlungen, etc.), die in Verbindung mit der Landnutzungsaktivität j anfallen, gemessen in Geldeinheiten je Nutzflächeneinheit.

Die Kosten für die einzelnen Landnutzungsaktivitäten bestehen aus ertragsniveauabhängigen und nutzflächengebundenen Bestandteilen. Für die Gesamtkosten je Nutzflächeneinheit einer Landnutzungsaktivität j auf einem Flächenelement i gilt daher:

(4) $K_{ji} = \left(\sum_{g=1}^{k} ae_{jg} \cdot pe_g \right) \cdot y_{ji} + \sum_{n=1}^{v} af_{jih} \cdot pf_h$ mit

K_{ji} = Kosten der Landnutzungsaktivität j auf dem Flächenelement i, gemessen in Geldeinheiten je Nutzflächeneinheit,

ae_{jg} = Input-Output-Koeffizient des ertragsniveauabhängigen Produktionsfaktors g ($g = 1,..., k$) je Produktmengeneinheit der Landnutzungsaktivität j,

pe_g = Preis des ertragsniveauabhängigen Produktionsfaktors g, gemessen in Geldeinheiten je Faktorverbrauchsmengeneinheit,

y_{ji} = Naturalertrag der Landnutzungsaktivität j auf dem Flächenelement i, gemessen in Produktmengeneinheiten je Nutzflächeneinheit,

af_{jih} = Input-Output-Koeffizient des flächengebundenen Produktionsfaktors h (h = 1,..., v) je Produktmengeneinheit der Landnutzungsaktivität j auf dem Flächenelement i,

pf_h = Preis des nutzflächengebundenen Produktionsfaktors h, gemessen in Geldeinheiten je Faktorverbrauchsmengeneinheit.

Für die annuellen Kulturen des Ackerlandes wird neben der Berechnung der Bodenrente für die einzelnen Verfahren eine Fruchtfolge gebildet und als Landnutzungsaktivität für die Auswahl des bodenrentenmaximalen Verfahrens mit der durchschnittlichen Bodenrente berücksichtigt. Durch den Vergleich dieser Bodenrente mit der Bodenrente der Verfahren der Grünlandwirtschaft und der Forstverfahren wird die Landnutzungsaktivität mit der höchsten Bodenrente ausgewählt und dem Flächenelement als Landnutzung zugewiesen. Dieser Vorgang wird prinzipiell für alle Entscheidungseinheiten so durchgeführt, so dass hierdurch die räumliche Verteilung der Landnutzung abgebildet wird. Dieses Ergebnis wird über eine Schnittstelle wieder in das geographische Informationssystem übertragen und dann in Form einer Rasterkarte dargestellt. Neben der räumlichen Verteilung liefert das Modell ProLand auch die Werte für Indikatoren zur Bewertung der ökonomischen Leistungsfähigkeit des Wirtschaftsraums. Die Vorgehensweise im Modell ProLand und die durch die räumliche Zuordnung ableitbaren Ergebnisse werden in folgenden Abschnitt anhand der Simulation der Winteraußenhaltung von Mutterkühen dargestellt.

3.1 Beschreibung der Untersuchungsregion

Für die Simulationsrechnung wurde das Einzugsgebiet der Aar ausgewählt. Dieses nach hydrologischen Gesichtspunkten definierte Einzugsgebiet liegt in Hessen nördlich einer Achse Wetzlar - Gießen und beinhaltet Teile der Gemeinden Hohenahr, Mittenaar, Biebertal und Bischoffen. Dominierend in der Landnutzung ist nach der Tabelle 1 (Spalte IST) in diesem Einzugsgebiet der Wald, der hier nach einer Auswertung eines Satellitenbildes aus dem Jahr 1994 (Nöhles, 2000) rund 50% der land- und forstwirtschaftlich nutzbaren Flächen umfasst. Die Nutzung über Grünland und Ackerbau liegt bei rund 20%. Nach der Auswertung des Satellitenbildes verbleibt eine Fläche von rund 8%, die als Übergangsvegetation nicht eindeutig den übrigen Nutzungen zugeordnet werden kann. Wird als ein Maßstab für die Ertragsfähigkeit einer Region die nutzbare Feldkapazität herangezogen, so muss das Einzugsgebiet der Aar als ungünstig eingestuft werden, da rund 90% der Flächen mit einer höchtens mittleren nutzbaren Feldkapazität ausgestattet sind. Der Anteil der Flächen mit einer geringen und sehr geringen nFK liegt bei rund 50%.

Tabelle 1 **Flächenanteile in der Ist-Situation, bei der Kalibrierung, der Simulation ohne Einschränkung und der Simulation mit Einschränkung für den Wald.**

Nutzungsform	Flächenanteil [%]			
	IST (1994)	Kalibrierung	Simulation	Simulation fixierter Wald
Wald	47	54	6	54
Ackerbau	21	21	4	4
Grünland (Milchvieh)	25	21	14	14
Grünland (Mutterkuh)		3	76	27
Übergangsvegetation	8	—	—	—

In einem ersten Schritt wurde mit dem Modell ProLand versucht, die Ist-Situation abzubilden, um die Höhe der Nutzungskosten der Arbeit zu bestimmen. Für diesen Parameter liegen zurzeit noch keine empirisch abgesicherten Informationen vor, weshalb dieser über eine Kalibrierung bestimmt werden muss. Als Produktionsverfahren wurden regionstypische Ackerbauverfahren angenommen, die die dominierenden Anbaufrüchte wie Raps, Gerste, Hafer und Weizen umfassen. Zusätzlich werden noch Verfahren wie Silomais, Roggen und Körnermais berücksichtigt. Für die Grünlandnutzung sind Verfahren wie die Milchviehhaltung, die Bullenmast, Mutterkuh- und Schafhaltung in die Datenbank aufgenommen worden. Bei den Waldverfahren ist ein durchschnittliches regionstypisches Holzproduktionsverfahren unterstellt.

Über die Kalibrierung der Flächenanteile liefert das Modell bei 8,95 € Nutzungskosten der Arbeit eine gute Übereinstimmung der Flächenanteile in der Region mit dem Simulationsergebnis. Der Wald nimmt, wie in der Tabelle 1 in der Spalte Kalibrierung dargestellt, einen Umfang von rund 55% ein, und liegt somit über dem Anteil in der Satellitenbildauswertung. Bei den Flächenanteilen für den Ackerbau[1] und der Grünlandnutzung lässt sich eine fast eindeutige Übereinstimmung feststellen.

3.2 Winteraußenhaltung von Mutterkühen

Das Modell ProLand dient als Landnutzungslabor, um in Szenarien Landnutzungsoptionen zu simulieren und zu bewerten. Zur Darstellung dieser Anwendungsmöglichkeit wird ein Produktionsverfahren der Winteraußenhaltung von Mutterkühen als eine neue Landnutzungsaktivität simuliert. Dieses Verfahren wird im SFB 299 von einigen Arbeitsgruppen intensiv bearbeitet, mit dem Ziel gerade für marginale Standorte in peripheren Regionen neue Nutzungsmöglichkeiten für Grünlandstandorte zu entwickeln (Opitz von Boberfeld et. al.,.2002). Dieses Verfahren bietet gegenüber der üblichen Form der Stallhaltung von Mutterkühen den Vorteil, dass aufgrund der Winterweide der Tiere nahezu vollständig auf ein Stallgebäude verzichtet werden kann. Daraus resultiert ein um 20% verringerter Arbeitszeitbedarf und ein um 50% verringerter Kapitalbedarf, der zu einer Steigerung des Veredlungswerts für das Rauhfutter um 25% führt (Jakob, 2003).

Mit einem solchen Produktionsverfahren ist die Hypothese verbunden, dass dieses eine Nutzungsalternative besonders auf marginalen Standorten, die sonst langfristig aufgeforstet werden würden, darstellt. Es wirkt deshalb positiv auf die Offenhaltung der Landschaft hin. Genau diese These wird mit dem Modell ProLand untersucht. Dazu wird das bestehende Mutterkuhverfahren durch das neue Verfahren ersetzt. Die von dem Modell ProLand gelieferten Ergebnisse werden in der *Tabelle 1* in der Spalte „Simulation" dargestellt. Es wäre langfristig mit einem starken Rückgang der Waldfläche zu rechnen. Ebenfalls reduzieren würde sich die Ackerbaufläche von ursprünglich 21% auf 4% Flächenanteil. Die über Milchviehhaltung genutzte Grünlandfläche würde nur gering auf 14% zurückgehen. Im Gegensatz dazu würde sich langfristig ein Flächenanteil der Mutterkuhhaltung in der Region von 76% einstellen. Dieses Ergebnis bestätigt zunächst die Hypothese, dass die Mutterkuhhaltung die Offenhaltung der Landschaft fördern kann, da sie offensichtlich gegenüber einer Waldnutzung sehr konkurrenzfähig ist.

Das hier von dem Modell ProLand gelieferte Ergebnis hätte in nahezu gleicher Form auch über den Ansatz mit einem klassischen Regionshofmodell erzeugt werden können. Im folgenden soll daher auf die Besonderheiten, die sich durch diese räumliche Zuordnung ergeben, eingegangen werden.

---

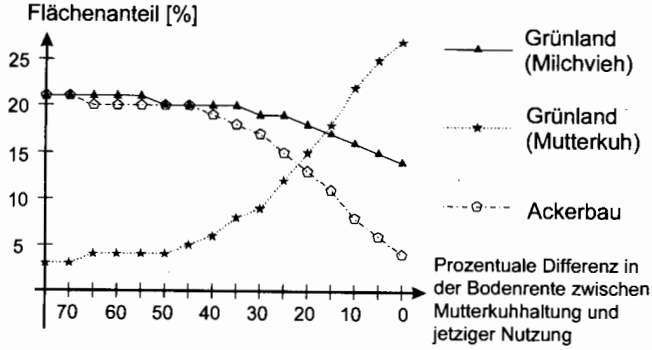
[1] Unter dem Begriff Ackerbau sind in der *Tabelle 1* die unterschiedlichen von ProLand ermittelten Fruchtfolgen zusammengefasst.

Die im Modell ProLand verwendete Methodik der räumlichen Zuordnung erlaubt es, auch raumbezogene Nutzungsbeschränkungen zu berücksichtigen. So kann zum Beispiel ein Umnutzungsverbot für die bestehende Waldfläche beachtet werden. Ausgangspunkt dafür ist die kalibrierte Ist-Situation, bei der durch die flächenscharfe Prognose genau die Rasterpunkte bestimmt werden können, auf denen sich Wald befindet. Durch einen Vergleich dieser Rasterpunkte mit den Rasterpunkten in dem Simulationsergebnis können genau die Flächen isoliert werden, bei denen eine solche Umnutzung von Wald zu Mutterkuhhaltung erfolgte. Diese können dann entsprechend der Umnutzungsbeschränkung wieder mit Wald belegt werden. Durch die verwendete flächenscharfe Prognose kann dies ohne einen weiteren Modelldurchlauf umgesetzt werden. Das Ergebnis einer solcher Nutzungsbeschränkung wird in der *Tabelle 1* in der dritten Spalte „Simulation fixierter Wald" dargestellt. Demnach würde der Wald bei einem Flächenanteil von 54% verbleiben. Die Acker- und die Grünlandfläche mit Milchvieh würde durch eine solche Beschränkung nicht beeinflusst, nur der Flächenanteil der Mutterkuhhaltung würde auf 27% reduziert. Die Berücksichtigung dieser Nutzungsbeschränkung bildet den Ausgangspunkt für die weiteren Auswertungen. Werden bei der Analyse der flachenscharfen Prognose – wie zuvor gezeigt – weitere Kriterien mit einbezogen, so können in Abhängigkeit dieser Faktoren die Umnutzungsprozesse in der Region genauer analysiert werden. Die *Abbildung 1* zeigt dazu für das Einzugsgebiet der Aar genau die Flächen, bei denen die Mutterkuhhaltung eine um mindestens 75% höhere Bodenrente liefert als die Ackerbau- oder Grünlandverfahren mit Milchvieh. Es werden also genau die Orte dargestellt, bei denen eine Umnutzung einen sehr hohen Anstieg in der Bodenrente entspricht. Wird der Zeitraum innerhalb dessen eine Umnutzung stattfindet als direkt abhängig von der Höhe des komparativen Vergleichs des neuen Verfahrens der Mutterkuhhaltung angesehen, so entspricht die Darstellung in der Abbildung 1 genau den Flächen, bei denen eine Umnutzung zuerst stattfinden würde.

Abbildung 1 Räumliche Verteilung der Winteraußenhaltung von Mutterkühen bei einer Differenz in der Bodenrente von 75% im Einzugsgebiet der Aar.

In der Abbildung 2 wird die Veränderung in der Flächennutzung dargestellt. Dazu ist auf der Abszisse die prozentuale Differenz in der Bodenrente zwischen der Mutterkuhhaltung und der vorherigen Nutzung abgetragen. Bei einer 75%igen Differenz nimmt die Mutterkuhhaltung einen Flächenanteil von 3% ein, während der Ackerbau und die Grünlandnutzung über Milchvieh bei knapp 20% liegen. Eine Verschiebung dieser Grenze auf 50% Differenz in der Bodenrente führt zu einem leichten Anstieg der Mutterkuhhaltung. Dieser Anstieg geht rein zu Lasten der Ackerfläche. Erst eine weitere Rücknahme der Differenz führt auch zu einer Umnutzung von Grünlandflächen mit Milchviehhaltung. Die Umnutzung geht insgesamt stärker zu Lasten des Ackerbaus als zu Grünland mit Milchvieh, d.h. diese Grünlandnutzung ist gegenüber der Mutterkuhhaltung deutlich konkurrenzfähiger als der Ackerbau.

Abbildung 2 **Entwicklung der Flächenanteile in Abhängigkeit der Differenz in der Bodenrente zwischen der aktuellen Nutzung und der Winteraußenhaltung von Mutterkühen**

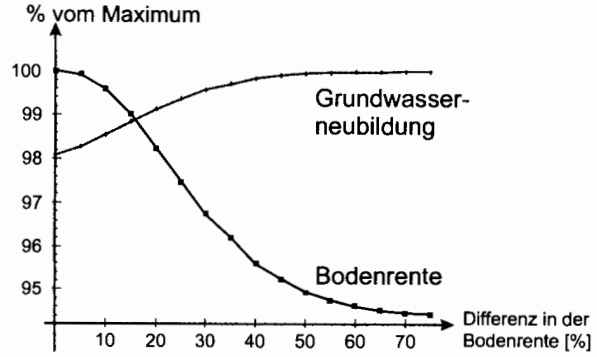


Bei der Auswertung der Simulationsergebnisse können auf Basis der exakten räumlichen Zuordnung auch Standorteigenschaften mit berücksichtigt werden. Das Ergebnis einer solchen Analyse zeigt sich in der Veränderung der durchschnittlichen Erträge der Produktionsverfahren. Mit zunehmendem Flächenanteil der Mutterkuhhaltung steigen die durchschnittlichen Erträge der Verfahren Milchvieh und Ackerbau kontinuierlich an. Die Verfahren geben also sukzessive ihre „schlechteren" Standorte ab.

3.3 Abbildung von Trade-off-Beziehungen

Neben der Analyse von Veränderungen in der Landnutzung kann der im dem Modell ProLand gewählte Ansatz auch eingesetzt werden, um im Sinne der multifunktionalen Bewertung von Landschaftsfunktionen geeignete Kennzahlen abzuleiten. In der Abbildung 3 wird dazu eine Trade-off-Beziehung zwischen der Bodenrente und der Grundwasserneubildung[2] für das Einzugsgebiet der Aar in Abhängigkeit der Bodenrentendifferenz dargestellt.

Abbildung 3 **Veränderung der regionalen Bodenrente und der Grundwasserneubildung in Abhängigkeit der Bodenrentendifferenz zwischen aktueller Nutzung und Mutterkuhhaltung**



[2] Die Berechnung der Grundwasserneubildung wurde nach einem vereinfachten Verfahren durchgeführt. Vergleiche dazu (Gäth, 1984).

Im Sinne der Maximierung der Bodenrente in der Region wird die maximale Bodenrente erst bei einer vollständigen Umsetzung der Mutterkuhhaltung auf allen dafür geeigneten Standorten erreicht. Wird die Mutterkuhhaltung nur auf den Standorten umgesetzt, auf denen sie der jetzigen Nutzung in der Höhe der Bodenrente weit überlegen ist, so führt dies nur zu einer geringen Steigerung der Bodenrente in der gesamten Region. Wird im Gegensatz dazu die Grundwasserneubildung betrachtet, so ergibt sich andere Bewertung, da mit zunehmender Bodenrente die Grundwasserbildung geringer wird. Auf Basis einer solchen Darstellung kann für jeden Grad der Umsetzung der Mutterkuhhaltung der Wert für die Bodenrente und die entsprechende Grundwasserneubildung angegeben werden. Daraus ergibt sich bei einer Linearisierung der beiden Kurven durch ihre Eckpunkte ein Wert von rund 9400 € je mm Grundwasserneubildung.

4 Zusammenfassung

Die aktuelle politische Diskussion um die verstärkte Honorierung des multifunktionalen Charakters der Landnutzung stellt auch die Modelle zur Simulation von Landnutzungen vor neue Herausforderungen. Die Abbildung eines eng abgegrenzten Spektrums ökonomischer Indikatoren reicht für eine multifunktionale Bewertung nicht aus. Erst die Einbeziehung von weiteren Kenngrößen wie etwa hydrologische Indikatoren oder Kenngrößen zur Biodiversität erlauben eine multifunktionale Bewertung von Landschaften. Damit Landnutzungsmodelle diesem Anspruch gerecht werden können, muss die räumliche Komponente verstärkt berücksichtigt werden. In diesem Beitrag wird dazu das Modell ProLand vorgestellt, das als Landnutzungsmodell auf der mesoskaligen Ebene arbeitet und über die exakte räumliche Zuordnung der Landnutzung eine Kopplung der Modellergebnisse an hydrologische und Biodiversitätsmodelle erlaubt. Über ein Szenario, das die Winteraußenhaltung von Mutterkühen betrachtet, werden die Anwendungsmöglichkeiten und die Abbildung von Trade-Off-Beziehungen unterschiedlicher Zielgrößen aufgezeigt.

Literatur

BOCKSTAEL, N.E. (1996): Modelling Economics and Ecology: The Importance of a spatial perspective. American Journal of Agricultural Economics 78, 1996, p. 1168-1180

GÄTH, St. (1984): Landwirtschaftliche Bodennutzung für Grundwasserbildung zwingend. Hessenbauer, Nr. 19, S. 13 – 15.

GIBSON, C.C., E. OSTROM und T.K. AHN, (2000): The concept of scale and the human dimensions of global change: a survey. Ecological Economics 32 (2000), S. 217-239.

HENRICHSMEYER, W. (1994): Räumliche Verteilung der Agrarproduktion. Agrarwirtschaft 43 (1994), Heft 4/5, S. 183-188.

JAKOB, M. (2003): Ökonomische Analyse extensiver Verfahren der Mutterkuh- und Schafhaltung auf der Basis von Plankostenleistungsrechnungen. Zugl.: Gießen, Univ., Diss., Cuvillier Verlag

KUHLMANN, F., D. MÖLLER und B. WEINMANN (2002): Modellierung der Landnutzung: Regionshöfe oder Raster-Landschaft? Berichte über Landwirtschaft : Zeitschr. für Agrarpolitik u. Landwirtschaft. Bd. 80 (2002), 3, S. 351-392

LAMBIN, E.F., M.D.A. ROUNSEVELL und H.J. GEIST (2000): Are agricultural land use models able to predict changes in land-use intensity? Agriculture, Ecosystems and Environment 82, S. 321-331.

MÖLLER, D., N. FOHRER und A. WEBER (1999): Methodological Aspects of Integrated Modelling in Land Use Planning. Second European Conference of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and the Environment (EFITA 1999), Bonn, Vol a, S. 108-119

NÖHLES, I. (2000): Landnutzungsklassifikation mit multitemporalen Landsat TM-Szenen in einer kleinstrukturierten Agrarregion. Boden und Landschaft ; 32, Zugl.: Giessen, Univ., Diss.

OECD (2001): Multifunktionalität: Auf dem Weg zu einem analytischen Rahmen. Broschüre der OECD mit Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Studie: Multifunctionality: Towards an Analytical Framework.

OPITZ VON BOBERFELD, W., K. WÖHLER, G. ERHARDT, M. GAULY, C. URBAN, H. SEUFERT und A. WAGNER (2002): Nutzungsperspektiven für Grünland peripherer Regionen. Berichte über Landwirtschaft: Zeitschr. für Agrarpolitik u. Landwirtschaft. 80 (3), S.419-445.