

---

Möller, D.; Weinmann, B.; Kirschner, M.; Kuhlmann, F.: Zur Bedeutung von Umweltauflagen für die räumliche Verteilung land- und forstwirtschaftlicher Nutzungssysteme. In: von Alvensleben, R.; Koester, U.; Langbehn, C.: Wettbewerbsfähigkeit und Unternehmertum in der Land- und Ernährungswirtschaft. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 36, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2000), S.213-220.

---

# ZUR BEDEUTUNG VON UMWELTAUFLAGEN FÜR DIE RÄUMLICHE VERTEILUNG LAND- UND FORSTWIRTSCHAFTLICHER NUTZUNGSSYSTEME

von

D. MÖLLER, B. WEINMANN, M. KIRSCHNER und F. KUHLMANN\*

## 1 Einführung

Die Nutzung von Landschaften zu verschiedenen Zwecken bringt zwar nicht immer, aber häufig Konflikte zwischen verschiedenen Nutzungsformen mit sich. Besonders augenscheinlich ist dies, wenn integrativer Landschaftsschutz betrieben werden soll, bei dem eine landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Landnutzung mit dem Ziel der Einkommenserzielung gemeinsam mit erweiterten Landschaftsschutzaktivitäten auf engem Raum verfolgt werden soll. Umweltauflagen versuchen, die identifizierten Nutzungskonflikte zu lösen bzw. zu entschärfen, indem Regelungen zur Abwehr erwarteter Funktionsstörungen formuliert werden.

Mitunter treten jedoch neue Probleme dadurch auf, daß Umweltauflagen entweder die Ertrags- und damit Erlössituation land- und forstwirtschaftlicher Nutzung negativ beeinflussen (Düngermengenbegrenzung, Pflanzenschutzmittelaufgaben) oder aber die Kosten der Produktion erhöht werden, indem bestimmte kostensparende Techniken nicht eingesetzt werden können (Schlaggrößen, Landschaftsstrukturelemente) oder bestimmte Techniken vorgeschrieben werden (Stallbau, Gülleausbringung). In der Konsequenz bedeuten Eingriffe dieser Art in Kosten und Leistungen der erwerbswirtschaftlichen Landnutzung, daß sich die auf einem bestimmten Areal erzielbare Bodenrente verändert. Die Bedeutung einzelner Maßnahmen für verschiedene Produktionsverfahren hängt dabei von deren Charakteristika ab, so daß sich Verschiebungen der relativen Vorzüglichkeit ergeben werden. Arbeitshypothese für die im folgenden dargestellten Simulationsrechnungen ist, daß damit Auswirkungen auf die räumliche Verteilung von land- und forstwirtschaftlichen Nutzungsformen verbunden sind.

Denkbar ist, daß die Gestaltung von Umweltregelungen die Kosten der Produktion in einer Grenzertragsregion so weit erhöht, daß im Extremfall eine lohnende Landwirtschaft nicht mehr möglich ist. Die damit verbundene Verbrachung oder Aufforstung ohne weitere landwirtschaftliche Nutzung kann neben evtl. positiven ökologischen Auswirkungen gravierende Änderungen von Landschaftsfunktionen mit sich bringen, die bisher von der Landwirtschaft als Koppelprodukt erbracht wurde. Eine solche Entwicklung hat Auswirkungen auf die Wert schöpfung und Beschäftigung im Agrar- und Forstsektor.

Während die einzelbetrieblichen Auswirkungen von Auflagen relativ gut untersucht sind, wird die Analyse der räumlichen Effekte mittels auf geographischen Informationssystemen (GIS) basierender Verfahren erst in neuerer Zeit betrieben. Diese Ansätze erlauben es, nicht mehr nur punktförmige oder hochaggregiert flächenhafte Aussagen zu machen, sondern mit hoher Auflösung natürliche Standortunterschiede in die Kalkulation einzubeziehen.

Das Modell ProLand wird dazu eingesetzt, solche Veränderungen in den Rahmenbedingungen der Produktion und die daraus resultierenden Effekte auf die räumliche Verteilung von Landnutzungssystemen qualitativ und quantitativ zu untersuchen. Dabei werden sowohl flächenhafte Aussagen in Form von thematischen Karten als auch auf den Sektor bezogene Kennzahlen im Regionsmaßstab ausgewiesen. Die Ergebnisse können dazu verwendet werden, po-

---

\* Dr. Detlev Möller, Dipl.-Math. Bernd Weinmann, Dipl. Ing.-agr. Martin Kirschner und Prof. Dr. Dr. h.c. Friedrich Kuhlmann, Institut für landwirtschaftliche Betriebslehre der Justus - Liebig Universität Gießen, Senckenbergstr. 3, 35390 Gießen, EMail: [detlev.moeller@agr.uni-giessen.de](mailto:detlev.moeller@agr.uni-giessen.de). Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des SFB 299 der DFG „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ erstellt.

litischen Entscheidungsträgern einerseits die möglichen Konsequenzen bestimmter Maßnahmen aufzuzeigen und andererseits zur Gestaltung von Incentives und Disincentives beizutragen. Das Modell ProLand betont den räumlichen Bezug der Landnutzungsanalyse und folgt damit einem Vorschlag von HANF (1994, S.189): „Anstelle den Versuch zu unternehmen, die räumliche Dimension von Landschaft und Umwelt in die an sich dimensionslosen ökonomischen Modelle zu pressen, sollte versucht werden, von der räumlichen Verteilung auszugehen und Raumeinheiten zu Entscheidungseinheiten zusammenzufassen, um die ökonomischen Beziehungen den räumlichen Beziehungen überzustülpen“.

## 2 Methodik

Die methodischen Grundlagen des Modell ProLand wurden mit unterschiedlichen Schwerpunkten an anderen Stellen vorgestellt (MÖLLER et al. 1999a, MÖLLER et al. 1999b; MÖLLER & KUHLMANN, 1999). In Hinblick auf die hier zu untersuchende Fragestellung wird im folgenden ein Schwerpunkt auf die Kostenermittlung in ProLand gelegt.

Die Produktionskosten eines Verfahrens werden bestimmt von der Ertragsfähigkeit der Böden, der Betriebsstruktur, der Feldstruktur (Feldstücksgröße und -form) sowie den physikalischen Standorteigenschaften (z.B. Hangneigung und Schwere des Bodens). Aus der Ertragsfähigkeit der Böden leiten sich die Aufwendungen für Pflanzennährstoffe und Pflanzenschutzmittel ab, wenn man unterstellt, daß entsprechende Erträge nur bei angepaßter Produktionstechnik zu erzielen sind. Die Betriebsstruktur bestimmt die Maschinenausstattung und den Arbeitskräftebesatz. Die Feldstruktur sowie die Hangneigung und die Schwere des Bodens beeinflussen die Arbeitszeit und bestimmen somit die Kosten der Arbeiterledigung.

Zielsetzung der Ermittlung der Produktionskosten innerhalb eines Geographischen Informationssystems ist es, die Produktionskosten raumvariant, das heißt unter Berücksichtigung kostenbeeinflussender Standorteigenschaften zu bestimmen. Dazu wurde ein kalkulatorischer Ansatz verwendet, mit dessen Hilfe der Einfluß verschiedener Standorteigenschaften auf einzelnen Kostenbestandteile abgebildet werden kann. Zunächst wird zwischen ertragsabhängigen und ertragsunabhängigen Kosten unterschieden.

$$(1) PK_{P_i}(S_j) = K_{P_i}(Y_{j,i}) + K_{P_i}(S_j)$$

Dabei bezeichnet  $PK_{P_i}(S_j)$  die gesamten Produktionskosten des Produktionsverfahrens  $P_i$  am Standort  $S_j$ .  $K_{P_i}(Y_{j,i})$  sind die ertragsabhängigen Kosten und  $K_{P_i}(S_j)$  die ertragsunabhängigen Kosten am Standort  $S_j$ . Die ertragsabhängigen Kosten sind die Kosten für Pflanzennährstoffe und Pflanzenschutzmittel, deren Einsatzmenge und damit deren Kosten als proportional zum Ertrag  $Y_{j,i}$  angenommen werden.

$$(2) K_{P_i}(Y_{j,i}) = pn_{P_i} * Y_{j,i} + ps_{P_i} * Y_{j,i}$$

Dabei bezeichnen  $pn_{P_i}$  die Nährstoffkosten und  $ps_{P_i}$  die Pflanzenschutzmittelkosten jeweils bezogen auf eine Ertragseinheit. Ertragsunabhängige Kosten sind Kosten, die unabhängig vom erwarteten Ertragspotential entstehen. Dies sind die Kosten der Arbeiterledigung und für sonstige Kosten  $sK_{P_i}$ , z. B. Saatgut. Die Arbeiterledigungskosten wiederum setzen sich zusammen aus den Maschinenkosten  $MK_{P_i}(S_j)$  und den Arbeitskosten  $KdA_{P_i}(S_j)$  und werden von den Standortfaktoren beeinflusst.

$$(3) K_{P_i}(S_j) = MK_{P_i}(S_j) + KdA_{P_i}(S_j) + sK_{P_i}$$

Bei den Maschinenkosten wird weiter differenziert zwischen Kosten für Geräte  $MK_{P_i}^{Geräte}$ , die sich nur nach der Flächenleistung berechnen und Kosten für Zugmaschinen, die sich nach der eingesetzten Arbeitszeit berechnen.

$$(4) MK_{P_i}(S_j) = MK_{P_i}^{Geräte} + mkh_{P_i}^{Zugmasch} * AZ_{P_i}(S_j)$$

Dabei bezeichnet  $mkh_{P_i}^{Zugmasch}$  die Sachkosten der Zugmaschine je Stunde und  $AZ_{P_i}(S_j)$  die für das Produktionsverfahren  $P_i$  auf dem Standort  $S_j$  benötigte Arbeitszeit. Die Kosten für die eingesetzten Arbeitskraftstunden berechnen sich entsprechend, indem die Arbeitszeit mit den Nutzungskosten der Arbeit je Stunde  $nkda$  multipliziert wird.

$$(5) KdA_{P_i}(S_j) = nkda * AZ_{P_i}(S_j)$$

Die Berechnung der Maschinen- und Arbeitskosten nach dem für das Produktionsverfahren  $P_i$  am Standort  $S_j$  erforderlichen Einsatzumfang beinhaltet implizit die Annahme der beliebigen Teilbarkeit der Produktionsfaktoren Maschinen und Arbeit, d.h. sie stehen prinzipiell jederzeit in ausreichendem Umfang zur Verfügung. In ProLand wird zunächst unterstellt, daß die Maschinen jährlich im Umfang ihrer Auslastungsschwelle eingesetzt werden. Durch Variation der jährlichen Maschinenauslastung könnten jedoch verschiedene Betriebstypen, durch Variation der Maschinenkonfiguration die Auswirkungen verschiedener Betriebsgrößen und unterschiedlicher Feldstrukturen abgebildet werden. Alle Maschinen werden leistungsabhängig abgeschrieben.

Zur Berechnung des Einsatzumfangs von Arbeit und Maschinen wird die Teilzeitmethode angewendet, welche die Arbeitszeit ( $AZ$ ) in die Teilzeiten Rüstzeit ( $R$ ), Wegezeit ( $WZ$ ), Hauptzeit ( $H$ ), Wendezeit ( $NW$ ), Nebenzeit ( $FN$ ) und Verlustzeit ( $V$ ) aufteilt (MÖSER, 1996).

$$(6) AZ = \sum R, WZ, H, NW, FN, V$$

Diese Methode eignet sich in besonderer Weise, weil einzelne Standorteigenschaften nur bestimmte Teilzeiten verändern, und sich so deren Wirkung in der Kostenrechnung abbilden läßt (siehe unten). Durch Multiplikation des Einsatzumfangs mit den Nutzungskosten der Arbeit je Arbeitskraftstunde und den Maschinenkosten je Einheit ergeben sich die Produktionskosten eines Produktionsverfahrens. Datengrundlage für die Teilzeitenberechnung und die Maschinenkosten sind Datenbanken des KTBL (JÄGER, 1999), die durch Einbindung von empirisch ermittelten Kennzahlen (SEUFERT et al., 1999) ergänzt wurden, so daß eine stärkere Berücksichtigung regionaler Eigenarten möglich ist.

### 3 Kalibrierung und Validierung GIS-basierter Modelle

Das Modell ProLand ist systemtheoretisch in die Gruppe der strukturellen Modelle einzuordnen und dient somit vor allem der Erklärung von Zusammenhängen im Unterschied zu Verhaltensmodellen, die ausschließlich der Prognose endogener Größen dienen (vgl. BERG & KUHLMANN 1992). Die Kalibrierung solcher Ansätze muß sich vorrangig auf die implementierten Subsysteme konzentrieren, da die generierten Outputs des Gesamtmodells nur unter Schwierigkeiten einer adäquaten, qualitativ und quantitativ ausreichenden Datenbasis als Referenzsystem gegenübergestellt werden können. Dies gilt in besonderem Maße für Modellansätze, die – wie ProLand – nicht primär auf administrative Raumeinheiten, sondern, bedingt durch die Einbettung in eine interdisziplinäre Forschungsumgebung, auf z.B. hydrologische Gebietsgrenzen bezogen werden müssen.

Trotz dieser Schwierigkeiten können zumindest die jeweiligen Anteile von Landnutzungsverfahren und ihre Lokalisierung in einer Region zur Kalibrierung herangezogen werden. Dazu stehen zwei Datenquellen zur Verfügung. Zum einen kann die Gemeindestatistik, wenn auch ohne räumlichen Bezug, Informationen über die durchschnittlichen Anteile verschiedener Nutzungen liefern. Zum anderen wurden im SFB 299 Satellitenbilder (LandSat TM von 1987 und 1994) einer Klassifizierung unterzogen, die Rückschlüsse auf die Allokation verschiedener Nutzungen zuläßt (NÖHLES, 1999). An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß die Satellitenbilddauswertungen bedingt durch methodische Einschränkungen nicht die Realität, sondern nur ein vereinfachtes Abbild der Realität darstellen. Bezogen auf einzelne Rasterpunkte können Fehlerquoten bis zu 20 % auftreten. Zudem liefern Satellitenbilder nicht

wie ProLand Aussagen über die Nutzungsintensität, sondern lediglich über die morphologische Nutzung. Zum Beispiel kann im Bild zwar Grünland identifiziert, die Nutzung über Milchkühe, Mutterkühe oder Schafe jedoch nicht differenziert werden.

**Tabelle 1:** Regionale Kalibrierung von ProLand

Bezeichnung	% der LandSat TM – Auswertung	
	„Aar-Region“	„Amöneburg“
Wald	102	87
Ackerbau	121	96
Grünland	120	99
Brache	--	--
durchschnittl. Schlaggröße [ha]	1	2
Nutzungskosten der Arbeit [DM/Akh]	17,50	20,50

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, daß bei Betrachtung der Flächenanteile der verschiedenen Nutzungen mit Abweichungen von im Mittel 20 % zu rechnen ist. Als Maßstab für die räumliche Anpassungsgüte des Modells an die Realnutzung liefert der rasterpunktweise Vergleich der Nutzungen eine Trefferquote von ca. 60 %. Waldnutzungen können dabei gewöhnlich mit höherer Genauigkeit in Umfang und Lokalisierung modelliert werden als die verschiedenen Acker- und Grünlandnutzungen, wobei die Qualität wesentlich von der zugrundeliegenden Annahme über die Nutzungskosten der Arbeit beeinflusst wird. Wie weitergehende Analysen zeigen, kann die Zulassung von sub – optimalen Lösungen die Anpassungsgüte erhöhen.

#### 4 Modellerggebnisse und Diskussion

Die im folgenden dargestellten Simulationsrechnungen dienen dazu aufzuzeigen, wie sich aus Umweltschutzregelungen hervorgehende Kostenveränderungen auf die räumliche Verteilung von Landnutzungsprogrammen und auf regionale Kennziffern auswirken. Zwecks Identifizierung von regionstypischen Reaktionen werden die Simulationen sowohl für eine als hinsichtlich natürlicher Standortbedingungen marginal zu bezeichnende Region 1 (Gemeinden Biebental, Bischoffen, Hohenahr, Mittenaar im Land-Dill-Bergland, Hessen) und eine eher günstiger einzuordnende Region 2 (Gemeinden Amöneburg, Kirchhain, Ebsdorfergrund, Hessen) durchgeführt. Exemplarisch werden zwei Teilaspekte einer näheren Betrachtung unterzogen.

##### 4.1 Effekte durch Winteraußenhaltung von Mutterkühen

Der zweite Teilaspekt untersucht die Auswirkungen von Anforderungen an Tierhaltungssysteme am Beispiel der Mutterkuhhaltung. Insbesondere in den hier untersuchten sogenannten peripheren Regionen stellt die extensive Nutzung von Grünland über Mutterkuhhaltung eine Alternative dar, die eine zunehmende Bewaldung und / oder Verbrachung verhindern kann. Die genaue Identifizierung der dazu erforderlichen Stützungsmaßnahmen werden auch im internationalen Maßstab diskutiert (VERSEPUT, 1999). Kostengünstige Verfahren der Winteraußenhaltung werden entwickelt und auch in der Praxis durchgeführt, deren Rentabilität vor allem von der Höhe der Stallkosten und der Kosten der Winterfutterbergung beeinflusst werden (OPITZ V. BOBERFELD, 1999). Aus der Sicht der Umweltgesetzgebung sind in diesem Zusammenhang Anforderungen an Tierschutz und Grundwasserschutz als gegebenenfalls kostensteigernde Regelungen zu nennen, indem Vorschriften bezüglich von Schutzeinrichtungen und Abdichtung von Standplätzen zu beachten sind. Für das hier vorgestellte Szenario wird angenommen, daß der Kapitalbedarf um 50 %, der Arbeitsbedarf um 15 % gegenüber der Ausgangslösung (Winterstallhaltung) sinkt und somit der Veredlungswert extensiv genutzten Grünlandes um 25 % steigt. Bei diesen ersten Analysen des räumlichen Potentials extensiver Ranchsysteme werden die über das Ertragspotential hinausgehenden Standortverhältnisse wie etwa die Trittfestigkeit (OPITZ V. BOBERFELD, 1997) nicht berücksichtigt.

Bei konsequenter Ausnutzung von Kosteneinsparungen in der Mutterkuhhaltung sind in beiden untersuchten Regionen deutliche Effekte auf die Landnutzung zu erwarten (Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Flächenanteile von Landnutzungen und Wertschöpfung bei unterschiedlichen Systemen der Mutterkuhhaltung

Haltungsform	Region 1					Region 2				
	W	GL <sub>i</sub>	GL <sub>e</sub>	AB	WS	W	GL <sub>i</sub>	GL <sub>e</sub>	AB	WS
	in %				Mio. DM	in %				Mio. DM
Winterstall	60	20	3	16	13,5	31	15	0	47	20,1
bei disponiblen Wald:										
Außenhaltung	13	17	61	8	12,2	2	14	30	47	19,8
bei fixiertem Wald:										
Außenhaltung	60	17	15	8	12,6	31	14	1	45	19,9

W = Wald, GL<sub>i</sub> = Grünland intensiv (Milchvieh), GL<sub>e</sub> = Grünland extensiv (Mutterkuh), AB = Ackerbau, WS = Wertschöpfung ohne Prämien

In der Region 1 findet bei disponibler Waldfläche eine Ausdehnung der Mutterkuhhaltung vor allem zu Lasten von Wald, aber auch von Ackerbau statt. Der Ackerbau in der günstigen Region 2 ist als stabil anzusehen, die Ausdehnung der Mutterkuhhaltung geht hier allein zulasten des existierenden Waldes. Die hier dargestellten Veränderungen sind in ihrer Dimension als hypothetisch einzuschätzen, da in der Realität der Wald in besonderem Maße durch gesetzliche Regelungen geschützt ist. Sie spiegeln jedoch die Potentiale wider, die sich ergeben können, wenn aus übergeordneten Überlegungen heraus Landschaften offen gehalten werden sollen. Winteraußenhaltungssysteme können offensichtlich eine so deutliche Kostenminderung bewirken, daß Waldsysteme zurückgedrängt werden können. Das Modell ProLand wurde so modifiziert, daß die in der Basislösung gegebenen Waldflächen fixiert sind und nicht umgenutzt werden können. Wie Tabelle 2 zeigt, werden nun nur 15 % der Fläche mit Mutterkühen genutzt, wozu 3 % Punkte von Grünland (int.) sowie 8 % Punkte vom Ackerbau abgezogen werden.

In Tabelle 2 ist zudem die regionale Wertschöpfung ausgewiesen. Es zeigt sich, daß die Offenhaltung der Landschaft durch Mutterkuhhaltung mit einem geringfügigen Rückgang der Wertschöpfung verbunden ist. Die Ursache dafür ist die „Wanderung“ von Ackerbau und intensivem Grünland zur Mutterkuhhaltung. Da gleichzeitig regional weniger Arbeit eingesetzt wird, steigt die Bodenrente an.

#### 4.2 Effekte flächenstrukturkonservierender Regelungen

Der erste Teilaspekt behandelt die Auswirkungen von Flächenstruktur – konservierenden Regelungen, die sich auf die potentielle Größe von Schlägen auswirken, indem etwa die Beseitigung von Wegen, Gräben und Hecken untersagt bzw. eingeschränkt wird. Standen vor einigen Jahren noch die Forderungen von Seiten der Landwirtschaft im Vordergrund, zur Förderung der regionalen Agrarstruktur das landwirtschaftliche Wegenetz auszubauen, was auf erheblichen Widerstand von Seiten des Naturschutzes stieß (z.B. HAARMANN 1979), so sind heute verstärkt Bemühungen zu beobachten, die Wegestrukturen ausdünnen zu können, um somit zu größeren Bearbeitungseinheiten zu gelangen. Dies kann als eine Folge des nach wie vor dynamischen Strukturwandels angesehen werden, der den Erwerb oder die Zupacht von Nachbarflächen fördert und somit den Wunsch nach technischer Zusammenlegung entstehen läßt. Neuere technische Lösungen wie GPS ermöglichen zudem die Zusammenfassung von Teilschlägen zur Gewannenbewirtschaftung unter Beibehaltung der Besitzstruktur (in SCHÖN & AUERNHAMMER 1999). Zur Untersuchung der Auswirkungen werden für durchschnittliche Schlaggrößen von 0,5 bis 20 ha neben der räumlichen Verteilung von Landnutzungssystemen die prozentualen Flächenanteile sowie ein Satz ökonomisch relevanter Kennzahlen berechnet.

Dabei wird unterstellt, daß je nach Schlaggröße eine adäquate Maschinenausstattung gemäß den Empfehlungen des KTBL (1997) eingesetzt wird. Unberücksichtigt bleiben die Auswirkungen auf die Auslastung der Maschinen, es wird in jedem Falle von voller Auslastung ausgegangen. Die angenommene Größe der Forsteinheiten bleibt jeweils bei 8 ha und wird nicht modifiziert. Tabelle 3 zeigt die prozentualen Flächenanteile verschiedener Nutzungen in der marginalen Region 1 und der günstigen Region 2 bei steigender Schlaggröße.

**Tabelle 3:** Flächenanteile von Landnutzungen und Wertschöpfung bei steigender Schlaggröße

Flächengröße in ha	Region 1					Region 2				
	W	GL <sub>i</sub>	GL <sub>e</sub>	AB	WS	W	GL <sub>i</sub>	GL <sub>e</sub>	AB	WS
	in %					in %				
0.50	90	6	0	3	8,0	68	1	0	24	9,2
0.75	82	9	0	9	9,2	59	2	0	32	11,7
1.00	64	16	0	20	11,9	39	6	0	49	14,0
1.50	48	20	14	17	13,4	33	8	0	53	15,4
2.00	14	32	43	12	16,8	31	15	0	47	20,0
5.00	13	45	37	4	20,7	6	44	2	40	30,3
10.00	13	46	37	3	21,0	5	45	3	40	30,6
20.00	13	51	35	1	22,2	3	49	2	39	31,6

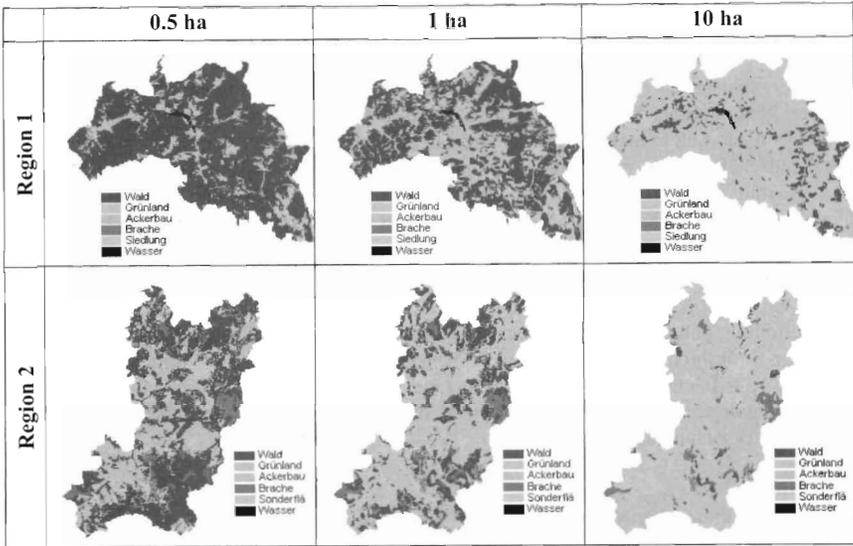
W = Wald, GL<sub>i</sub> = Grünland intensiv (Milchvieh), GL<sub>e</sub> = Grünland extensiv (Mutterkuh), AB = Ackerbau, WS = Wertschöpfung ohne Prämien, Basisfall

Bei vollständig disponibler Fläche, also mit der Möglichkeit, auch Forstflächen umzunutzen, ist in der Region 1 ein deutlicher Rückgang des Waldanteils bis zu einer Schlaggröße von 2 ha zu beobachten, bei weiterer Verbesserung der Grünland und Ackerstrukturen wird dieser Restanteil nicht mehr umgenutzt. In der Region 2 ist ein starker Sprung des Waldanteils beim Übergang von 2 ha zu 5 ha Schlägen zu beobachten, doch auch bei weiterer Schlagvergrößerung werden Standorte für Grünland und ackerbauliche Nutzung interessant.

Die Bedeutung größerer Einheiten für Grünland ist angesichts des zugrundeliegenden Bewirtschaftungssystems (Heu- und Silagebereitung, Pflegearbeiten, Zaununterhaltung) deutlich zu erkennen. Auf Grenzstandorten (Region 1) werden theoretisch bis zu 86 % der Fläche durch intensives und extensives Grünland genutzt, während Ackerbauverfahren dort keine großen Flächenanteile mehr halten. In der günstigen Region 2 stellt sich der Ackerbau mit seinen Flächenanteilen deutlich stabiler dar als in der marginalen Region 1. Beim Übergang von einer durchschnittlichen Schlaggröße von 1 ha auf 2 ha reduziert sich der Ackerbau bereits um fast die Hälfte, während in der Region 2 bei gleicher Schlaggrößenänderung nur eine Reduktion des Ackerbaus um 2 % stattfindet. Die intensive Grünlandnutzung profitiert hier offensichtlich von den guten Standortbedingungen und den sukzessive größeren Bearbeitungseinheiten ähnlich wie der Ackerbau.

Zum Zwecke multifunktionaler Landschaftsanalysen werden flächenhafte, positionsgenaue Aussagen über zu erwartende Landnutzungen benötigt. Abbildung 1 zeigt die Effekte der Schlaggrößenvariation auf die räumliche Landnutzung in den beiden untersuchten Regionen. Während in der Region 1 bei sehr kleinen Schlägen (0,5 ha) gegenüber der Variante mit 1 ha mit einer deutlichen Zunahme von Wald zu rechnen ist, werden in der Region 2 deutlich weniger Flächen aufgeforstet, der Ackerbau bleibt vor allem in den ebenen Gebieten stabil.

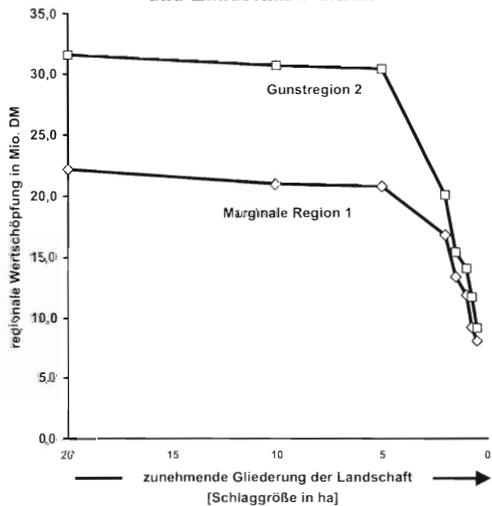
**Abbildung 1: Räumliche Auswirkungen zunehmender durchschnittlicher Schlaggrößen**



Bei Vergrößerung der durchschnittlichen Schlaggröße auf 10 ha regiert wiederum Region 2 mit einem deutlichen Umschlag zu Grünland, während in Region 1 der Wald wesentliche Einbußen erfährt, der Ackerbau jedoch wiederum sehr stabil bleibt.

Unter Verwendung der Simulationsergebnisse lassen sich die trade-off Beziehungen zwischen zwei konkurrierenden Zielen quantifizieren. Unterstellt man, daß eine abnehmende durchschnittliche Schlaggröße mit einer zunehmenden Gliederung der Feldflur durch Linienstrukturen mit hier nicht näher behandelten ökologischen und ästhetischen Vorteilen gleichzusetzen ist, so ergibt sich der in Abbildung 2 dargestellte Zusammenhang. Der relative Verzicht auf Wertschöpfung durch kleine Schläge ist am deutlichsten im Bereich bis ca. 5 ha zu erkennen. Darüber hinaus sind weitere Effizienzgewinne zu erwarten, wenn die Annahme einer von der Schlaggröße unabhängigen Maschinenauslastung gelockert wird. Die Potentiale einer Veränderung der Feldstruktur und ihrer Wirkung auf regionale Wertschöpfung aus agrar- und forstwirtschaftlicher Landnutzung sind offensichtlich. Die gezeigten Steigerungen der regionalen Wertschöpfung aus Land- und Forstwirtschaft leiten sich kombiniert aus den Kostenänderungen bei einzelnen Produktionsverfahren sowie den daraus resultierenden Landnutzungsänderungen ab. Wenn auch der Verlauf der Zielmöglich-

**Abbildung 2: Trade-off zwischen Wertschöpfung und Landschaftsvielfalt**



keitenkurve in beiden Regionen ähnlich ist, so zeigt sich doch deutlich, daß die Wertschöpfung in günstigen Regionen sehr viel stärker abfällt, wenn sehr kleine Schläge bewirtschaftet werden. Während in der marginalen Region 1 die Landnutzung verstärkt in Richtung Waldbau tendiert, bleibt in der Region 2 der Ackerbau ein wichtiges Nutzungssystem. Legt man diese ersten Ergebnisse des Modelleinsatzes zugrunde, zeigt sich, daß ökonomisch gesehen die Erhaltung kleinräumiger Strukturen „billiger“ in marginalen als in Gunstregionen zu erreichen sind. Dennoch muß berücksichtigt werden, daß dies auf Kosten der Landwirtschaft geschieht. Die Landschaft wird in marginalen Regionen zunehmend durch Waldsysteme bewirtschaftet, was ebenfalls Auswirkungen auf Landschaftsästhetik, Artenvielfalt und regionalen Wasserhaushalt hat. Eine mehrdimensionale Betrachtung ist daher wünschenswert und notwendig.

### 4.3 Ausblick

Die gezeigten Ergebnisse zeigen auf, welche Auswirkungen Umweltauflagen auf die räumliche Verteilung potentiell haben können. Die Diskussion über die Kosten der Erhaltung kleinräumiger Strukturen zeigt, daß ein zweidimensionaler Vergleich etwa von regionaler Wertschöpfung aus Land- und Forstwirtschaft und der Vielfalt einer Landschaft nicht ausreicht, um zu Empfehlungen zu kommen. Zukünftig ist die verstärkte Betrachtung mehrdimensionaler trade-off – Beziehungen notwendig.

### Literatur

- HAARMANN, K. (1979): Naturschutzgedanken über eine Studie zur Verbesserung der Agrarstruktur. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 57, S. 235-244.
- JÄGER, P. (1999): AVORWin, Version 1.0, Kapazitätsplanung in der Außenwirtschaft. KTBL, Darmstadt.
- KTBL (1997): Datensammlung Betriebsplanung 1997/98. Darmstadt 1997
- MÖLLER, D., und F. KUHLMANN (1999): ProLand: A New Approach to Generate and Evaluate Land Use Options. IXth European Congress Association of Agricultural Economics, Warsaw, August 1999.
- MÖLLER, D.; B. WEINMANN; M. KIRSCHNER und F. KUHLMANN (1999b): Auswirkungen von Politik und Strukturmaßnahmen auf die räumliche Verteilung und Erfolgskennzahlen der Landnutzung: GIS - basierte Simulation mit ProLand. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, Heft 5/6, 1999, im Druck.
- MÖLLER, D.; B. WEINMANN; M. KIRSCHNER und F. KUHLMANN (1999a): GIS-basierte Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. In: Schriften der GeWiSoLa e.V., Bd. 35, 183-190.
- NÖHLES, I. (1999): Landnutzungsklassifikation mit multitemporalen Landsat-TM-Szenen unter besonderer Berücksichtigung von Sukzessionsbracheflächen. Diss. in Vorbereitung. Institut für Landeskultur, Gießen.
- OPITZ VON BOBERFELD, W. (1997): Winteraußenhaltung von Mutterkühen in Abhängigkeit vom Standort unter pflanzenbaulichem Aspekt. Berichte über Landwirtschaft, Bd. 75, S. 604-618.
- OPITZ VON BOBERFELD (1999): Winteraußenhaltung von Mutterkühen unter den Aspekten Standort, Umwelt und Futterwirtschaft. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, Heft 5/6, 1999, im Druck.
- SCHÖN, H., & H. AUERHAMMER (1999): Entwicklungsperspektiven des Pflanzenbaues und der Tierhaltung unter dem Einfluß neuer Techniken in der Prozeßsteuerung und Automatisierung. Schriften der GeWiSoLa e.V. Bd. 35, S. 325-339.
- SEUFERT, H.; H.-P. SCHWARZ; J. HESSE & N. HAMPEL (1999): Stallanlagen für Mutterkühe – entsprechend Mindestanforderungen und Minimalkostenkombinationen. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, Heft 5/6, 1999, im Druck.
- VERSEPUT, W. (1999): Die Last der Subventionen. DLG – Mitteilungen 9/1999, S. 71-73.