

Bernd Weinmann

Anforderungen an die Input-Daten aus Sicht der räumlich expliziten Landnutzungsmodellierung mit dem Modell ProLand

Der Dateninput für das Modell ProLand unterliegt besonderen Anforderungen die in diesem Beitrag betrachtet werden. Es wird dabei ein Schwerpunkt auf die Abbildung der natürlichen Standortbedingungen gelegt und aufgezeigt, wie sich deren räumliche und zeitliche Varianz auf die Modellaussage auswirkt.

1 Einleitung

Der Begriff der Multifunktionalität von Landschaften hat sich zu einem zentralen Bestandteil der Europäischen Agrarpolitik entwickelt (Council of Europe 2000; Heißenhuber und Lippert 2000). Unter diesem Schlagwort wird versucht, die vielfältigen Nutzungsansprüche an die Landschaft zu verbinden.

Die Landwirtschaft steht im Mittelpunkt der Betrachtung, da sie durch die Bewirtschaftung der Flächen die Landschaft nutzt und auf diese Weise neben der reinen Nahrungsmittelproduktion für die Gesellschaft zusätzlich vielfältige Güter und Dienstleistungen hervorbringt (European Commission 1999; OECD 2001).

Um einen Ausgleich zwischen den Ansprüchen der Landwirtschaft und den Ansprüchen der Gesellschaft zu erreichen, wird ein Bewertungsansatz benötigt, der diese Wirkungszusammenhänge geeignet abbilden kann. Werden dazu Modelle eingesetzt, so ist ein Landnutzungsmodell ein zentraler Bestandteil, da eine Veränderung von Landschaftsfunktionen in aller Regel auf eine veränderte Landnutzung zurückgeht. Die Anwendung der klassischen Regionshofansätze zur Landnutzungsmodellierung können für einen solchen Bewertungsansatz nur eingeschränkt verwendet werden (Kuhlmann et al. 2002; Weingarten 1995), da zum Beispiel deren räumliche Auflösung für die Bewertung der Biodiversität unzureichend ist (Bockstael 1996).

In diesem Beitrag wird das Modell ProLand zur Prognose von Landnutzungen vorgestellt. Neben dem Datenbedarf für das Modell wird mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen aufgezeigt, welche Modellparameter den größten Einfluss auf die Landnutzungsprognose ausüben. Diese Ergebnisse zeigen auf, welche Input-Daten für das Modell mit hoher Genauigkeit vorliegen sollten.

2 Modellierung der Landnutzung

Seit rund 200 Jahren werden Modelle zur Erklärung und Vorhersage der räumlichen Verteilung der Landnutzung entwickelt und angewendet (Henrichsmeyer 1994; Maier und Tödtling 2001). Gemeinsam ist allen Modellansätzen, dass sie je nach Fragestellung die klassischen Standortfaktoren mit ihren Wirkungszusammenhängen modellhaft abbilden (Kuhlmann et al. 2002).

Besondere Probleme bereitet allen Ansätzen die Modellierung des Standortfaktors „Persönlichkeit des Betriebsleiters“. Dieser Faktor beinhaltet die Art der Ziele, das Risikoverhalten, die Zeitpräferenzen und die Möglichkeit zur Realisierung von Effizienz (Kuhlmann et al. 2002). Für Einzelbetriebe kann die Abbildung dieses Standortfaktors noch möglich sein. Bei einer Betrachtung auf Regionsebene hingegen ist eine flächendeckende Erfassung dieses Faktors nicht mehr möglich. Modelle bilden deshalb das Entscheidungsverhalten der Landnutzer in aller Regel über die Zielfunktion in Form der Maximierung von Deckungsbeiträgen oder modifizierte Bruttowertschöpfung ab (Dabbert et al. 1999; Kächele 1999; Weingarten 1995). Entscheidend ist dabei die Tatsache, dass dieser Standortfaktor, der in der Realität sowohl raum- als auch zeitvariant ist, in den Modellen als raum- und zeitinvariant angenommen wird.

Weitere wichtige Standortfaktoren sind die natürlichen Verhältnisse, zu denen Boden und Klima zählen (Boguslawski 1981; Henrichsmeyer 1988; Heyland 1991). In den klassischen Regionshofansätzen wird dabei von homogenen Raumeinheiten ausgegangen, die zum Beispiel Landkreisen entsprechen. Die natürlichen Standortbedingungen werden dabei oft nur indirekt über die durchschnittlichen Erträge abgebildet. Eine Berücksichtigung der kleinräumigen Variabilitäten findet dabei in der Regel nicht statt (Weingarten 1995). Die Anwendung dieser klassischen Ansätze zur Landnutzungsmodellierung sind für einen Bewertungsansatz zur Abbildung der Multifunktionalität von Landschaften nur bedingt geeignet. Entscheidend ist dabei die räumliche Auflösung der prognostizierten Landnutzung. Die Modellaussagen liefern für jeden Regionshof nur prozentuale Verteilungen von Nutzungsformen. Eine solche Aussage ist aber für Modelle, die auf Grundlage der Landnutzung zum Beispiel Biodiversität prognostizieren, nur eingeschränkt verwendbar. Nicht der Waldanteil in einer Region, sondern dessen räumliche Lage und die angrenzende Landnutzung sind die entscheidenden Faktoren.

Es gibt eine Reihe von Ansätzen, die auf Basis der Regionshofergebnisse eine exakte räumliche Verteilung generieren (Krimly et al. 2004). Solche Ansätze berücksichtigen dann naturräumliche Eigenschaften. Kritisch ist dabei zu sehen, dass diese nur bei der Verteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden und nicht direkt bei der Berechnung der Landnutzungsverteilung.

Im Folgenden wird das Modell ProLand vorgestellt, das bei der Berechnung der Landnutzung die natürlichen Standortbedingungen kleinräumig bei der Modellberechnung berücksichtigt.

3 Das Modell ProLand

Das komparativ-statische Simulationsmodell ProLand wurde im Projektbereich A1 (Leitung Prof. F. Kuhlmann) des Sonderforschungsbereiches 299 an der Justus-Liebig Universität in Giessen entwickelt und wird dort in einem Modellverbund zur multifunktionalen Bewertung von Landschaften eingesetzt (Möller et al. 2002).

Zentrale Hypothese im Modell ProLand ist, dass die Landnutzer Nutzenmaximierer sind und deshalb unter allen Alternativen die auswählen, die ihnen den höchsten Nutzen verspricht. Der Nutzen einer Aktivität wird dabei durch die Bodenrente (vgl. Gleichung 1) ausgedrückt, d. h. die Landnutzer streben nach der Maximierung der Bodenrente.

$$(1) BR_{ji} = L_{ji} - K_{ji} = y_{ji} \cdot py_{ji} + paz_j - \left(\sum_{g=1}^k ae_{jg} \cdot pe_g \right) \cdot y_{ji} + \sum_{h=1}^v af_{jih} \cdot pf_h$$

mit

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

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

K_{ji} = Kosten 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 Produktmengenheiten je Flächeneinheit,

py_j = Preis des Ertrages der Landnutzungsaktivität j, gemessen in Geld einheiten je Produktmengenheit,

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

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

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

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

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

Die Bodenrente einer Landnutzungsaktivität auf einem Flächenelement entspricht der Differenz aus Leistung und Kosten. Die Leistung L_{ji} wird maßgeblich durch den maximal

realisierbaren Naturalertrag y_{ji} der Landnutzungsaktivität auf einem Flächenelement bestimmt. Grundlage der Schätzung dieses Ertrages sind die für den Landnutzer nicht kontrollierbaren Faktoren Temperatursumme und pflanzenverfügbares Wasser. Der Ertrag wird auf Basis der Liebigfunktion nach Maßgabe der Gleichung 2 im Modell berechnet (Weinmann 2002).

$$(2) y_{ji} = \min[w_j (W_{\text{verf},i} - W_{\text{min},j}); t_j (T_{\text{sum},i} - T_{\text{min},j}); G_{\text{pot},j}]$$

mit

w_j = Produktionskoeffizient der Landnutzungsaktivität j für Wasser in dt/mm,

$W_{\text{verf},i}$ = Menge an pflanzenverfügbarem Wasser in mm auf dem Flächenelement i,

$W_{\text{min},j}$ = Mindestbedarf der Landnutzungsaktivität j an pflanzenverfügbarem Wasser in mm,

t_j = Produktionskoeffizient der Landnutzungsaktivität j für Temperatursumme in dt/°C,

$T_{\text{sum},i}$ = Höhe der Temperatursumme in °C auf dem Flächenelement i

$T_{\text{min},j}$ = Mindesthöhe der Temperatursumme für die Landnutzungsaktivität j in °C,

$G_{\text{pot},j}$ = genetisches Potenzial der Landnutzungsaktivität j in dt/ha.

Für beide nicht kontrollierbaren Faktoren Temperatursumme und pflanzenverfügbares Wasser wird ein Mindestwert, der hier durch $T_{\text{min},j}$ und $W_{\text{min},j}$ gegeben ist, benötigt. In Abhängigkeit der Steigungsmaße w_j bzw. t_j findet eine lineare Ertragssteigerung über diese Mindestwerte hinaus statt, die durch das Genpotenzial $G_{\text{pot},j}$ der Pflanze j nach oben begrenzt wird. Bei gegebenen Werten $T_{\text{sum},i}$ und $W_{\text{verf},i}$ auf einem Flächenelement i ergibt sich jeweils ein Ertrag aufgrund der Temperatursumme und des pflanzenverfügbaren Wassers. Der kleineren der beiden Werte bestimmt nach Gleichung 2 den Ertrag. Dieser Ertrag wird mit dem Marktpreis bzw. Veredlungswert py_j multipliziert. Zusammen mit Prämienzahlungen paz_j wird so im Modell die Leistung für eine Landnutzungsaktivität bestimmt.

Bei der Berechnung der Kosten K_{ji} wird unterstellt, dass der Landnutzer die übrigen kontrollierbaren Produktionsfaktoren so einsetzt, dass der realisierbare Maximalertrag erreicht wird. Bei der Kostenberechnung wird im Modell zwischen ertragsniveauabhängigen und flächengebundenen Kosten unterschieden. Vom Ertragsniveau abhängig ist dabei der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und Dünger. Die übrigen Faktoren wie Maschinen, Arbeit, Kapital und Saatgut werden im Modell mit ihrem ertragsniveauabhängigen und flächengebundenen Bestandteilen berücksichtigt. Grundlage der Berechnung sind dabei Standardproduktionsverfahren, die für einen Referenzstandort mit mittlerer Bodenart, 0% Hangneigung und einer Schlaggröße von einem Hektar modellextern auf Basis von KTBL-Daten (KTBL 2001) definiert werden. Im Modell ProLand sind funktionale Zusammenhänge zwischen den natürlichen Standortbedingungen (Bodenart und Hangneigung) und der Schlaggröße integriert. Mit Hilfe dieser Funktionen werden die Kosten an die natürlichen Standortbedingungen eines Standortes angepasst.

Grundlage für die Prognose der Landnutzungsverteilung in einer Region sind Karten, die für jedes Flächenelement die natürlichen Standortbedingungen beschreiben. Das Modell ProLand berechnet die Landnutzung für jedes Flächenelement einzeln, d. h. auf einem Element werden alle vordefinierten Landnutzungsaktivitäten, zu denen neben unterschiedlichen Ackerbaufruchtfolgen und Grünland mit entsprechenden Veredlungsverfahren auch forstliche Produktionsverfahren zählen, über die Bodenrente bewertet. Das Verfahren mit der höchsten Bodenrente wird dem Flächenelement als „optimale“ Nutzung zugewiesen.

Das im Modell ProLand verwendete Prinzip der Maximierung der Bodenrente auf einer Entscheidungseinheit unterscheidet sich grundlegend von der Vorgehensweise der zuvor besprochenen Regionshofmodelle. In dem Modell ProLand wird nur die Nutzfläche des betrachteten Wirtschaftsraums als begrenzt verfügbare Kapazität berücksichtigt. Für alle anderen Potenzialfaktoren werden vollkommene Märkte unterstellt (vgl. Diskussion in Kuhlmann et al. 2002). Bei der Berechnung der Bodenrente werden die Produktionsfaktoren Arbeit, Maschinen und Kapital als beliebig teilbar und ungegrenzt verfügbar angesehen (vgl. Diskussion in Möller et al. 1999).

Die zur Berechnung zugrunde gelegten Preise werden modellexogen vorgegeben und werden bei einer Simulation als raum- und zeitinvariant angenommen.

4 Anforderungen an die Input-Daten

Die für das Modell ProLand notwendigen Input-Daten können in zwei größere Gruppen eingeteilt werden. Der erste Bereich umfasst die Informationen, die zur Beschreibung der einzelnen Produktionsverfahren entsprechend der Gleichung 1 mit ihren kostenbestimmenden Faktoren notwendig sind. Im Modell sind bereits Produktionsverfahren und Marktpreise für mehrere Jahre hinterlegt. Die einzelnen Verfahren wurden auf Grundlage der Planungsunterlagen des KTBL (KTBL 2001) definiert und mit den Planungsprogrammen AVORWin (KTBL 1999) und MAKOST (KTBL 1998) aufbereitet. Die Marktpreise wurden aus den statistischen Jahrbüchern des Statistischen Bundesamtes entnommen.

Die zweite Gruppe der Input-Daten umfasst die natürlichen Standortbedingungen. Diese umfassen räumlich explizite Aussagen über die Temperatursumme, den Niederschlag, die nutzbare Feldkapazität, die Bodenart und die Hangneigung. Die räumliche Auflösung muss dabei keinen bestimmten Wert erreichen, da das Modell mit jeder beliebigen Auflösung rechnen kann.

Um die Fragestellung zu beantworten, welche Anforderungen sich aus Sicht der räumlich expliziten Landnutzungsmodellierung mit dem Modell ProLand an die Inputdaten ergeben, wird im Folgenden zunächst anhand einer Sensitivitätsanalyse aufgezeigt, welche Parameter generell die Modellaussage am stärksten beeinflussen. Danach wird auf die Wirkung der natürlichen Standortbedingungen eingegangen und daraus abgeleitet, welche Anforderungen sich an die Qualität dieser Daten ergeben.

4.1 Sensitivitätsanalyse

Mit dem Modell ProLand wurden eine Reihe von Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um den Einfluss einzelner Parameter auf die Modellergebnisse zu quantifizieren (Weinmann 2002). Grundlage der Berechnung ist dabei das gesamte Untersuchungsgebiet des Sonderforschungsbereiches 299 (Lahn – Dill Bergland in Hessen, 1100 km²). Dazu wurde ein Ausgangsszenario definiert, welches die Ist-Situation nach einer Satellitenbilddauswertung abbildet (Nöhles 2000). Aufbauend auf diesem Szenario wurden die Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

Bei den Modellparametern wurde eine Gruppierung in Anlehnung an Gleichung 1 vorgenommen. Dabei wurden stellvertretend für die Leistung die Parameter Ertrag und Prämienzahlungen ausgewählt. Bei den Kosten wurden die Größen Nutzungskosten der Arbeit, Arbeitszeitbedarf und Maschinenkosten berücksichtigt. Die Parameter Kosten für Nährstoffe, Pflanzenschutz und Kapitalbedarf wurde in dieser Analyse nicht berücksichtigt, da sie in zuvor bereits durchgeführten Sensitivitätsanalysen einen geringen Einfluss auf die Prognose der Landnutzung gezeigt haben.

Die ausgewählten Modellparameter wurde in einem Bereich von +/- 15% von ihrem Ausgangswert zufällig variiert und die jeweils daraus resultierende Landnutzung berechnet. Es wurde für jede prognostizierte Nutzungsform eine Kombination der veränderten Parameter gesucht, die bei der entsprechenden linearen Regressionsgleichung mindestens ein R² über 0,5 liefert. Dazu wurde jede mögliche Kombination der veränderten Größen gebildet, die lineare Regressionsgleichung errechnet und, für den Fall eines R² über 0,5, die in der Regressionsgleichung berücksichtigten Parameter festgestellt.

Tabelle 1: Häufigkeit der ausgewählten Parameter, die ein R² über 0,5 erreichen

Parameter	Häufigkeit der ausgewählten Parameter, die ein R ² über 0,5 erreichen					
	Wald	Grünland Intensiv	Grünland Extensiv	Ackerbau	Brauche	Summe
Nutzungskosten der Arbeit	12	11	10	9	11	53
Prämien	6	9	9	10	10	46
Arbeitszeitbedarf	8	10	9	7	10	42
Ertrag	6	8	8	7	11	40
Maschinenkosten	8	7	7	6	10	38

In der Tabelle 1 sind dazu für die einzelnen Nutzungsformen die Anzahl der ausgewählten Parameter angegeben. Für die Beschreibung der Waldfläche zum Beispiel wurden unter anderem zwölfmal die Nutzungskosten der Arbeit und achtmal der Arbeitszeitbedarf ausgewählt. Ein entsprechendes Ranking ist über die Bildung der Summe in der letzten Spalte

dargestellt. Als sensible Parameter sind die Nutzungskosten der Arbeit und die Prämienzahlungen einzustufen.

Der Einfluss der natürlichen Standortbedingungen wurde im Rahmen weiterer Sensitivitätsanalyse geringer eingestuft, als die in der Tabelle 1 dargestellten Parameter. Dabei werden die Größen Temperatursumme, Jahresniederschlag und nutzbare Feldkapazität im Modell für die Berechnung des potenziellen Naturalertrages herangezogen. Die Temperatursumme hat dabei den geringsten Einfluss auf das Modellergebnis, da in den meisten Fällen das verfügbare Wasser den limitierenden Faktor darstellt. Vergleichbar mit dem Einfluss des Ertrages sind auch die Marktpreise, da beide Größen im Modell multiplikativ verknüpft sind.

Die Faktoren Hangneigung und Bodenart beeinflussen die Produktionskosten und wirken sich somit auf den Arbeitszeitbedarf und die Maschinenkosten aus. Deren Einfluss ist aber im Vergleich zu dem gesamten Arbeitszeitbedarf und dem gesamten Maschinenkosten gering.

Bei der Bewertung der Ergebnisse muss auch berücksichtigt werden, mit welcher Güte einzelne Parameter für das Modell bestimmt werden können. Die Prämienzahlungen zeigen sich in bei diesen Berechnung als ein sehr einflussreicher Parameter. Im Gegenzug kann die Prämienhöhe aber exakt bestimmt werden, da entsprechende Verordnungen deren Höhe exakt festlegen.

Als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse kann festgehalten werden, dass die Nutzungskosten der Arbeit den stärksten Einfluss auf die Prognose der Landnutzung im Modell ProLand ausüben. Bei der Abbildung der Produktionsverfahren im Modell werden zudem möglichst exakte Informationen über den Arbeitszeitbedarf, die Maschinenkosten und die Faktoren zur Ertragspotenzialschätzung benötigt.

4.2 Einfluss der zeitlichen Varianz auf die Landnutzung

Um den Einfluss der zeitlichen Varianz der Parameter zu verdeutlichen, wurde mit dem Modell ProLand eine Zeitreihe simuliert. Die Grundlage bilden dabei die Marktpreise aus den statistischen Jahrbüchern des Statistischen Bundesamtes und die entsprechenden Prämienzahlungen für die einzelnen Jahre. Es wurde dann für jedes Jahr ein Szenario mit den entsprechenden Werten definiert und mit dem Modell ProLand berechnet. Die folgende Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Flächenanteile für die Jahre 1984 bis 1996. Das Modell ProLand reagiert auf die unterschiedlichen Bedingungen in den einzelnen Jahren mit einer starken Veränderung in der Landnutzung. Dabei muss berücksichtigt werden, dass das Modell ProLand einen komparativ-statischen Ansatz verwendet und so den Endzustand, der sich langfristig unter den Bedingungen in den einzelnen Jahren einstellen wird, abbildet. Allein der Waldanteil, der hier zwischen 15% und 90% schwankt, kann sich in der Realität nicht so schnell verändern.

Diese Berechnung verdeutlicht aber sehr drastisch, welchen Einfluss die zeitliche Varianz auf das Modellergebnis hat.

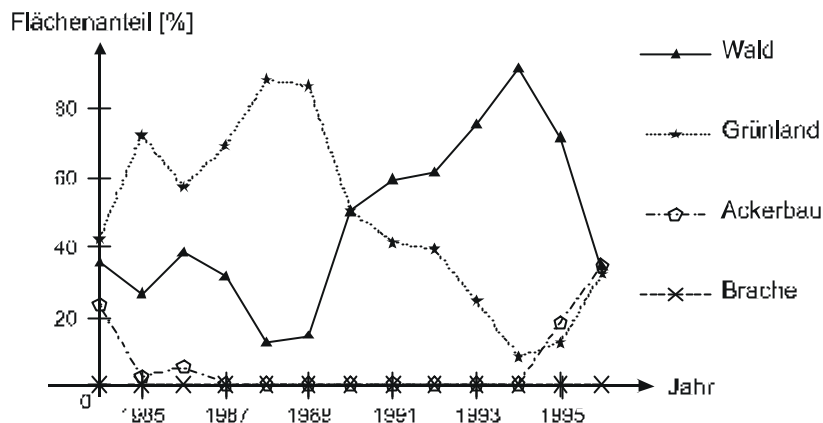


Abbildung 1: Flächenanteile bei Simulation von Einzeljahren (1984-1996)

Eine gleiche Reaktion kann auch bei den natürlichen Standortbedingungen erwartet werden, da der Ertrag mit den Preisen (vgl. Gleichung 1) multiplikativ verknüpft ist. Werden also anstelle der Marktpreise Zeitreihen der Klimaparameter Temperatursumme und Niederschlag verwendet, so würde das Modell auf die einzelnen Jahre ebenfalls mit einer deutlichen Veränderung in der Landnutzung reagieren. Im Gegenzug kann aber die zeitliche Varianz der natürlichen Standortbedingungen nahezu exakt bestimmt werden. Insbesondere langjährige Klimaaufzeichnungen stellen hierfür eine geeignete Grundlage dar. Es verbleibt vielmehr die Auswahl des Betrachtungszeitraumes bzw. eines entsprechenden Jahres. Dies sollte mit großer Sorgfalt erfolgen, da je nach Wahl die Aussagen erheblich differieren können.

4.3 Der Einfluss der räumlichen Varianz der Parameter

Neben der zeitlichen Varianz unterliegen die natürlichen Standortbedingungen auch einer räumlichen Varianz. Diese räumliche Varianz wird im SFB 299 über die Datengrundlage in Form von Rasterkarten mit einer räumlichen Auflösung von 625 m² wiedergegeben. Für die folgenden Berechnungen wird das Aartal, als ein Teilgebiet des Untersuchungsgebietes des SFB 299 (Möller et al. 2002), ausgewählt.

Um den Einfluss dieser räumlichen Auflösung auf die Ergebnisse von ProLand zu zeigen, werden ausgehend von der Auflösung 625 m² neue Rasterkarten mit einer veränderten räumlichen Auflösung erzeugt. In einem ersten Schritt werden jeweils 4 Rasterpunkte zu einem neuen Rasterelement mit 2500 m² zusammengefasst. Der Wert des Rasterelements wird aus mit dem Mittelwert der eingeschlossenen Elemente berechnet. Nach dem gleichen Prinzip werden dann 3², 4², 5², usw. Rasterelemente zusammengefasst. Für jede neue räumliche Auflösung wird mit dem Modell ProLand die Landnutzung berechnet. Die Abbildung 2 zeigt die Entwicklung der Flächenanteile der Nutzungsformen Wald, Grünland und Ackerbau in Abhängigkeit dieser aggregierten Rasterelemente. Generell kann bei zunehmender Aggregation der Rasterelemente eine deutliche Abweichung von der Ausgangssituation festgestellt werden. Diese Ausgangssituation ergibt sich in der Abbildung 2 als Startpunkt der einzelnen Flächenanteile (Wert eins auf der Abszisse).

Wird bei den Modellergebnissen eine Abweichung bei den Flächenanteilen bis zu 10 % akzeptiert, so kann in diesem

Fall auch eine räumliche Auflösung der natürlichen Standortbedingungen mit ca. 5600 m² verwendet werden.

Neben den Flächenanteilen verändert sich auch die Abbildungsgüte. Dazu wird jede Aggregationsstufe mit der Ausgangskarte rasterpunktweise verglichen. Alle Flächen, die die gleiche Landnutzung zeigen, werden in Relation zur Gesamtzahl der Rasterpunkte der Ausgangskarte gesetzt, und

5 Zusammenfassung

Das Landnutzungsmodell ProLand ist ein bioökonomisches Simulationsmodell zur räumlich expliziten Prognose der Landnutzung. Dieses Modell berechnet die Landnutzung im Gegensatz zu den klassischen Regionshofansätzen in Abhängigkeit der natürlichen Standortbedingungen. Diese werden bei der Ertragspotenzialschätzung einzelner Kulturpflanzen sowie bei der Berechnung der Produktionskosten berücksichtigt. Zur Zeit arbeitet das Modell auf Basis von Rasterkarten mit einer räumlichen Auflösung von 625 m². Die räumliche Auflösung kann aber beliebig verändert werden. Entsprechend der gewählten Bezugsgröße müssen für die natürlichen Standortbedingungen flächenhaft Karten vorliegen. Diese Standortfaktoren unterliegen in aller Regel einer zeitlichen und räumlichen Varianz. Insbesondere die Niederschläge und die Temperatursumme weisen im Zeitverlauf erhebliche Schwankungen auf. Für die Modellanwendung stellt sich dabei das Problem eine geeignete Zeitbasis auszuwählen, da je nach Wahl der Ausgangswerte ein solches Modell zu anderen Ergebnissen kommen kann. Eine vergleichbare Wirkung üben auch die Marktpreise aus, die ebenfalls einer zeitlichen Varianz unterliegen.

Die räumliche Varianz der Standortbedingungen wirkt sich sehr unterschiedlich auf die Modellaussagen aus. Während die Faktoren Temperatursumme, Bodenart und Hangneigung auf die Vorhersage der Landnutzung einen geringen Einfluss ausüben, wirken sich der Niederschlag und die nutzbare Feldkapazität sehr deutlich auf die Prognose aus. Es ist daher für die Modellaussage wichtig, räumlich möglichst exakte Aussagen über die nutzbare Feldkapazität zu verwenden.

Das Modellergebnis wird neben den natürlichen Standortbedingungen stark durch die Nutzungskosten der Arbeit beeinflusst. Zusammen mit dem Arbeitszeitbedarf und den Maschinenkosten stellen diese Parameter sensible Faktoren für das Modellergebnis dar.

6 Literatur

- BOCKSTAEL, N. E. (1996): Modelling Economics and Ecology: The Importance of a spatial perspective. *American Journal of Agricultural Economics*, 78/1996. S. 1168-1180.
- BOGUSLAWSKI, E. von (1981): Ackerbau: Grundlagen der Pflanzenproduktion. DLG-Verlag Frankfurt (Main).
- Council of Europe (2000): The European Landscape Convention. Strasbourg.
- DABBERT, S., HERRMANN, S., KAULE, G., SOMMER, M. (Hrsg.) (1999): Landschaftsmodellierung für die Umwelplanung, Methodik, Anwendung und Übertragbarkeit am Beispiel von Agrarlandschaften, Berlin.
- European Commission (1999): Contribution of the European Community on the Multifunctional Character on Agriculture. Info-Paper 1999, Bruxelles.

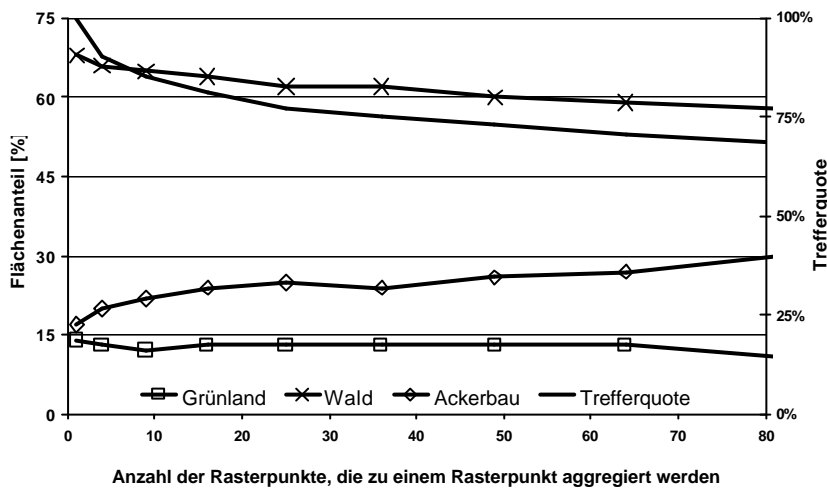


Abbildung 1: Flächenanteile der Landnutzungsform Ackerbau, Grünland und Wald und Trefferquote in Abhängigkeit des Aggregationsgrades

in Form einer Trefferquote in der Abbildung 2 dargestellt. Werden 10 Rasterpunkte zu einem neuen Rasterpunkt zusammengefasst, so stimmt auf fast 90% der Fläche die Landnutzung noch überein. Eine Vergrößerung auf 80 Rasterelemente führt zu einem Fehler von knapp über 30%. Werden die Rasterpunkte darüber hinaus zu größeren Einheiten zusammengefasst, so liegt die Trefferquote in der Regel über 50%. Bei mehr als 20.000 Rasterpunkten nimmt diese Quote deutlich ab und geht bis auf rund 30% zurück.

Um den Einfluss der räumlichen Varianz der natürlichen Standortbedingungen weiter zu verdeutlichen, wird nur für einen Parameter die räumliche Auflösung variiert. Für alle übrigen Parameter wird die feinste räumliche Auflösung mit 625 m² beibehalten.

Dies wurde für die Parameter Temperatursumme, Jahresniederschlag, Bodenart und nutzbare Feldkapazität untersucht. Während die räumliche Aggregation der ersten drei Parameter einen sehr geringen Einfluss auf die Prognose mit dem Modell ProLand ausübt, zeigt die nutzbare Feldkapazität mit Abstand den stärksten Einfluss. Werden hier die Rasterpunkte zu größeren Elementen zusammengefasst, so weicht die Prognose selbst bei einer geringen Aggregation schon erheblich von der Ausgangslösung ab. Die nutzbare Feldkapazität beeinflusst entscheidend den Ertrag. Diese Größe wird im Modell ProLand zusammen mit dem Jahresniederschlag zu dem pflanzenverfügbaren Wasser verrechnet. Da die nutzbare Feldkapazität räumlich stark variiert, wirkt sich hier eine Veränderung der Auflösung am deutlichsten aus.

- HEIßENHUBER, A., LIPPERT, C. (2000): „Multifunktionalität“ der Landwirtschaft versus Wettbewerbsverzerrungen. *Agrarwirtschaft* 49 (2000), 7, S. 249-252.
- HENRICHSMEYER, W. (1988): Agrarwirtschaft: räumliche Verteilung. In: *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaften (HdWW)*, UTB, S. 169-185.
- HENRICHSMEYER, W. (1994): Räumliche Verteilung der Agrarproduktion. *Agrarwirtschaft* 43 (4/5), S. 183-191.
- HEYLAND, K.-U. (1991): Integrierte Pflanzenproduktion: System und Organisation. Stuttgart: Ulmer.
- KÄCHELE, H. (1999): Auswirkungen großflächiger Naturschutzprojekte auf die Landwirtschaft, Ökonomische Bewertung der einzelbetrieblichen Konsequenzen am Beispiel des Nationalparks „Unteres Odertal“, *Agrarwirtschaft*, SH 163, Frankfurt.
- KRIMLY, T., WINTER, T., DABBERT, S. (2004): Agrarökonomische Modellierung der Landnutzung im Einzugsgebiet der Oberen Donau zur Integration in das interdisziplinäre Entscheidungsunterstützungssystem DANUBIA. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.*, Band 39, 2004, S. 191-199.
- KTBL (1998): MAKOST für Windows Maschinenkostenkalkulation. PC-Programm KTBL, Darmstadt.
- KTBL (1999): AVORWin Kapazitätsplanung in der Außenwirtschaft. PC-Programm KTBL, Darmstadt.
- KTBL (2001): Datensammlung Betriebsplanung Landwirtschaft 2001/2002. KTBL Darmstadt, 17. Aufl.
- KUHLMANN, F., MÖLLER, D., WEINMANN, B. (2002): Modellierung der Landnutzung: Regionshöfe oder Raster-Landschaft? *Berichte über Landwirtschaft: Zeitschr. für Agrarpolitik u. Landwirtschaft*. Bd. 80 (2002), 3, S. 351-392.
- MAIER, G., TÖDTLING, F. (2001): Regional- und Stadtökonomik 1. Standorttheorie und Raumstruktur. Dritte, aktualisierte Auflage, *Springers Kurzlehrbücher der Wirtschaftswissenschaften*.
- MÖLLER, D., Weinmann, B., Kirschner, M. und Kuhlmann, F. (1999): GIS-basierte Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus 'Agrarwirtschaft auf dem Weg in die Informationsgesellschaft'*, Band 35, S. 183-190.
- MÖLLER, D., FOHRER, N., STEINER, N. (2002): Quantifizierung regionaler Multifunktionalität land- und forstwirtschaftlicher Nutzungssysteme. *Berichte über Landwirtschaft: Zeitschr. für Agrarpolitik u. Landwirtschaft*. Bd. 80 (2002), 3, S. 393-418.
- 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.
- WEINGARTEN, P. (1995): Das regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland (RAUMIS), *Berichte über Landwirtschaft: Zeitschr. für Agrarpolitik u. Landwirtschaft*. 73, S. 272-302.
- WEINMANN, B. (2002): Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungsprogramme. *Agrarwirtschaft: Sonderheft* 174, *AgriMedia*, 2002, Zugl.: Giessen, Univ., Diss.

Kurzfassung

In der aktuellen agrarpolitischen Diskussion wird verstärkt der multifunktionale Charakter der Landnutzung berücksichtigt. Dies stellt auch die Modelle zur Simulation der Landnutzung vor neue Herausforderungen, da der räumlichen Komponente bei einer solchen Betrachtungsweise ein besonderer Stellenwert zukommt. Entscheidend sind nicht die Flächenanteile einzelner Nutzungen, sondern vielmehr deren exakte räumliche Verteilung und die angrenzende Landnutzung.

In diesem Beitrag wird dem klassischen Regionshofansatz der Landnutzungsmodelle der neue Ansatz des räumlich expliziten Landnutzungsmodells ProLand gegenüber gestellt. Darauf aufbauend wird aufgezeigt, welche Anforderungen sich an die räumliche und zeitliche Auflösung der Inputdaten für das Modell ProLand ergeben. Insbesondere die räumliche Varianz der nutzbaren Feldkapazität zeigt einen starken Einfluss auf die prognostizierte Landnutzungsverteilung. Die Modellparameter Nutzungskosten der Arbeit, Arbeitszeitbedarf und Maschinenkosten sind für das Modellergebnis sensible Faktoren.

Stichworte: Landnutzungsmodellierung, ProLand, räumlich explizite Prognose

Summary

The current political discussion takes the multifunctionality of landscape more and more into account. Therefore land use models are challenged to deliver spatially explicit results. Not the share of different land use systems is important, but their spatial distribution, size, shape and the surrounding land use.

This paper compares the classical approach of land use models with the new method integrated in the model ProLand. The required spatial and temporal input data resolution is elaborated.

Especially the forecasted land use distribution is strongly affected by the spatial variance of the usable field capacity. The model parameters opportunity costs of labour, labour requirement and machinery costs are classified as sensitive factors.

Keywords: Land use modelling, ProLand, spatial explicit land use prognosis

Autor

Dr. Bernd Weinmann

Institut für Betriebsl der Agrar- und Ernährungswirtschaft
Justus-Liebig Universität Giessen
Senckenbergstrasse 3
35390 Giessen
Fon: +49 (0)641/99-37243, Fax: +49 (0)641/99-37249
Email: bernd.weinmann@agrar.uni-giessen.de