

Die Aggregation von naturbeschreibenden und ökonomischen Daten auf Regionsebene - Probleme und Lösungsvorschläge

Regional aggregation of physical and economic data - Problems and approaches

Erwin SCHMID, Franz SINABELL und Michael EDER

Kurzfassung

Über Agrarumweltprogramme werden Bewirtschaftungsmaßnahmen gefördert, um Umwelt- und Einkommensziele zu erreichen. Um die Zielerreichung in einem konsistenten Ansatz zu analysieren, ist die systematische Aufbereitung von ökonomischen und naturbeschreibenden Daten in einem Rahmen nötig, der Wechselwirkungen auf verschiedenen Aggregationsebenen abbildet. Praktische Probleme im Umgang mit einem heterogenen Datenpool werden aufgezeigt und Lösungsvorschläge, die eine konsistente Analyse und Evaluierung von Agrarumweltmaßnahmen ermöglichen, werden entwickelt.

Schlagnworte: Aggregation, Datenanalyse, Agrar-Umweltprogramme

Abstract

Agri-environmental programmes offer various management measures to attain multiple goals that are usually evaluated with selected indicators. To consistently analyse effects of management measures requires substantial economic and physical data, reliable processing methods, and a model framework which allows interactions at different scales. This paper describes some practical problems that are involved in processing a heterogeneous data pool and provides

solutions that allow consistent analysis, evaluation and design of agri-environmental programmes.

Keywords: aggregation, data analysis, agri-environmental programme

1. Einleitung und Problemstellung

Das österreichische Agrarumweltprogramm ÖPUL offeriert Landwirten Prämien, um die Anwendung von umweltschonenden Maßnahmen in der Bewirtschaftungspraxis zu stimulieren. Dabei können die Landwirte über ein Menü von Maßnahmen einzelne Flächen oder den gesamten Betrieb in das Programm einbringen.

Die Messung der ökonomischen und umweltbezogenen Effekte dieser Maßnahmen ist schwierig und oft kostenintensiv. Häufig muss ein Effektbündel in Kombination mit diffusen Emissionen aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung untersucht werden. Zudem sind umfassende Aussagen über die Effekte meist nur auf höherer Aggregationsebene (z.B. Wassereinzugsgebiet) möglich. Die standörtlichen Voraussetzungen und die betrieblichen Ausstattungen innerhalb solcher Einheiten können sehr vielfältig sein.

Ein praktikabler Weg, um ökonomische Auswirkungen und Umwelteffekte simultan abzuschätzen, besteht darin, Modellberechnungen durchzuführen. Dazu ist ein Modellrahmen notwendig, der es erlaubt, ökonomische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge konsistent und integrativ zu analysieren. Dieser Ansatz stellt jedoch hohe Ansprüche an die Datengrundlage, die Analyseverfahren und die verwendeten Modelle.

Die vorliegende Arbeit beschreibt die praktische Umsetzung eines solchen Zugangs. Das Ziel der Untersuchung lag darin, zu bestimmen, in welchem Umfang Programmziele (die Verbesserung der Umweltqualität und des landwirtschaftlichen Einkommens) erreicht wurden. Da sich mit der Einführung des Programms zahlreiche andere Faktoren änderten, musste eine Situation simuliert werden, die den Zustand ohne Programm beschrieb. Der Vergleich der hypothetischen Situation mit der tatsächlichen erlaubt die Programmevaluierung. Gegenstand des vorliegenden Beitrages ist es, den dazu nötigen Prozess der Datengewinnung und -aggregation zu beschreiben.

Ein grundlegendes Problem von heterogenen Datenpools, wie sie in Evaluierungsvorhaben verwendet werden, ist die unterschiedliche

Abgrenzung in räumlicher (Parzellen-, Betriebs-, Gemeinde- und Regionsebene) und zeitlicher (von Tages- bis hin zu mehrjährigen Beobachtungen) Hinsicht. Zudem müssen unterschiedliche Erhebungsverfahren und -zeitpunkte berücksichtigt werden.

Mithilfe der Clusteranalyse können anhand klimatischer, topographischer, und bodenphysikalischer Kriterien homogene, hydrologische Wirkungseinheiten (homogeneous Hydrologic Response Units, HRU) abgegrenzt werden. Für die Clusterbildung sollten Kriterien gewählt werden, die sich im Zeitablauf nicht bzw. nur langsam ändern (z.B. Bodentextur, Bodentiefe, Hangneigung). Zudem soll die Abgrenzung zielorientiert sein. Wenn z.B. die Nitratauswaschung oder der Kohlenstoffhaushalt untersucht werden, müssen die Parameter, die diese Größen beeinflussen, erfasst werden.

In homogenen HRU müssen konkrete Kombinationen von Wetter, Boden, Topographie und Bewirtschaftung identifiziert werden. Folglich können mit einer entsprechenden Anzahl von HRUs heterogene Landschaften und Landnutzungen sowie Landnutzungsmöglichkeiten abgebildet werden. Die Stoffflüsse in diesen HRUs können schließlich mit einem biophysikalischen Prozessmodell (z.B. Environmental Policy Integrated Climate; EPIC) simuliert werden. Die physischen Wirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungspraktiken werden dabei anhand ausgewählter Indikatoren (Pflanzenenertrag, Stickstoffauswaschung, Sedimenttransport, etc.) messbar.

Zur simultanen Analyse von Umweltauswirkungen und ökonomischen Konsequenzen muss eine Schnittstelle definiert werden. Diese verknüpft das Stofftransportmodell mit einem ökonomischen Verhaltensmodell über Indikatoren, welche aktivitätsbezogen (Anbau von einem Hektar Winterweizen auf seichtgründigem Boden) ausgewiesen werden. Das ökonomische Modell löst primär das Problem, welche Kulturart in welchem Umfang mit welcher Vorfrucht auf welchem Boden und in welcher Intensität produziert wird. Somit können die Auswirkungen einzelner Maßnahmen der Agrar-Umweltpolitik auf die Umweltqualität (regionale Nitratbelastung) und das landwirtschaftliche Einkommen bestimmt werden.

2. Daten und Methoden

2.1 Datengrundlage

Der Datenpool setzt sich aus der digitalisierten Österreichische Bodenkarte (im Maßstab 1:25.000), lokalen Klimadaten, Auswertungen der Agrarverwaltung (INVEKOS-Daten, Agrarstrukturhebungsdaten), hydrographischen Daten und Standarddeckungsbeitragsdaten zusammen.

Von der Österreichischen Bodenkarte wurden 138 Bodenformen für die Ackerfläche in der Region Marchfeld übernommen, deren Bodenprofilinformationen zur Ermittlung ausgewählter Bodenparameter (z.B. nutzbare Feldkapazität, Bodendichte) herangezogen wurden. Die bodenphysikalischen Parameter gingen in eine Clusteranalyse ein, um homogene HRU abzugrenzen. Dieselben Parameter wurden im Modell EPIC verwendet, um Stoffflüsse zu simulieren. Die Bodenprofilinformationen stammen aus den der Bodenkarte beiliegenden Erläuterungsblättern und sind somit mehrere Jahrzehnte alt. Manche Parameter (z.B. Humusgehalt) geben daher wahrscheinlich die tatsächlichen Bedingungen des Untersuchungszeitraums (1995 bis 1998) nicht genau wieder.

Lokale Tagesklimadaten stammen von der Wetterstation in Oberiebenbrunn für die Jahre 1989 bis 1998. Zur Modellierung wurden Temperaturminima und -maxima, globale Einstrahlung, Niederschlag, Windgeschwindigkeit und relative Feuchte verwendet.

Im INVEKOS-Datensatz von 1998 befinden sich 1.870 landwirtschaftliche Betriebe, die ihren Betriebsstandort im Marchfeld haben und über Ackerfläche verfügen. Dieser betriebsspezifische Datensatz liefert mit Hilfe der Clusteranalyse Informationen über die Anzahl der wichtigsten Kulturarten, die Kulturartenverteilungen und die Programmteilnahme ausgewählter ÖPUL-Maßnahmen (z.B. Fruchtfolge-stabilisierung, extensiven Getreidebau, biologische Bewirtschaftung). Daraus können repräsentative Fruchtfolgematrizen sowie mehrere alternative und kulturartenspezifische Bewirtschaftungspraktiken abgeleitet werden. Diese gehen in das biophysikalische Simulationsmodells und das ökonomische Verhaltensmodell ein.

Die Agrarstrukturhebungen aus den Jahren 1990 und 1995 liefern zwei zusätzlich beobachtete Kulturartenverteilungen in der Region.

Diese Information ist vor allem bei der Aggregation der Simulationsergebnisse im Rahmen der Politikszenarioszenarioanalyse von Bedeutung. Die hydrographischen Daten beziehen sich auf 88 Messstellen des Porengrundwassergebietes Marchfeld. Sie umfassen 29 Quartals-erhebungen im Zeitraum 1992 bis 1999 für die Parameter Nitrat, Sauerstoff, Ammonium, Mangan und Eisen. Die regionale Auswertung der Daten dient vor allem zur Validierung der Modellergebnisse. Die kulturarten- und managementspezifischen Deckungsbeiträge wurden mit Hilfe des Standarddeckungsbeitragskatalogs und auf Basis einer Befragung von Landwirten bestimmt. Die simulierten Pflanzen-erträge bilden die Grundlage der Deckungsbeitragskalkulation. Diese ist eine Komponente der Schnittstelle zwischen biophysikalischem Simulationsmodell und ökonomischem Verhaltensmodell.

2.2 Ableitung von homogenen Wirkungseinheiten mittels Clusteranalyse

Die Clusteranalyse ist eine Methode, um einen Kompromiss zwischen dem Bedürfnis nach Detailliertheit und den zur Verfügung stehenden Ressourcen zu finden. Dabei wird der Datenpool so aufbereitet, dass ausreichende Informationen für das naturwissenschaftliche und ökonomische Modell abgeleitet werden können. In räumlicher Hinsicht wurde die Gemeinde als Abgrenzungseinheit festgelegt. Die Region Marchfeld umfasst 36 Gemeinden und zwei Wiener Bezirke, deren Ackerfläche ca. 76.000 Hektar beträgt.

Die Gruppierung der ausgewählten 138 Bodenformen erfolgt nach den Kriterien der nutzbaren Feldkapazität (nK) in mm und dem Humusgehalt in kg. Die beiden Klassifizierungskriterien sind Experten zufolge ausreichend für die Untersuchung der Stickstoffauswaschung ins Grundwasser. Eine alternative Bestimmung der repräsentativen Bodenparameter hätte darin bestanden, sämtliche Parameter aller berücksichtigten Bodenformen (ca. 30.000 Beobachtungen) einer Faktoranalyse zu unterziehen, wobei in der abschließenden Ergebnisbeurteilung wiederum Expertenwissen vonnöten ist.

Aufgrund statistischer Tests (F-Test, t-Test) können die 138 Bodenformen in fünf homogene Bodencluster eingeordnet werden, die von 1 bis 5 nummeriert wurden. In Bezug auf den Flächenanteil zeigt sich, dass der Bodencluster 1 beinahe die Hälfte der Ackerfläche in der Region repräsentiert und Bodencluster 4 nur mehr knapp 20%. Der

Anteil der Fläche von Bodencluster 3 und 5 beträgt 11% bzw. 14% und jener des Bodenclusters 2 nur mehr 8%. Für die Auswahl der fünf repräsentativen Böden standen jene Bodenformen zur Verfügung, die nahe dem Schwerpunkt der Punktwolke (mit den Dimensionen nK und Humus) im jeweiligen Cluster sind und gleichzeitig ein hohes Flächenmaß aufweisen. Auch hier wurde die endgültige Entscheidung der fünf repräsentativen Bodenformen von Experten unter Berücksichtigung der Ergebnisse anderer relevanter Studien getroffen.

Die Verschneidung der Österreichischen Bodenkarte mit einer aktuellen Regionskarte ermöglicht eine flächenmäßige Zuordnung der fünf Bodencluster auf Gemeindeebene (Abb. 1). Dies ist deshalb wichtig, da somit eine räumliche Verschneidung der Bodenformen mit den ermittelten Teilregionen vollzogen werden kann (Tab. 1).

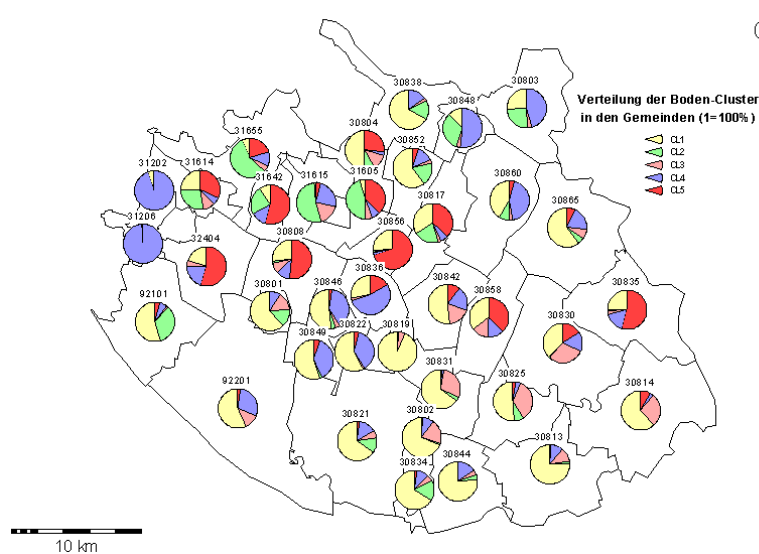


Abb. 1: Verteilung der Bodencluster in den Marchfelder Gemeinden

Die Auswahl der Kulturarten erfolgt zum einen nach deren prozentuellen Anteil an der gesamten Betriebsackerfläche und zum anderen hinsichtlich der Verfügbarkeit von Datenmaterial für die Simulationen.

Mit einer weiteren Clusteranalyse wurden Betriebe anhand von 19 Kulturarten gruppiert, die 96% der Ackerfläche der im INVEKOS registrierten Betriebe abdecken. Diese Kulturarten beinhalten die wichtigsten regionsspezifischen Getreidearten, Hackfrüchte, Eiweiß- und Ölpflanzen, Gemüsekulturen sowie Grünbrache. Aufgrund statistischer Tests sind fünf Cluster geeignet, die eine relative homogene Kulturartenverteilung (KV) aufweisen.

Die KV-Cluster 1 und 3 decken jeweils ca. 30% der Betriebe ab. Ein Fünftel der Betriebe liegt im KV-Cluster 4, ein Sechstel im KV-Cluster 5 und weniger als 5% im KV-Cluster 2. In Bezug auf die Ackerfläche weichen die KV-Cluster 3 und 4 von der erwähnten Aufteilung stärker ab. Während die Betriebe des KV-Cluster 3 eine geringere Flächenausstattung haben und dadurch nur knapp 19% der Ackerfläche repräsentieren, kommen die Betriebe des KV-Clusters 5 zusammen auf mehr als ein Viertel der Ackerfläche.

Im Zuge der Zuteilung der Betriebe auf Gemeinden wurden jene Gemeinden mit relativ homogenen Kulturartenverteilungen zu Teilregionen zusammengefasst (Tab. 1). Dabei konnte der Fehler auftreten, dass Betriebe Feldstücke in mehr als einer Gemeinde haben. Teilflächen würden somit falsch zugeordnet. Es zeigte sich aber, dass dieser Fehler weniger als ein Prozent der gesamten Ackerfläche ausmacht. Zur Teilregion 5 gehören die beiden Wiener Bezirke, für die keine gesonderten INVEKOS-Daten zur Verfügung standen. Deshalb wurde die Kulturartenverteilung für diese Teilregion der Agrarstrukturerhebung 1995 entnommen.

Tab. 1: Ergebnisse der Boden- und Kulturartenverteilungsclusteranalyse

Teil-region	Ackerfl. in ha	KV-Clusteranteil in %					Bodenclusteranteil in %				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	24.131	24,7	2,9	10,5	23,3	37,6	53,8	3,5	15,5	15,8	11,4
2	13.538	15,0	18,5	2,0	58,6	5,9	67,0	8,8	10,2	12,5	1,6
3	9.421	50,0	7,0	1,4	36,2	5,3	41,7	2,1	10,4	20,3	25,5
4	19.815	45,4	0,2	48,3	1,1	5,0	22,8	21,6	5,1	23,4	27,1
5	3.571	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,8	3,5	10,7	26,8	2,2
Σ	70.476	32,8	5,8	18,7	25,7	17,0	47,9	8,0	11,3	18,5	14,3

Quelle: eigene Berechnungen.

Biologisch wirtschaftende Betriebe wurden gesondert erfasst. Diese Betriebe wurden ebenfalls Gemeinden und somit Teilregionen zuge-

teilt. In den Teilregionen 1, 3 und 4 werden ca. 2% der Ackerfläche biologisch bewirtschaftet, in Teilregion 2 beträgt der Anteil 4%. In Teilregion 5 wird aufgrund fehlender INVEKOS-Beobachtungen angenommen, dass keine biologische Bewirtschaftung stattfindet.

2.3 Fruchtfolgen und Bewirtschaftungsverfahren

Auf Basis der fünf Cluster zur Kulturartenverteilung wurde von Experten mit den 19 Kulturarten eine 2-gliedrige Fruchtfolgematrix erstellt und zwar gesondert für die konventionelle und biologische Wirtschaftsweise. Dabei werden alle potentiellen Kombinationen von Fruchtfolgepaaren berücksichtigt, um entsprechende Anpassungen in der Fruchtfolgezusammenstellung im Rahmen der Politikszenerarien zu ermöglichen.

In weiterer Folge sind zehn unterschiedliche Bewirtschaftungspraktiken für alle Fruchtfolgepaare festgelegt worden, um zum einen die Auswirkungen von verschiedenen umweltschonenden Maßnahmen zu vergleichen und zum anderen der Vielfalt landwirtschaftlicher Produktionsverfahren Rechnung zu tragen. Dazu zählen die konventionelle und biologische Bewirtschaftung mit und ohne Strohabfuhr.

Gesondert davon wurden *maßnahmenbezogene* Bewirtschaftungsweisen definiert. Damit werden verschiedene Möglichkeiten von Zwischen- und Winterbegrünung, Düngungs- und Bewässerungsmengen sowie Ausbringungs- und Beregungshäufigkeiten berücksichtigt. Diese gewässerschonenden Bewirtschaftungsmaßnahmen orientieren sich an den Vorgaben des ÖPUL-Programms.

Die Grünbrache wird aufgrund verschiedener Ziele der Bewirtschaftungssysteme und wegen der Behandlung als eigenständiges Politikinstrument differenziert behandelt. Bei der konventionellen Bewirtschaftung und auch bei der *maßnahmenbezogenen* Bewirtschaftung besteht die Grünbrache aus Gräsern, wobei die organische Substanz am Feld eingearbeitet und im zweiten Fall vom Feld abtransportiert wird. Bei der biologischen Bewirtschaftung kommen Leguminosen zum Einsatz, deren organische Substanz am Feld verbleibt.

Die Deckungsbeitragskalkulationen für die 19 Kulturarten erfolgt mit den simulierten Erträgen und den auf die Region abgestimmten Produktpreisen, Kostenkomponenten und ÖPUL-Prämien. Die einzelnen Produktpreise, Kostenkomponenten und Prämien sind an die zehn Bewirtschaftungspraktiken (z.B. biologische vs. konventionelle Bewirt-

schaftung) angepasst. Die zusätzlichen Kosten von Maßnahmen, im Speziellem der Fruchtfolgestabilisierung (Zwischenfrucht, Winterbegrünung) können nicht direkt einer Kulturart angerechnet werden. Zur Bestimmung des erwarteten Deckungsbeitrages wird eine lineare Kombination zwischen den Deckungsbeiträgen von Hauptfrucht und Vorfrucht gebildet. Die zusätzlichen Kosten der Maßnahmen werden also der zweigliedrigen Fruchtfolge angerechnet. Diese Vorgehensweise ermöglicht, dass die Fruchtfolgestabilisierung je nach Festlegung des Fruchtfolgegliedes gar nicht, einmal oder zweimal stattfinden kann. Somit werden die ökonomischen und umweltbedingten Effekte von Bewirtschaftungsmaßnahmen nicht einzelnen Kulturarten sondern zweigliedrigen Fruchtfolgen zugeordnet.

2.4 Schnittstelle und Modellverbund

Die Verbindung von ökonomischen Verhaltensmodellen mit biophysikalischen Prozessmodellen ermöglicht eine konsistente Analyse von komplexen Wirkungszusammenhängen zwischen anreizorientierten Instrumenten, den Reaktionen betroffener Akteure und den Konsequenzen für relevante Wirtschafts-, Produktions- und Umweltindikatoren. Das Verhalten der landwirtschaftlichen Akteure wird in der Regel anhand von Betriebs-, Regions- oder Sektormodellen simuliert. Dabei werden die aus der Sicht des Betriebes optimalen Anpassungsprozesse (z.B. Anbauverhältnis, Bewirtschaftungsformen, Produktionskapazität) aufgrund bestimmter natürlicher und wirtschaftlicher Ressourcenausstattungen (z.B. Land, Arbeit) und erzielter Preise und Prämien abgebildet.

Der erstellte Modellverbund setzt sich aus dem biophysikalischen Prozessmodell EPIC und einem nicht-linearen mathematischen Programmierungsmodell zusammen (Abb. 2). Das Programmierungsmodell maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag in der Region unter Einhaltung der Ressourcenausstattung und verschiedenen Verteilungen (Boden, Kulturarten, Bewirtschaftungspraktiken und -maßnahmen).

Die mit der Clusteranalyse abgegrenzten HRUs zusammen mit den zehnjährigen Tagesklimadaten, den erstellten Fruchtfolgepaaren und den definierten Bewirtschaftungspraktiken ergeben 4.300 Kombinationen, die einzeln mit EPIC simuliert wurden. Die Simulationsergebnisse beziehen sich auf den Feldrand und sind somit nach Bodenform,

Kulturart, Vorfrucht, Bewirtschaftungsvariante und Jahr differenziert. Als Ergebnis werden Pflanzenerträge, Sickerwassermengen und Stickstoffmengen unterhalb der durchwurzelten Bodenzone in 1,2 Meter Tiefe ausgewiesen.

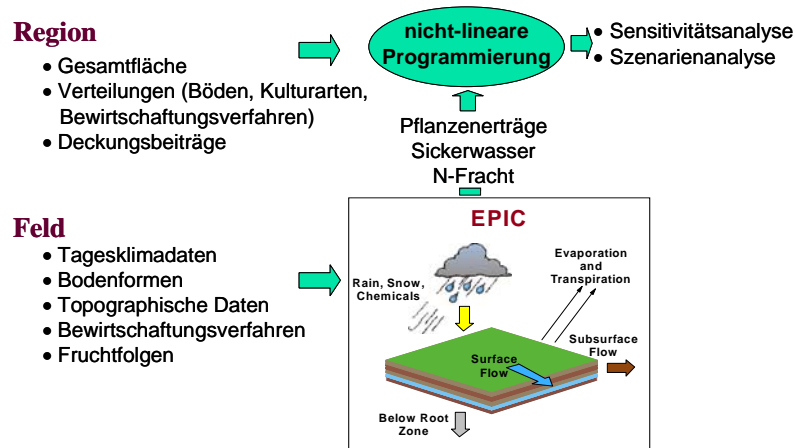


Abb. 2: Der ökonomische und biophysikalische Modellverbund

2.5 Aggregation und Bildung von konvexen Kombinationen

Im Aggregationsprozess werden die schlagbezogenen Simulationsergebnisse (Erträge, Sickerwassermengen und Stickstoffmengen unterhalb der durchwurzelten Bodenzone) gewichtet, um Aussagen über die Produzentenrente und die Stickstofffracht in der gesamten Region und in den Teilregionen treffen zu können.

In der Agrarökonomie haben sich dafür zwei Ansätze durchgesetzt, und zwar *Bottom-up*- und *Top-down*-Zugänge. Beim *Bottom-up*-Zugang (DAY, 1969) wird angenommen, dass ausreichend betriebsspezifische Daten in der Region vorhanden sind, um ein oder mehrere repräsentative Modellbetriebe zu entwickeln. Davon ausgehend werden die Ergebnisse auf große Einheiten übertragen.

Der *Top-down*-Zugang (DANTZIG und WOLFE, 1961) wird gewählt, wenn betriebsspezifische Daten nicht in ausreichender Form zur Verfügung stehen. Häufig sind jedoch aggregierte Daten vorhanden, die für

Modellanwendungen geeignet sind. Bezogen auf die Region würde das ca. 1.900 landwirtschaftliche Betriebe und eine Fläche von ca. 70.000 ha betreffen.

Aufgrund der vorhandenen Daten- und Ressourcenbeschränkungen wurde der *Top-down*-Zugang gewählt. Betriebsspezifische Informationen (Anzahl der Kulturarten, Kulturartenverteilungen, Programmteilnahme von einzelnen Maßnahmen wie Fruchtfolgestabilisierung, extensiver Getreidebau, biologische Bewirtschaftung) wurden vom INVEKOS-Datensatz abgeleitet.

Diesem Zugang liegen die Dekompositionstheorie von DANTZIG und WOLFE (1961), sowie Modifikationen und Empfehlungen von MCCARL (1982) und ÖNAL und MCCARL (1989, 1991) zugrunde. Die in der Mathematischen Programmierung eingesetzte Dekompositionstheorie ist durch die Eigenschaft gekennzeichnet, dass die Lösung eines Problems oder einer Gruppe von Subproblemen an den Extrempunkten dieser Subprobleme zustande kommt. Entsprechend dieser Theorie werden für die Teilregionen konvexe Kombinationen von beobachteten Kulturarten- und Bewirtschaftungsverteilungen gebildet.

Einen Erklärungsansatz für diesen Zugang liefert der Dualitätsansatz in der Produktionstheorie. Dieser besagt, dass Angebotsgleichungen aus der Beziehung zwischen Profit (oder Kosten) und wichtigen Faktoren wie Preise anhand grundlegender, theoretischer Zusammenhänge abgeleitet werden können (z.B. Hotelling's Lemma). Die Angebotsfunktion ist deshalb implizit in beobachtbaren, profitmaximierenden Entscheidungen enthalten.

Übertragen auf landwirtschaftliche Betriebe bedeutet es, dass die Auswahl der Kulturarten und deren Anbauverhältnis die vollständige Betrachtung von Produktionsmöglichkeiten beinhaltet, die im weiteren durch Fruchtfolge, Ressourcen und andere technische Faktoren limitiert sind. Die Konsequenz daraus ist, dass die Bildung einer konvexen Kombination von beobachtbaren Kulturarten- und Bewirtschaftungsverteilungen implizit alle betrieblichen Produktionsprozesse und Beschränkungen berücksichtigt.

3. Ausgewählte Ergebnisse

Im Rahmen des Evaluierungsvorhabens wurden verschiedene Politik-szenarien definiert, welche mit dem Modellverbund anhand ausge-

wählter Indikatoren analysiert wurden (Detailergebnisse siehe (HOFREITHER et al., 2000a und 2000b). Exemplarisch sind die Modellergebnisse des Szenarios dargestellt, in dem angenommen wurde, es gäbe kein Agrarumweltprogramm (Abb. 3). Als Referenz dient die beobachtete Anbau- und Bewirtschaftungssituation in der Region Marchfeld im Jahre 1998.

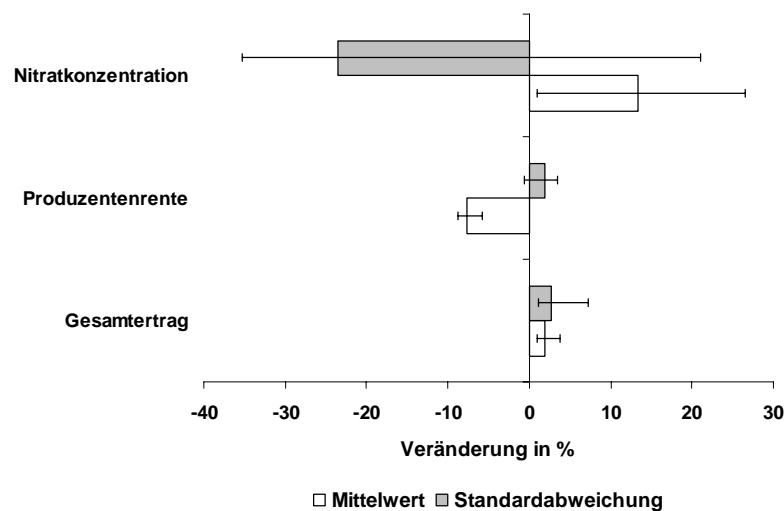


Abb. 3: Prozentuelle Veränderungen von ausgewählten Indikatoren, wenn ÖPUL nicht in der Region Marchfeld implementiert wäre

In der Abbildung sind die prozentuellen Veränderungen von Mittelwert und Standardabweichung bezüglich regionalem Gesamtertrag, Produzentenrente und Nitratkonzentration im Sickerwasser dargestellt. Die Abweichungslinien in den Balken zeigen die Variationsbreite der Ergebnisse in den fünf Teilregionen. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Einführung von ÖPUL der regionale Gesamtertrag leicht gesunken, die Produzentenrente gestiegen und eine deutlich Verbesserung der Nitratkonzentration im Sickerwasser eingetreten ist. Die Standardabweichung zeigt, dass zwar die durchschnittliche Nitratkonzentration abgenommen, aber die Streubreite vergrößert wurde. Darüber hinaus variieren die teilregionalen Ergebnisse, insbesondere die Nitratkonzentration.

4. Schlussfolgerung

Mit dem vermehrten Einsatz von Maßnahmen der Agrar-Umweltpolitik gewinnt auch die Frage nach den wirtschaftlichen und umweltbezogenen Effekten einzelner Politikmaßnahmen an Interesse. Die direkte Messung bzw. Quantifizierung solcher Auswirkungen gestaltet sich als schwierig und kostenintensiv. Häufig müssen Effekte für ein gesamtes Programm untersucht werden, was eine Betrachtung auf höherer Aggregationsebene (z.B. ein Wassereinzugsgebiet) nahe legt. Gleichzeitig können die standörtlichen Voraussetzungen und die betrieblichen Ausstattungen sehr vielfältig sein. Ein praktikabler Weg, um die ökonomischen Konsequenzen und Umweltauswirkungen von Politikmaßnahmen simultan abzuschätzen, besteht in Modellberechnungen. Dazu ist ein Rahmen notwendig, der es erlaubt, ökonomische und naturwissenschaftliche Zusammenhänge konsistent und integrativ zu analysieren. Das stellt jedoch hohe Ansprüche an die Datengrundlage, die Analyseverfahren und die verwendeten Modelle.

Die vorliegende Arbeit zeigt einen Weg, bei dem ökonomische und naturbeschreibende Daten mittels Clusteranalyse systematisiert und aufbereitet werden. Konkret wird das biophysikalische Prozessmodell EPIC für regionale Politikanalysen eingesetzt. EPIC ermöglicht die Bestimmung standörtlicher und aktivitätsbezogener Produktions- und Umweltauswirkungen von grundwasserschonenden Bewirtschaftungsmaßnahmen und Fruchtfolgen. Die solchermaßen gewonnenen Simulationsergebnisse fließen in ein nicht-lineares mathematisches Programmierungsmodell ein. In diesem wird unter Einhaltung der Ressourcenausstattung und verschiedener Verteilungen (Boden, Kulturarten, Bewirtschaftungsmaßnahmen, etc.) die erwartete Produzentenrente maximiert. Reale Anpassungen im Rahmen der Szenarienanalyse werden durch einen speziellen Aggregationsmechanismus ermöglicht, und zwar durch die Bildung von konvexen Kombinationen historischer Beobachtungen. Der Modellverbund ermöglicht eine konsistente Analyse von komplexen Wirkungszusammenhängen zwischen anreizorientierten Instrumenten, den Reaktionen betroffener Akteure und den Auswirkungen auf Wirtschafts-, Produktions- und Umweltindikatoren. Darüber hinaus können sowohl ex-post als auch ex-ante Analysen durchgeführt werden, die in die Evaluierung und Gestaltung von Agrarumweltprogrammen einfließen sollten.

Literatur

- DANTZIG, G.B. und WOLFE, P. (1961): The Decomposition Algorithm for Linear Programs. *Econometrica*, 29, S. 767-778.
- DAY, R.H. (1969): Exact Aggregation with Linear Programming Models – A note on the Sufficient Conditions Proposed by R.H. Day: Reply. *American Journal of Agricultural Economics*, 51, S. 686-688.
- HOFREITHER M.F., SCHMID, E. und SINABELL, F. (2000a): Ausgewählte quantitative Effekte des ÖPUL. *Der Förderungsdienst / Beratungsservice*, Jhg. 48, Heft 10, S. 83-90.
- HOFREITHER, M.F., EDER, M., FEICHTINGER, F., KNIEPERT, M., LIEBHARD, P, SCHMID, E., SALHOFER, K. und STREICHER, G. (2000b): Modellanalyse von ökonomischen Instrumenten zum Grundwasserschutz im Zusammenhang mit dem ÖPUL-Programm. WPR-Forschungsbericht OEPUL-GW-04f, Wien: Institut für Wirtschaft, Politik und Recht an der Universität für Bodenkultur Wien.
- MCCARL, B.A. (1982): Cropping Activities in Agricultural Sector Models: a Methodological Proposal. *American Journal of Agricultural Economics*, 64, S. 768-772.
- ÖNAL, H. und MCCARL, B.A. (1989): Aggregation of Heterogeneous Firms in Mathematical Programming Models. *European Journal of Agricultural Economics*, 16, 4, S. 499-513.
- ÖNAL, H. und MCCARL, B.A. (1991): Exact Aggregation in Mathematical Programming Sector Models. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 39, S. 319-334.

Anschrift der Verfasser

DI Dr. Erwin Schmid
Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
1180 Wien, Feistmantelstr. 4
Tel.: +43 1 47654 3671
eMail: erwin.schmid@boku.ac.at

DI Franz Sinabell
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
1103 Wien, Postfach 91, Arsenal Objekt 20
Tel.: +43 1 7982601 481
eMail: franz.sinabell@wifo.ac.at

DI Dr Michael Eder
Institut für Agrar- und Forstökonomie
1180 Wien, Feistmantelstr. 4
Tel.: +43 1 47654-3653
eMail: michael.eder@boku.ac.at