

Methodik der Kopplung von Geographischen Informationssystemen (GIS), naturwissenschaftlichen und ökonomischen Modellen zur Analyse einer nachhaltigen Landnutzung

Volker Mothes, Halle

Abstract

To monitor sustainable development of agrarian land use economical, ecological and social consequences of human activities should be examined. For analysing this spatial determined process a method is developed to use a GIS data bank and existing models from different scientific branches and to combine them.

1. Problemstellung

Die nachhaltige Entwicklung steht heute als Entwicklungskonzept einem einseitig auf Wachstum orientiertem Konzept gegenüber. Nachhaltige Entwicklung schließt die Erhaltung des vom Menschen erzeugten Kapitals, des natürlichen Kapitals und des gesellschaftlichen bzw. sozialen Kapitals ein (VAN DIEREN, 1995).

Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung verändert das Zielsystem der agrarischen Landnutzung. Managemententscheidungen müssen die zu erwartenden ökonomischen, ökologischen und sozialen Konsequenzen einbeziehen. Die Entwicklung von Methoden wird notwendig, die eine Analyse der inhaltlich vielgestaltigen sowie räumlich und zeitlich differenzierten Prozesse unterstützen.

Die Komplexität dieser Prozesse erfordert eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Da die Analyse zukünftiger Entwicklungen modellgestützte Vorgehensweisen einschließt, bilden Methoden der Kopplung fachspezifischer Modelle die organisatorische Grundlage der Zusammenarbeit. Das gemeinsame Ziel umfaßt die Zusammenführung von Wissen aus verschiedenen Disziplinen zur Analyse einer nachhaltigen Entwicklung der agrarischen Landnutzung.

2. Methode der Kopplung von Modellen

2.1 Datengrundlage für die Anwendung unterschiedlicher Modelle

Die Bereitstellung inhaltlich vielgestaltiger sowie räumlich und zeitlich diversifizierter Daten bezeichnen SCHULTZ und MIRSCHEL (1995) als „one of the most challenging future problems of model application.“ Die zur Analyse einer nachhaltigen Entwicklung der Landnutzung benötigten Daten basieren auf thematischen Karten, allgemeinen Datensammlungen, regionalen Durchschnittswerten (z. B. aus der Amtlichen Statistik), betrieblichen Aufzeichnungen sowie Messungen und Beobachtungen.

Die gemeinsame Nutzung von Modellen aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen gestattet eine inhaltlich breite Erfassung von Konsequenzen der agrarischen Landnutzung. Darüber hinaus können Modelle angewendet werden, die vorhandene Daten räumlich stärker untersetzen bzw. die Entwicklungen in der Zeit abschätzen. Ein Teil der benötigten Daten kann somit endogen im Rahmen der Modellanwendung bereitgestellt werden.

Leider weisen die für Modellanwendungen benötigten Daten unterschiedliche räumliche Bezüge auf. Natürliche Bedingungen, die naturale Aufwand-Ertrags-Relationen der Produktionsverfahren beeinflussen, beziehen sich auf kleine räumliche Einheiten mit annähernd gleichen Standorteigenschaften. Die Qualität des Managements auf der Ebene der Landwirtschaftsbe-

triebe beeinflusst Kosten und Leistungen. Ökologische Folgen der landwirtschaftlichen Produktion beziehen sich auf das Einzugsgebiet von Flüssen, auf Grundwasserleiter, auf erosionsgefährdete Hänge, auf unterschiedlich naturschutzrechtliche Zonen. Sie überschreiten die Grenzen der Landwirtschaftsbetriebe. Daten aus amtlichen Planungen zur Entwicklung in ländlichen Regionen, einschließlich Agrarstrukturellen Vorplanungen (AVP) beziehen sich auf administrative Einheiten. Daten zum Beitrag der Landwirtschaft zu sozialen Beziehungen (z. B. das Angebot an landwirtschaftlichen Arbeitsplätzen) weisen einen regionalen Bezug auf. Analysen zur nachhaltigen Entwicklung der agrarischen Landnutzung sind daher mehrschichtig anzulegen. Sie sollten kleine räumliche Einheiten, Landwirtschaftsbetriebe, administrative Einheiten, Gebiete, auf die sich Umweltqualitätsziele beziehen, sowie die regionale Spezifik einbeziehen.

2.2 Kopplung von Modellen mit GIS

O'CALLAGHAN (1996) sowie LUTZE et. al. (1993) nutzen die Möglichkeiten Geographischer Informationssysteme (GIS) zur Zuordnung von Daten bei der Analyse räumlich bestimmter Prozesse.

GIS beschreiben die räumliche Verteilung von Einflußfaktoren auf die Ergebnisse modellgestützter Analysen. Sie umfassen eine Datenbank mit INPUT und OUTPUT Schnittstellen zu anderen Datenbeständen oder Ausgabegeräten, Tools zur Ausgrenzung räumlicher Einheiten und ein System von Zuordnungsvorschriften von Daten zu räumlichen Einheiten. GIS und damit verbundene Datenbanken sind in der Lage, die von den Modellen benötigten Daten bereitzustellen (BALL, 1994). Aufbauend auf dem Datenbedarf des jeweiligen Modells werden "Sichten" bzw. "Views" auf die Datenbank erstellt und die benötigten Daten herausgelesen. Nach der Modellanwendung nehmen GIS-Datenbanken die Berechnungsergebnisse entsprechend ihrem räumlichen Bezug auf und visualisieren die Datenbankinhalte.

Leider schließt der Austausch von Daten zu oft deren Konvertierung ein, da die Mehrzahl der in Frage kommenden Modelle lediglich über streng formatierte Schnittstellen verfügt. Die Konvertierung aber beansprucht Zeit, Speicherplatz und erfordert vielfältige Nutzereingriffe.

2.3 Kopplung unterschiedlicher Modelle

Modelle zur Analyse einer nachhaltigen Entwicklung können im vorliegenden Anwendungsfall zwei stufenweise ineinander übergehenden Gruppen zugeordnet werden. Ihre Aussagefähigkeit reicht von der Darstellung einzelner Prozesse auf der einen bis zur Erfassung vielfältiger Wechselwirkungen auf der anderen Seite.

Die erste Gruppe umfaßt Modelle, die ökonomische, ökologische und soziale Konsequenzen alternativer Produktionsverfahren bilanzieren oder simulieren. Diesen Konsequenzen werden anschließend Zielkriterien zugeordnet: maximieren, minimieren, vergrößern auf, verringern um. Die Modelle der zweiten Gruppe nutzen das auf diese Art gebildete Zielsystem zur Ermittlung von Beziehungen zwischen Einzelzielen und zur Analyse von Anpassungsmöglichkeiten im Bereich der agrarischen Landnutzung, die zu einer verbesserten Zielerfüllung führen. Die in dieser Gruppe zusammengefaßten Modelle umfassen verschiedene mathematische Operationen zur Ermittlung lokaler Optima: Lineare Programmierung, Ziel-Programmierung, Numerische Suchverfahren.

Die wichtigste Voraussetzung für die Kopplung von Modellen beider Gruppen ist ihre Paßfähigkeit. Die zu koppelnden Modelle müssen gleiche räumlichen Einheiten abbilden und den gleichen Zeitbezug aufweisen. Folgende Arten der Kopplung von Modellen werden unterschieden:

1. hierarchische Kopplung:

Modelle der ersten Gruppe berechnen viele alternative Varianten, die in nachfolgenden Modellen der Gruppe zwei als Eingangsdaten verwendet werden. Die GIS-Datenbank speichert Ergebnisse beider Modelle.

2. interaktive Kopplung:

Modelle der ersten und zweiten Gruppe werden abwechselnd berechnet und nähern sich einem erwünschten Zustand (Optimalität). Nur die Endergebnisse werden in der GIS-Datenbank erfasst.

3. integrierte Kopplung:

Modelle der ersten Gruppe werden in Modelle der zweiten Gruppe integriert. Die GIS-Datenbank speichert ebenfalls nur die Endergebnisse.

3. **Schlussfolgerungen**

Die Analyse der Möglichkeiten und Folgen einer nachhaltigen Entwicklung der agrarischen Landnutzung schließt die Prognose und Bewertung ökonomischer, ökologischer und sozialer Konsequenzen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Produktionssysteme ein. Die Vielzahl zu erwartender und zu untersuchender Konsequenzen stellt hohe Anforderungen an die zu verwendenden Methoden und Modelle und verlangt eine interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die zu untersuchenden Prozesse sind dabei in ihren inhaltliche, räumliche und zeitliche Dimensionen zu erfassen.

GIS sind in der Lage, die räumliche Verteilung von Daten adäquat in einer Datenbank abzubilden. Die Kopplung der Modelle an die Datenbank erfolgt über Schnittstellen, in denen der Datenbedarf des jeweiligen Modells definiert ist. Verschiedene Kopplungsarten ermöglichen die Verbindung und den Datenaustausch zwischen Modellen.

4. **Literatur**

- BALL, G. L.: „Ecosystem Modelling with GIS“, *Environmental Management*, 18 (1995) 3, S. 345-349
- VAN DIEREN, W.: „Mit der Natur rechnen“. Der neue Club-of-Rome-Bericht: Vom Bruttosozialprodukt zum Ökosozialprodukt. Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 1995
- LUTZE, G. et. al.: Vom Populationsmodell zum Landschaftsmodell. *Zeitschrift für Agrarinformatik*. 1/1993, S. 19-25
- O'CALLAGHAN, J. R.: NELUP: An Introduction. In: Benson, J. F. (ed.) *Journal Environmental Planning and Management*, Special issue: The NERC/ESRC Land Use Modelling Programme (NELUP). 38 (1995) 1, S. 5-20
- SCHULZ, A. and MIRSCHEL, W.: Simulating soil water balance, nitrogen behaviour and biomass components, using the agroecosystem model AGROSIM-WinterWheat and data from the north German Krummbach catchment. *Ecological Modelling*. *International Journal on Ecological Modelling and Systems Ecology* 81/1995, S. 133-144