Referate 39

# Modellierung ökonomischer Effekte von Landnutzungsänderungen mittels Input-Output-Analyse

#### Bernd Klauer

#### 1 Einleitung

Die Landnutzung ist einer der bedeutendsten Faktoren durch die der Mensch Einfluss auf seine Umwelt nimmt. In diesem Papier werden die ökonomischen Effekte von Landnutzungsänderungen, die auf Veränderungen in der Politik hinsichtlich des Trinkwasserschutzes und des Kiesabbaus zurückgehen, mittels einer dynamischen Input-Output-Analyse untersucht. Die Arbeit ist in das interdisziplinäre UFZ-Forschungsprojekt "Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung im Elbeeinzugsgebiet" eingebunden. Die Ergebnisse der Input-Output-Analyse werden in Rahmen eines integrierten Bewertungsverfahren zusammen mit den Ergebnissen anderer Analyseinstrumente dazu benutzt, Entscheidungen über verschiedene Politikoptionen im Untersuchungsgebiet Torgauer Raum, nämlich die Reduktion/Nichtreduktion von Trinkwasserschutzgebieten und die Ausweitung/Nichtausweitung des Kiesabbaus, zu unterstützen (vgl. Messner et al., Volk et al., Geyler und Messner sowie Drechsler in diesem Bericht).

## 2 Ein dynamisches Input-Output-Modell

Für die Berechnungen wird ein offenes dynamisches Standard-Input-Output-Modell verwendet (Fleissner et al. 1993: Kap. 4, insbes. 212–214). Die Produktionsseite der Wirtschaft wird in sieben Sektoren unterteilt und es wird – in Übereinstimmung mit den parallelen Untersuchungen im Rahmen des Gesamtprojektes – die Entwicklung im Zeitraum von 1993 bis 2030 betrachtet. Die Endnachfrage nach den Produkten der sieben Sektoren wird für den Betrachtungszeitraum vorgegeben. Die Menge aller möglichen Produktionspfade wird durch zwei Vektor-(Un)-Gleichungen bestimmt. Die erste Ungleichung besagt, dass in jedem Sektor und in jeder Periode t die Summe aus Endnachfrage y(t) und Investitionen  $\mathbf{i}(t)$  die Nettoproduktion (d.h. der Teil der Bruttoproduktion, der nicht wieder als Vorleistungen im Produktionsprozess verwendet wird) nicht übersteigen darf. Es bezeichne  $\mathbf{x}(t)$  den Vektor der Bruttoproduktion der Sektoren und  $\mathbf{A}(t)$  die Tabelle der Input-Output-Koeffizienten. Die Vorleistungen ergeben sich als Produkt  $\mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t)$ . Die Ungleichung lautet also

$$\mathbf{x}(t) - \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) \geq \mathbf{y}(t) + \mathbf{i}(t). \tag{1}$$

Die zweite Gleichung bestimmt, wieviel Investitionen notwendig sind. Es wird dabei angenommen, dass die Investitionen in den einzelnen Sektoren proportional zur Ausdehnung der Produktion sind. Sei D(t) die Matrix der Proportionalitätsfaktoren (Kapitalbedarfskoeffizienten), so lautet die Investitionshypothese

$$\mathbf{i}(t) = \mathbf{D}(t)(\mathbf{x}(t+1) - \mathbf{x}(t)). \tag{2}$$

Schließlich wird unterstellt, dass aus der Menge der Produktionspfade, die die vorgegebene Endnachfrage befriedigen können (Ungl. 1) und der Investitionsbedingung (Gl. 2) genügen, derjenige Pfad realisiert wird, der mit dem geringsten Aufwand hergestellt werden kann.

### 3 Empirische Anwendung

Als Datengrundlage für die empirische Anwendung des Modells dienen in erster Linie die Input-Output-Tabellen der BRD für die Jahre 1993 und 1995 sowie der Bruttoproduktionswert (BPW), die Bruttowertschöpfung (BWS) und die Anzahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Torgauer Raum der Jahre 1993 bis 1998. Die Input-Output-Tabellen der Region wurden mittels des biproportionalen Überleitungsverfahrens MODOP (Stäglin 1972, 1973, Schintke 1973) berechnet. Für den Zeitraum ab 1998 wurde die Entwicklung der exogenen Variablen vorgegeben. Um die Unsicherheit über die zukünftige Entwicklung der exogenen Variablen zumindest ansatzweise zu berücksichtigen, werden zwei verschiedene Entwicklungsrahmen betrachtet, die sich im Wesentlichen durch unterschiedliche Annahmen über das wirtschaftliche Wachstum auszeichnen.

Mit Hilfe des Modells werden vier verschiedene Handlungsalternativen jeweils unter den beiden Entwicklungsrahmen untersucht. Es werden also insgesamt acht Szenarien durchgerechnet.

Bei der Berechnung der Unterschiede in den BPW wird folgendermaßen vorgegangen: Zunächst wird eine Handlungsalternative ausgewählt, und für beide Entwicklungsrahmen wird jeweils ein Basisszenario simuliert. Die Wahl zwischen den Handlungsalternativen hat zunächst direkte Auswirkungen auf die Sektoren Land- und Forstwirtschaft sowie Bergbau, Energie- und Wasserversorgung. Die Auswirkungen auf die BPW der beiden Sektoren werden unabhängig vom Modell mittels sektoraler Einzelbetrachtungen geschätzt. Das Modell gibt nun Auskunft über die indirekten Effekte auf die anderen Sektoren als Folge der wirtschaftlichen Verflechtungen der Sektoren. Dabei werden in dem dynamischen Input-Output-Modell die veränderten BPW der Sektoren Land- und Forstwirtschaft sowie Bergbau, Energie- und Wasserversorgung als exogene Variablen und die zugehörigen Endnachfragen als endogene Variablen behandelt. Bei den übrigen Sektoren bleibt der BPW endogene Variable.

In einem weiteren Schritt wird von den Bruttoproduktionswerten auf die BWS und die Beschäftigtenzahlen geschlossen, indem angenommen wird, dass sich die Verhältnisse von BPW und BWS bzw. von BPW und Beschäftigten in einem Sektor des Torgauer Raums über die Zeit nicht verändern.

#### 4 Ergebnisse und Sensitivitätsanalyse

Die wesentlichen Ergebnisse des Modells sind Rangfolgen der vier Alternativen hinsichtlich der beiden Kriterien BWS und Beschäftigung. In der betrachteten Entscheidungssituation führen die beiden Kriterien nicht zu derselben Reihung der Alternativen, was an den unterschiedlichen Arbeitsintensitäten der Sektoren liegt. Es zeigt sich auch, dass in den beiden Entwicklungsrahmen für ein-und-dasselbe Kriterium unterschiedliche Rangfolgen der Alternativen resultieren: Im optimistischen Entwicklungsrahmen hat die Entscheidung über Kies-

abbau erheblich größeren Einfluss auf die Rangfolge als die Entscheidung über die Reduktion der Trinkwasserschutzgebiete. Im realistischen Entwicklungsrahmen ist es gerade umgekehrt.

Insgesamt gesehen stellt sich heraus, dass zur Beurteilung der Handlungsalternativen anhand der Kriterien BWS und Beschäftigung die indirekten Effekte von erheblicher Bedeutung sind. Der Anteil der indirekten Effekte am Gesamteffekt liegt in der Regel in der Größenordnung von 50 %. Besonders starke Auswirkungen haben die indirekten Effekte, wenn der direkte Effekt im Landwirtschaftssektor demjenigen im Bergbau, Energie- und Wasserversorgung entgegenläuft. Die Berücksichtigung der indirekten Effekte führt für das Kriterium Beschäftigung zu einer abweichenden Rangfolge der Alternativen.

Das verwendete Modell ist vergleichsweise einfach und die Verfügbarkeit originärer Regionaldaten ist – vor allem vor dem Hintergrund des langen Betrachtungszeitraums – gering. Damit die Ergebnisse des Modells dennoch einen positiven Beitrag bei der Entscheidungsfindung leisten können, ist es wichtig, Aussagen über die Zuverlässigkeit und die Genauigkeit der Ergebnisse zu erhalten. Aus diesem Grund werden umfangreiche Sensitivitätsanalysen vorgenommen. Dabei werden die Sensitivitäten hinsichtlich einzelner Parameter verknüpft, um so eine Aussage über die Zuverlässigkeit in den resultierenden Rangfolgen der Alternativen zu erhalten. Die Unsicherheit der Modellergebnisse wird dargestellt, indem für jedes Szenario und für die beiden Kriterien BWS und Beschäftigung neben dem wahrscheinlichsten Schätzwert auch der minimale und maximale Schätzwert angegeben werden.

#### Literatur

- Fleissner, P., Böhme, W., Brautzsch, H.-U., Höhne, J., Siassi, J., Stark, K. (1993) Input-Output-Analyse. Eine Einführung in Theorie und Anwendung. Springer-Verlag, Wien, New-York
- Schintke, J. (1973) Modell der doppelten Proportionalität zur Schätzung von nichtnegativen Matrizen, insbesondere Input-Output-Tabellen. Angewandte Informatik 4, 153-156
- Stäglin, R. (1972) MODOP Ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen. Anwendung statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme. Arbeiten zur angewandten Statistik 15, 69-81
- Stäglin, R. (1973) Methodische und rechnerische Grundlagen der Input-Output-Analyse. In: Krengel, R. (Hrsg.) Aufstellung und Analyse von Input-Output-Tabellen. Göttingen

# Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung: Methoden und Instrumente der Entscheidungsfindung und -umsetzung

#### Abstracts zu Referaten und Postern

für die interdisziplinäre Tagung vom 27. bis 29. September 2000 am UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

#### HerausgeberInnen:

Prof. Dr. habil. Helga Horsch, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Dr. Bernd Klauer, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Dr. Irene Ring, UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Leipzig

Dr. Hans-Joachim Gericke, Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt, Dresden

Dr. Felix Herzog, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich