

Monetäre und materielle Verflechtungen der Wirtschaft im Altkreis Torgau

Bernd Klauer

1 Einleitung

Ein zentrales Ziel des Verbundprojektes ist die Bewertung von politischen Handlungsoptionen des Grund- und Trinkwasserschutzes sowie des Kiesabbaus (vgl. Horsch und Ring in diesem Bericht). Die Handlungsoptionen in diesen Politikfeldern sind mit Änderungen der Landnutzung verbunden. Beispielsweise können Flächen, auf denen ein Kiestagebau eingerichtet wird, nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden. Um die Landnutzungsänderungen und damit indirekt die Handlungsoptionen zu bewerten, ist es notwendig, deren Auswirkungen zu simulieren (vgl. Klauer, Messner und Herzog in diesem Bericht). Da wir uns im Verbundprojekt vor allem für den Zusammenhang zwischen Naturs Ressourcenschutz und wirtschaftlicher Entwicklung interessieren, gilt es insbesondere, die Auswirkungen der Landnutzungsänderungen auf den Landschaftswasserhaushalt und auf die Wirtschaft mit Hilfe empirischer Modelle abzuschätzen. Während im letzten Beitrag ein Modell zur Quantifizierung des Landschaftswasserhaushaltes dargestellt wurde (Herzog und Kunze in diesem Bericht), sollen in diesem Beitrag die monetären und stofflichen Verflechtungen der Wirtschaft des Altkreises Torgau modelliert werden, um die ökonomischen Auswirkungen von Landnutzungsänderungen zu simulieren.

Die analytische Methode, die ich in diesem Beitrag verwende, ist die Input-Output-Analyse.¹ Die Wurzeln der Input-Output-Analyse reichen bis in das 18. Jahrhundert, als der französische Physiokrat Francois Quesnay das berühmte *Tableau économique* aufstellte. Dieses Tableau — von Marx (1974, S. 319) als „höchst genialen Einfall, unstreitig der genialste, dessen sich die politische Ökonomie bisher schuldig gemacht hat“ bezeichnet — ist das erste Beispiel dafür, den Wirtschaftsprozess als Kreislauf zu interpretieren. Die moderne Input-Output-Analyse wurde von Wassily Leontief im Jahre 1936 begründet. Er stellte eine Input-Output-Tabelle für die USA erstmalig auf der Grundlage statistischer Erhebungen auf (Leontief 1936). Seither werden Input-Output-Tabellen für viele Länder in regelmäßigen Abständen berechnet.

Die Vorstellung der Struktur des Wirtschaftsprozesses, die einem Input-Output-Modell zugrunde liegt, ist in Abbildung 1 bildlich dargestellt. Das Hauptinteresse der Input-Output-Analyse gilt den Güterströmen, die von den wirtschaftlichen Aktivitäten innerhalb einer Volkswirtschaft ausgehen. In Abbildung 1 wird daher zunächst die Volkswirtschaft vom „Rest der Welt“ abgegrenzt. Die Wirtschaftssphäre ist in die natürliche Umwelt eingebettet. Das gilt sowohl für die Volkswirtschaft als auch für die Weltwirtschaft. Die Volkswirtschaft

¹ Empfehlenswerte Einführungen in die Input-Output-Analyse sind Holub und Schnabl (1994a); Fleissner et al. (1993) sowie Miller und Blair (1985).

entnimmt der Umwelt Ressourcen und gibt Schad- und Abfallstoffe in die Umwelt ab. Innerhalb der Volkswirtschaft wird zwischen dem Bereich der Produktion und dem Bereich der Konsumtion unterschieden. Der Bereich der Produktion ist wiederum in verschiedene Wirtschaftssektoren (wie z. B. Land-, Forst- und Fischereiwirtschaft; Verarbeitendes Gewerbe; Baugewerbe; Dienstleistungsgewerbe) aufgeteilt. Innerhalb der Sektoren werden Güter hergestellt. Dazu benötigt ein Sektor neben Arbeitskräften und Ressourcen auch Produkte anderer Wirtschaftssektoren, sogenannte Vorleistungen. Beispielsweise werden zum Bau eines Hauses unter anderem Kies aus dem Sektor Bergbau, Beschläge aus dem Sektor Verarbeitendes Gewerbe und Baupläne aus dem Dienstleistungssektor verwendet. Die verschiedenen Wirtschaftssektoren sind also durch vielfältige Lieferverflechtungen miteinander verknüpft.

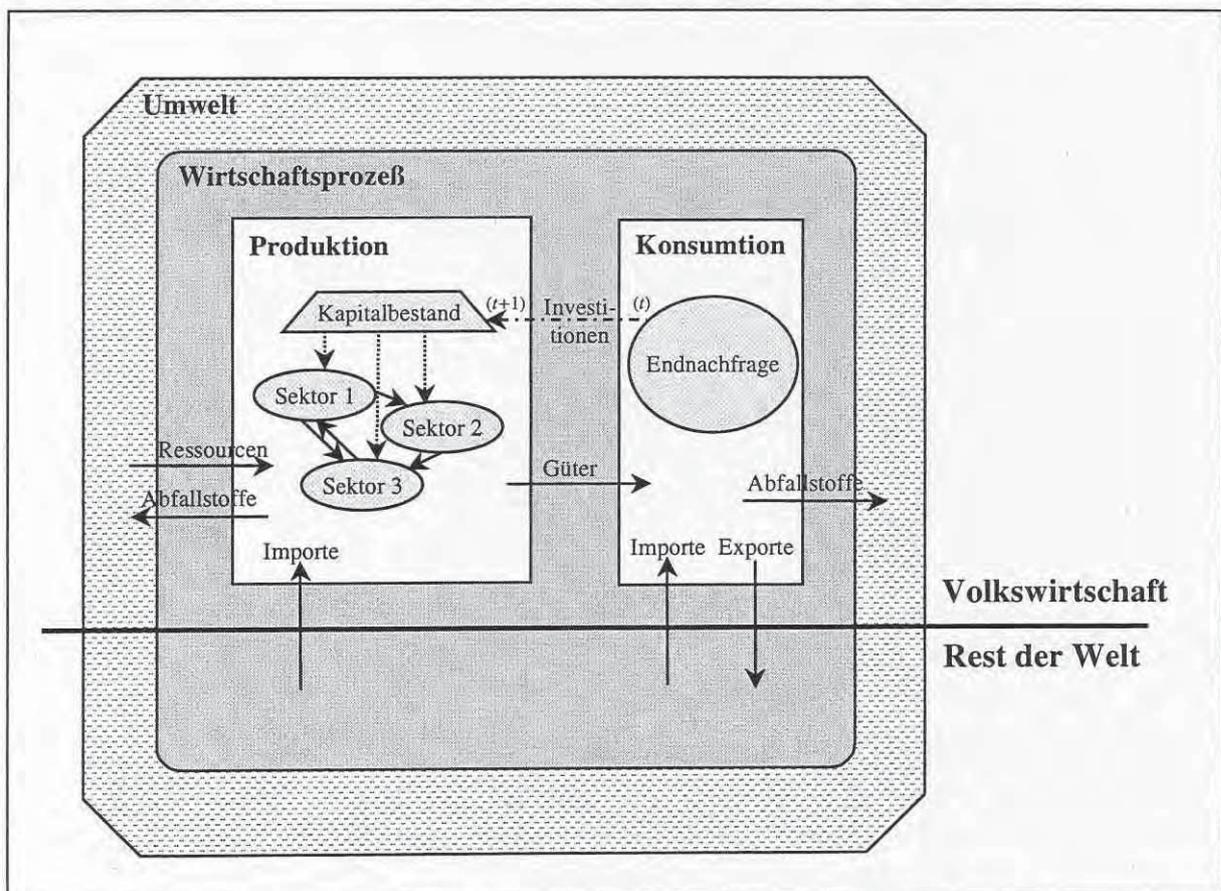


Abb. 1: Vorstellung von der Struktur des Wirtschaftsprozesses, die einem Input-Output-Modell zugrunde liegt.²

In einem dynamischen Input-Output-Modell wird außerdem berücksichtigt, daß zur Güterproduktion auch Kapitalgüter gebraucht werden (vgl. Abb. 1). Zur Herstellung von Kapitalgütern wird ein Teil der Endnachfrage nicht konsumiert, sondern investiert. Im Laufe der Zeit akkumulieren sich die Kapitalgüter im Produktionsbereich der Wirtschaft. Sie nutzen sich al-

² Es sei bemerkt, daß in einer Input-Output-Tabelle Exporte als Teil der Endnachfrage verbucht werden, also nicht direkt von dem Produktionsbereich in das Ausland ausgeführt werden, und daß weiterhin Ressourcenverbräuche des Konsumbereichs, die direkt aus der Umwelt stammen, ignoriert werden.

lerdings durch den Gebrauch auch langsam wieder ab und müssen gegebenenfalls ersetzt werden.

Eine Input-Output-Tabelle ist ein Schema, mit dem man das eben beschriebene Bild des Wirtschaftskreislaufes und insbesondere Verflechtungen der Güterströme zwischen den Sektoren einer Volkswirtschaft und mit der übrigen Welt quantifizieren kann. Der Aufbau einer Input-Output-Tabelle wird im nächsten Kapitel erläutert.

Eine Input-Output-Tabelle erfaßt die Güterströme normalerweise in monetären Einheiten. Aber monetäre Güterströme sind mehr oder weniger direkt an physische Stoffströme gebunden. Es bietet sich daher an, die Input-Output-Analyse auch zur Untersuchung der Stoffströme innerhalb einer Wirtschaft zu verwenden. Das Statistische Bundesamt hat sogar im Jahre 1990 für die Bundesrepublik Deutschland eine Input-Output-Tabelle aufgestellt, bei der die Stoffströme der Wirtschaft in physischen Einheiten erfaßt wurden. Den Zusammenhang von monetären und materiellen Güterströmen kann man sich bei der Analyse der politischen Handlungsoptionen im Grundwasserschutz und Kiesabbau zu Nutze machen, um sowohl deren Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung also auch auf die Natur bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

Input-Output-Tabellen werden für ein einheitliches Wirtschaftsgebiet, im allgemeinen für eine nationale Volkswirtschaft, erstellt. Man kann eine Input-Output-Tabelle aber auch für eine regionale Wirtschaft, wie zum Beispiel für das Untersuchungsgebiet, den Altkreis Torgau, aufstellen. Regionale Tabellen unterscheiden sich in formaler Hinsicht nicht von denen einer nationalen Volkswirtschaft.

Das Ziel dieses Beitrages ist zu zeigen, wie man mittels einer regionalen Input-Output-Tabelle und der Analyse Auswirkungen verschiedener politischer Handlungsoptionen des Grund- und Trinkwasserschutzes sowie des Kiesabbaus auf die Wirtschaft abschätzen kann. Ich werde dabei folgendermaßen vorgehen: Nach einer Erläuterung der Grundlagen der Input-Output-Analyse (Kapitel 2.1) werde ich im Kapitel 2.2 schildern, wie aus der Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes von 1993 für die Bundesrepublik Deutschland eine regionale Input-Output-Tabelle für den Altkreis Torgau berechnet wurde. Im Kapitel 2.3 wird diese Tabelle dazu benutzt, die Auswirkungen verschiedener Landnutzungsoptionen auf die Produktionswerte, die Bruttowertschöpfung und die Zahl der Beschäftigten der Region empirisch zu analysieren. Es werden erste Ergebnisse einer komparativ-statischen Input-Output-Analyse abgeleitet und im Kapitel 2.4 diskutiert. Aus Ergebnissen einer komparativ-statischen Analyse können aber keine Aussagen über die zeitliche Entwicklung der betrachteten Größen von den Ausgangswerten zu den Endwerten getroffen werden. Um auch intertemporale Zusammenhänge z. B. von Investitionen und Kapitalakkumulation untersuchen zu können, entwickle ich im Kapitel 3.1 ein dynamisches Verflechtungsmodell und diskutiere den Datenbedarf für dessen empirische Anwendung (Kapitel 3.2). Schließlich gebe ich im Kapitel 3.3 einen Ausblick, wie man das dynamische Modell empirisch anwenden und erweitern kann.

2 Regionale Input-Output-Analyse: eine komparativ-statische Analyse

2.1 Das statische offene Input-Output-Modell

In diesem Kapitel werde ich kurz die theoretischen Grundlagen der Input-Output-Analyse erläutern. Ich verwende hier die einfachste Version der Input-Output-Analyse, nämlich das sogenannte statische offene Mengenmodell. Mit dieser Version werde ich dann später erste Ergebnisse zur Abschätzung der Auswirkungen politischer Handlungsoptionen ableiten.

Zur Illustration betrachte ich eine Input-Output-Tabelle mit nur zwei Produktionssektoren, einer Endnachfragespalte und einer Primärinputzeile (vgl. Holub und Schnabl 1994a, S. 83f.). Jeder Sektor j produziere ein einziges Gut, wobei er neben Inputs an produzierten Gütern auch einen Primärinput p_j (z. B. Arbeit) benutzt. Es führt daher nicht zu Verwechslungen, wenn Sektoren und die dazugehörigen Güter mit denselben Indizes bezeichnet werden. Es bezeichne x_j die gesamte vom Sektor j produzierte Menge, y_i die Endnachfrage nach Gut i und x_{ij} die Menge des Gutes i , die zur Produktion im Sektor j eingesetzt wird. Die Input-Output-Tabelle ist in Abbildung 2 zu sehen.

Verwendung Aufkommen	Sektor 1	Sektor 2	Endnach- frage	Gesamt- output
Sektor 1	x_{11}	x_{12}	y_1	x_1
Sektor 2	x_{21}	x_{22}	y_2	x_2
Primärinput	p_1	p_2		
Gesamtinput	x_1	x_2		

Abb. 2: Eine einfache Input-Output-Tabelle.

Die Input-Output-Tabelle ist folgendermaßen zu interpretieren. Die Spalten, die zu einem Produktionssektor gehören, entsprechen den Inputs in diesem Sektor und die Zeilen, die zu einem Produktionssektor korrespondieren, entsprechen dessen Outputs und spiegeln die Verwendung wieder. Folglich lassen sich die Zeilen als definitorische Gleichungen schreiben:

$$x_{11} + x_{12} + y_1 = x_1$$

$$x_{21} + x_{22} + y_2 = x_2$$

Die erste Gleichung besagt, daß der gesamte Output x_1 von Sektor 1 sich zusammensetzt aus der Endnachfrage y_1 , die von den Verbrauchern konsumiert oder investiert wird, und den Mengen x_{11} und x_{12} , die in die Sektoren 1 und 2 als Vorleistungen für die dortige Produktion geliefert werden. Die zweite Gleichung ist analog zu interpretieren.

In dieser Form ist eine Input-Output-Tabelle lediglich eine Repräsentation des Wirtschaftskreislaufes. Um analytische Aussagen darüber treffen zu können, wie sich z. B. aufgrund einer Veränderung der Nachfrage y_1 die Produktionsmenge x_2 des zweiten Sektors ändert, ist es notwendig, Modellannahmen zu vereinbaren, wie die Inputs in einem Sektor mit dessen Outputs zusammenhängen. In der Input-Output-Analyse wird angenommen, daß die Inputs pro-

portional zu den Outputs sind.³ Bezeichnet man die Proportionalitätsfaktoren, die auch Inputkoeffizienten genannt werden, mit a_{ij} , so erhält man die Beziehung

$$x_{ij} = a_{ij}x_j \quad \text{für } j = 1, 2.$$

Benutzt man diese Annahme, kann man die Zeilen der Input-Output-Tabelle umformen zu

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + y_1 = x_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + y_2 = x_2$$

In Vektorschreibweise mit $\mathbf{x} = (x_1, x_2)^T$, $\mathbf{y} = (y_1, y_2)^T$ und $\mathbf{A} = (a_{ij})$ lassen sich die beiden Gleichungen zu einer Vektorgleichung zusammenfassen:⁴

$$\mathbf{Ax} + \mathbf{y} = \mathbf{x}$$

Durch Umformung dieser Gleichung erhält man

$$\mathbf{y} = \mathbf{x} - \mathbf{Ax} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x},$$

wobei \mathbf{I} die Einheitsmatrix $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ bezeichnet. Falls die Matrix $\mathbf{I} - \mathbf{A}$ invertierbar ist, folgt

weiter

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y}. \quad (1)$$

Die Matrix $\mathbf{L} := (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ wird zu Ehren des Begründers der Input-Output-Analyse Leontief-Inverse genannt. Gleichung (1) ist der Kern des statischen offenen Mengenmodells. Mit ihrer Hilfe läßt sich beispielsweise berechnen, welche Auswirkungen ein Rückgang der Nachfrage in einem Sektor auf die Produktion in einem anderen Sektor hat. Es können also indirekte Effekte ermittelt werden. Ein Nachfragerückgang im Verarbeitenden Gewerbe führt nämlich nicht nur dort zu einem Rückgang der Produktion, sondern auch in anderen Sektoren.

Im folgenden werde ich diese Beziehung, die auch für Wirtschaften mit mehr als zwei Sektoren gilt, dazu nutzen, die Auswirkungen von zusätzlichen Genehmigungen von Kiesabbaustätten bzw. deren Verweigerung im Altkreis Torgau auf die Produktion, die Bruttowertschöpfung und die Zahl der Beschäftigten abzuschätzen. Dazu ist es notwendig, eine Input-Output-Tabelle für den Altkreis Torgau zu berechnen.

2.2 Eine Input-Output-Tabelle für den Altkreis Torgau

Das Erstellen einer Input-Output-Tabelle ist ein ungeheuer aufwendiges Unterfangen. Die besten Ergebnisse erhält man, wenn eine Input-Output-Tabelle direkt erstellt, d. h. mittels Daten, die direkt aus verschiedenen, möglichst zuverlässigen Quellen, wie etwa der amtlichen Statistik, Statistiken von Verbänden etc., entnommen werden (vgl. Lindner et al. 1981, S. 32ff.).

³ Zur Diskussion dieser Annahme, zum Zusammenhang von Input-Output-Analyse und Aktivitätsanalyse und zum Vergleich der Input-Output-Analyse mit Berechenbaren Allgemeinen Gleichgewichtsmodellen siehe Proops et al. (1994, Kap. 6).

⁴ Vektoren und Matrizen werden in dieser Arbeit fett gedruckt, um sie von Skalaren zu unterscheiden. Matrizen werden mit Großbuchstaben und Vektoren sowie Skalare mit Kleinbuchstaben benannt. Die Transponierte einer Matrix oder eines Vektors wird durch ein hochgestelltes T dahinter gekennzeichnet. Vektoren sind Spaltenvektoren. Soll ein Zeilenvektor benannt werden, schreiben wir beispielsweise $(a_1, \dots, a_n) = \mathbf{a}^T$.

Holub und Schnabl 1994a, S. 34). Holub und Schnabl (1994b, S. 92) geben folgende pauschale Einschätzung des Datenbedarfs zur direkten Erstellung einer Input-Output-Tabelle: „Alle Daten, die irgendwoher zu bekommen sind, werden benötigt. Es handelt sich also weniger um eine Frage der Auswahl als vielmehr um eine möglichst elegante Handhabung eines grundsätzlichen Datennotstandes.“

Die Probleme der direkten Erstellung verschärfen sich noch, wenn man anstatt der Volkswirtschaft einer Nation eine Region betrachtet. Selbst wenn man die Wirtschaftsbereiche nicht so fein gliedert wie auf nationaler Ebene, so werden von amtlichen Stellen viele Daten nicht auf Kreis- oder Landesebene, sondern nur auf Bundesebene erfaßt. Dazu kommt, daß die Wirtschaft einer Region stärker mit der übrigen Wirtschaft verbunden ist als dies bei einer nationalen Volkswirtschaft der Fall ist. Im allgemeinen ist die Außenabhängigkeit um so größer, je kleiner die Region ist. Aus diesem Grund spielen die Güterströme über die Grenzen der Region, also die Im- und Exporte, bei regionalen Input-Output-Tabellen eine bedeutendere Rolle als bei nationalen. Leider ist das statistische Material über die Im- und Exporte einer Region sehr dürftig, denn es müssen keine Zollschränken überschritten werden, bei denen Gütermengen erfaßt werden.

Es folgt daraus, daß man bei der direkten Erstellung einer regionalen Input-Output-Tabelle mit noch erheblich größerem Datenmangel zu rechnen hat, als dies schon auf nationaler Ebene der Fall ist. Aus diesem Grund habe ich eine sogenannte derivative Methode gewählt, um die Tabelle für den Altkreis Torgau zu berechnen.⁵ Die Grundlage für die Input-Output-Tabelle des Altkreises Torgau ist die aktuellste Tabelle des Statistischen Bundesamtes für die Bundesrepublik Deutschland, nämlich die Tabelle für das Jahr 1993 (StaBa 1997a, S. 9f.). Eine abgeleitete Tabelle ist zwar ungenauer als eine direkt erstellte und läuft Gefahr, regionalspezifische Charakteristika der Wirtschaftsstruktur zu verschleiern, sie kann aber mit erheblich geringerem Aufwand erstellt werden.

Bei der Ableitung der regionalen Input-Output-Tabelle bin ich folgendermaßen vorgegangen.⁶ Zunächst wurden die sektoralen Bruttoproduktionswerte und Bruttowertschöpfungen (BWS) zum Teil originär erhoben und z. T. geschätzt (vgl. Tab. 1). Bei diesen Schätzungen wurden u. a. Daten über die sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten in den Altkreisen Torgau und Oschatz (vgl. Tab. 2) dazu verwendet, um Werte, die nur für das heutige Kreisgebiet Torgau-Oschatz vorliegen, aufzuteilen. Die Endnachfrage des Altkreises Torgau wurde aus der Endnachfrage der BRD heruntergerechnet, indem sie mit dem Kürzungsfaktor $\frac{\text{BWS in Torgau}}{\text{BWS in der BRD}}$ multipliziert wurde (vgl. Tab. 3).

⁵ Zur Rechtfertigung vgl. Strassert (1968).

⁶ Eine ausführliche Darstellung findet sich in Horsch et al. 1999.

Tab. 1: Bruttoproduktionswerte und Bruttowertschöpfung der Wirtschaftssektoren im Altkreis Torgau für 1993 in Mio. DM.

	Land- u. Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeit. Gewerbe	Baugewerbe	Handel u. Verkehr	Dienstleistungsgewerbe	Staat, priv. Haushalte	gesamt
Bruttoproduktionswert [Mio. DM]	89,9	126,6	640,7	251,3	145,4	336,2	350,7	1529,0
Bruttowertschöpfung [Mio. DM]	40,5	58,7	240,5	117,2	93,5	191,3	182,3	

Quelle: Horsch et al. 1999.

Tab. 2: Zahl der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigten 1993 in den Altkreisen Torgau und Oschatz.

	Land- und Forstwirtschaft	Bergb., Energie, Wasser sowie Verarbeitendes Gewerbe	Baugewerbe	Handel und Verkehr	Dienstleistungsgewerbe	Staat, priv. Haushalte	ohne Angabe	gesamt
Torgau	1189	4256	2528	1651	3462	2746	80	15912
Oschatz	1159	3769	1979	2804	2781	2452	11	14955

Quelle: Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen.

Tab. 3: Endnachfrage und Zwischennachfrage⁷ nach Produkten der Wirtschaftssektoren im Altkreis Torgau für 1993 in Mio. DM, abgeleitet aus der nationalen Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes (StaBa 1997a, S. 9f.; vgl. Horsch et al. 1999).

Erzeugnisse der Sektoren	Land- u. Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeit. Gewerbe	Baugewerbe	Handel u. Verkehr	Dienstleistungsgewerbe	Staat, priv. Haushalte	gesamt
Endnachfrage [Mio. DM]	5,9	16,4	360,4	106,0	136,2	193,2	229,6	1047,3
Zwischennachfrage [Mio. DM]	84,4	110,2	280,4	145,3	9,2	143,0	121,1	893,6

Quelle: Horsch et al. 1999.

Wir verwenden zur Ableitung der zentralen Verflechtungsmatrix der regionalen aus der nationalen Tabelle das sogenannte MODOP-Verfahren (Verfahren der doppelten Proportionalität, Stäglin 1972, 1973; Schintke 1973). Neben der nationalen Input-Output-Tabelle werden für dieses Verfahren als Originärdaten für den Altkreis Torgau die Summe der Vorleistungen sowie die Zwischennachfrage benötigt. Die Zwischennachfrage nach Gütern eines Sektors ergibt sich als Residuum aus Bruttoproduktionswert und Endnachfrage und die Summe der Vorleistungen, die ein Sektor zur Produktion benötigt, als Differenz aus Bruttoproduktionswert und Bruttowertschöpfung. Das MODOP-Verfahren geht in zwei Schritten vor: Zunächst wer-

⁷ Die Zwischennachfrage ist der Teil der gesamten Produktion eines Sektors, der wieder als Vorleistung zur Herstellung von Waren verwendet wird. Sie ergibt sich als Differenz von Bruttoproduktionswert und Endnachfrage.

den die Koeffizienten der nationalen Input-Output-Tabelle mit einem Korrekturfaktor multipliziert. Im zweiten Schritt werden dann in einem Iterationsverfahren die Abweichungen der Spalten- und Zeilensummen der korrigierten Zentralmatrix von den Vorgaben abwechselnd spalten- und zeilenweise auf die Koeffizienten proportional verteilt. Dabei konvergieren die Abweichungen im Laufe der Zeit gegen Null. Es sei bemerkt, daß das MODOP-Verfahren wie auch die anderen derivativen Verfahren zur Erstellung einer Input-Output-Matrix von einer weitgehenden Kongruenz der nationalen und der regionalen Verflechtungsstruktur ausgehen.

Die Wirtschaftsbereiche sind in der Tabelle für den Altkreis Torgau erheblich stärker aggregiert als in der Tabelle des Statistischen Bundesamtes. Den 58 Wirtschaftsbereichen der Tabelle für ganz Deutschland stehen nur sieben Bereiche der Regionaltabelle gegenüber, nämlich die Sektoren:

- Land- und Forstwirtschaft
- Bergbau, Energie- und Wasserversorgung
- Verarbeitendes Gewerbe
- Baugewerbe
- Handel und Verkehr
- Dienstleistungsgewerbe
- Staat, private Haushalte und Organisationen ohne Erwerbszweck

Die Aggregationstiefe und Abgrenzung der Wirtschaftssektoren richtete sich nach den Einteilungen, die den verfügbaren, auf den Altkreis Torgau bezogenen Daten zugrunde lagen.

Tab. 4: Matrix A der Inputkoeffizienten für den Altkreis Torgau für 1993. Die Koeffizienten gleichen denen der nationalen Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes (StaBa 1997a, S. 9).

	Land- u. Forstwirtschaft	Bergbau, Energie, Wasser	Verarbeitendes Gewerbe	Bau- gewerbe	Handel u. Verkehr	Dienstlei- stungen	Staat, priv. Haushalte
Land- und Forstwirtschaft	0,22305400	0,00076723	0,09126440	0,00054629	0,00129719	0,01284360	0,00324861
Bergbau, Energie, Wasser	0,00298348	0,04426100	0,00438655	0,00038875	0,00397488	0,00136800	0,00119892
Verarbeitendes Gewerbe	0,10620600	0,07621700	0,26786500	0,21646700	0,06905920	0,04346330	0,02986870
Baugewerbe	0,05483580	0,19076600	0,03025660	0,11251000	0,05683770	0,11258900	0,06398460
Handel und Verkehr	0,00451941	0,00353271	0,00665146	0,00609004	0,00843542	0,00187156	0,00202862
Dienstleistungen	0,01947850	0,06309420	0,06468230	0,06341790	0,11727200	0,11890300	0,05365280
Staat, private Haushalte	0,01777180	0,03993630	0,02237940	0,01706010	0,02169720	0,04532280	0,22076900

Quelle: Horsch et al. 1999.

2.3 Anwendung des statischen offenen Mengenmodells auf den Altkreis Torgau

Ich werde nun die analytische Kraft der Input-Output-Tabelle für den Altkreis Torgau demonstrieren, indem ich das statische offene Mengenmodell der Input-Output-Analyse auf den Altkreis Torgau anwende. Dabei beziehe ich mich auf zwei ausgewählte Handlungsoptionen und Entwicklungsrahmen, die im Beitrag von Klauer, Messner und Herzog sowie Messner (in die-

sem Bericht) geschildert werden. Als Anwendungsbeispiel untersuche ich, welche Auswirkungen politische Entscheidungen über den Umfang neuer Kiesabbaustätten auf die Produktionswerte, die Bruttowertschöpfungen und die Zahlen der Beschäftigten der einzelnen Wirtschaftssektoren im Altkreis Torgau haben. Dazu vergleiche ich zwei politische Handlungsoptionen. Die eine Option ist, weitere Kiesabbaustätten zu genehmigen, und die andere, keine weiteren Genehmigungen auszusprechen. Der Kiesabbau aus schon genehmigten Tagebauen läßt sich bei der derzeitigen Rechtslage nicht politisch beeinflussen und wird daher nicht variiert.

Wie von Messner (in diesem Bericht) geschildert wird, führt eine Verweigerung neuer Genehmigungen zu einer Begrenzung der Kiesproduktion im Altkreis Torgau, falls man den optimistischen Entwicklungsrahmen unterstellt, bei dem ab dem Jahre 1996 ein jährliches Wachstum des Bruttoinlandsproduktes von 4,4% angenommen wird. Wenn aber ein pessimistischer Handlungsrahmen zugrunde gelegt wird, kommt es wegen der großen Förderkapazitäten und der beträchtlichen Reserven der bestehenden Kiestagebaue nicht zu einer Beschränkung der Fördermengen, obwohl keine neuen Genehmigungen für Abbaustätten erteilt werden. Im pessimistischen Fall, der als wahrscheinlicher einzustufen ist als der optimistische, führen also beide Handlungsoptionen zu den gleichen Ergebnissen, so daß eine Modellierung überflüssig ist. Ich beschränke mich daher bei der Analyse auf den optimistischen Entwicklungsrahmen. Auch im optimistischen Fall wird eine Verweigerung zusätzlicher Kiesgenehmigungen erst im Jahr 2012 volkswirtschaftliche Auswirkungen zeitigen (vgl. Messner in diesem Bericht). Aus diesem Grund und um die Ergebnisse meiner Analyse mit denen des naturwissenschaftlichen Modells (Herzog und Kunze in diesem Bericht) vergleichbar zu machen, wähle ich als Betrachtungsperiode den Zeitraum bis zum Jahr 2030.

Um die Auswirkungen der Handlungsoptionen „Kiesabbau genehmigen“ bzw. „Kiesabbau nicht genehmigen“ zu berechnen, verwende ich die in Kapitel 2.2 dargestellte regionale Input-Output-Tabelle 1993 des Altkreises Torgau. Ich muß dabei annehmen, daß die Wirtschaft im Jahre 2030 die gleiche Vorleistungsverflechtungs- und Nachfragestruktur wie im Jahre 1993 besitzt. Diese Annahme ist unrealistisch: Die Wirtschaft und Technologie im Altkreis Torgau werden sich in diesen 37 Jahren erheblich weiterentwickeln und die Wirtschaftsstruktur wird sich verändern. Es ist aber nicht bekannt, auf welche Weise sich die Struktur verändern wird, weshalb die Annahme einer unveränderten Verflechtungsstruktur doch sinnvoll erscheint. Es geht schließlich darum, mit dem heute zur Verfügung stehenden Wissen, so gut es eben geht, die Auswirkungen der Handlungsoptionen vorherzusagen und die politische Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Der erste Schritt besteht in der Untersuchung der ersten Handlungsoption, bei der zusätzliche Kiestagebaue genehmigt werden und es deshalb auch bei einer deutlichen Steigerung der Nachfrage nicht zu Engpässen in der Kiesproduktion kommt. Zunächst wird die Endnachfrage im Jahre 2030 bei einem unterstellten Wachstum von jährlich 4,4% berechnet.⁸ Aus der End-

⁸ Für die Jahre 1993 bis 1996 wurden die tatsächlichen Wachstumsraten des Bruttoinlandsproduktes des Freistaates Sachsen (Auskunft des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg, Arbeitskreis Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder) verwendet.

nachfrage in 2030 erhält man dann (nach Gl. 1) durch Multiplikation mit der Leontief-Inversen die Produktionswerte der Wirtschaftssektoren für den Fall zusätzlicher Genehmigungen. Für den Sektor Bergbau, Energie- und Wasserversorgung ergibt sich ein Produktionswert von 642 Mio. DM (wobei hier und im folgenden in Preisen von 1993 gerechnet wird).

Betrachten wir nun die Auswirkungen der zweiten Handlungsoption. Wenn keine zusätzlichen Kiesabbaugenehmigungen ausgesprochen werden, kommt es dazu, daß die bestehenden Kiestagebaue an die Grenzen ihrer Förderkapazitäten stoßen und weniger Kies aus dem Altkreis Torgau exportiert werden kann.⁹ Der Rückgang des Produktionswertes für diesen Fall wird folgendermaßen berechnet: Die Verweigerung von zusätzlichen Genehmigungen hat nach Schätzungen von Messner (in diesem Bericht) zur Folge, daß im Jahre 2030 im Altkreis Torgau statt 3,6 Mio. t nur 2 Mio. t Kies gefördert würden. Ich unterstelle, daß das Verhältnis des Produktionswertes des (Kies-)Bergbaus zum Gesamtsektor Bergbau, Energie- und Wasserversorgung im Jahre 2030 im Vergleich zu 1993 unverändert bei 1 zu 6,65 bleibt. Es ergibt sich damit ein Rückgang des Produktionswertes um 54 Mio. DM auf 589 Mio. DM.

Die Wirkung dieses Produktionsrückgangs auf die anderen Sektoren kann wiederum durch die Gleichung 1 des statischen offenen Input-Output-Modells beschrieben werden. Mit den gegebenen Werten für die Produktion im Sektor Bergbau, Energie und Wasser sowie für die Endnachfrage in den übrigen Sektoren erhält man ein lineares Gleichungssystem:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ 589 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{pmatrix} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \begin{pmatrix} 28 \\ y_2 \\ 1.829 \\ 538 \\ 691 \\ 981 \\ 1.165 \end{pmatrix}$$

Das Lösen dieser linearen Gleichung nach x_1, x_3, \dots, x_7 und y_2 ergibt die Produktionswerte für die übrigen Wirtschaftssektoren für den Fall, daß keine zusätzlichen Kiesabbaugenehmigungen erteilt werden.

Um die Handlungsoptionen gegeneinander abwägen zu können, muß man die Ergebnisse der beiden Optionen vergleichen und die Differenzen betrachten. Die Produktionswerte für beide Fälle und deren Unterschiede sind in den beiden oberen Diagrammen der Abbildung 2 dargestellt. Die Ergebnisse werde ich im nächsten Kapitel diskutieren.

Als weiteres Ergebnis erhält man einen Wert $y_2 = 539$ Mio. DM für die Endnachfrage nach Erzeugnissen des Sektors Bergbau, Energie und Wasser. Dieser Wert gibt die Endnachfrage an, die bei der Produktionsbeschränkung des Sektors befriedigt werden kann. Er liegt unterhalb der im Modell vorgegebenen Endnachfrage von 591 Mio. DM, was bedeutet, daß für die

⁹ Der Altkreis Torgau produziert zur Zeit einen erheblichen Überschuß an Kies und ist daher Netto-Exporteur.

Differenz von 52 Mio. DM Bergbauerzeugnisse, Energie und Wasser weniger exportiert bzw. mehr importiert werden müssen, um den Bedarf des Kreises zu decken.

Zur Beurteilung der Wirtschaftskraft eines Landes oder einer Region dient häufig die Bruttowertschöpfung. Die Bruttowertschöpfung eines Wirtschaftssektors oder der gesamten Volkswirtschaft ist, vereinfacht gesagt, der Anteil der produzierten Güter, die nicht als Vorleistungen zur Produktion verwendet werden, sondern für Konsum oder Investitionen zur Verfügung stehen. Ich schließe von den Produktionswerten der Wirtschaftssektoren auf die Bruttowertschöpfung, indem ich unterstelle, daß das Verhältnis von Bruttowertschöpfung zu Produktionswert in den jeweiligen Sektoren das gleiche ist, wie es auf nationaler Ebene im Jahre 1993 herrschte. Die Bruttowertschöpfung in den Fällen „zusätzliche Kiesabbaugenehmigungen“ und „keine zusätzlichen Genehmigungen“ sowie die Differenzen zwischen beiden Fällen sind in den beiden mittleren Diagrammen der Abbildung 3 zu sehen.

Auf ähnliche Weise werden die Auswirkungen auf die Zahl der Beschäftigten berechnet: Es wird zunächst unterstellt, daß das Verhältnis von Beschäftigtenzahl zu Produktionswert in den jeweiligen Sektoren das gleiche ist wie auf nationaler Ebene im Jahre 1993. Die resultierenden Beschäftigungszahlen sind aber unrealistisch hoch, weil implizit angenommen wurde, daß keine Steigerung der Arbeitsproduktivität stattfindet. Zum Ausgleich werden die Beschäftigtenskalen skaliert: Es wird davon ausgegangen, daß die Gesamtproduktion des Altkreises Torgau im Jahre 2030 im Falle zusätzlicher Kiesabbaugenehmigungen von der gleichen Zahl von Beschäftigten hergestellt werden kann. Mit anderen Worten, die Produktionssteigerung geht nicht auf eine Steigerung der eingesetzten Arbeitsmenge, sondern auf eine Steigerung der Produktivität zurück. Derselbe Skalierungsfaktor wird dann auch auf die Handlungsoption der Genehmigungsverweigerung angewendet. Die Ergebnisse sind in den beiden unteren Diagrammen der Abbildung 3 zusammengefaßt.

2.4 Diskussion der Ergebnisse des statischen Input-Output-Modells

Das statische offene Input-Output-Modell wurde auf den Altkreis Torgau angewendet, um die Auswirkungen zu prognostizieren, die eine Genehmigung zusätzlicher Kiesabbaustätten bzw. eine Verweigerung der Genehmigung auf die Wirtschaft des Altkreises Torgau hat. Ich betrachte im folgenden, ohne damit eine Wertung zu verbinden, die Option, bei der zusätzliche Abbaustätten genehmigt werden, als Referenzsituation. Wenn ich also von einem Rückgang eines Wertes spreche, meine ich damit, daß im Fall einer Verweigerung zusätzlicher Genehmigungen der Wert kleiner ist als in der Referenzsituation.

Die Verweigerung der Genehmigungen führt, wenn man einen optimistischen Verlauf für das Wirtschaftswachstum unterstellt, dazu, daß etwa im Jahre 2010 die vorhandenen Kiestagebaue an ihre Förderkapazitäten stoßen. Es kommt zu einem Rückgang der Produktion im Bergbau-, Energie- und Wassersektor von 642 Mio. DM auf 589 Mio. DM. Eine erste Folge des Produktionsrückgangs ist eine Verringerung der Netto-Exporte von Bergbauerzeugnissen, Energie und Wasser aus dem Altkreis Torgau in Höhe von 52 Mio. DM.

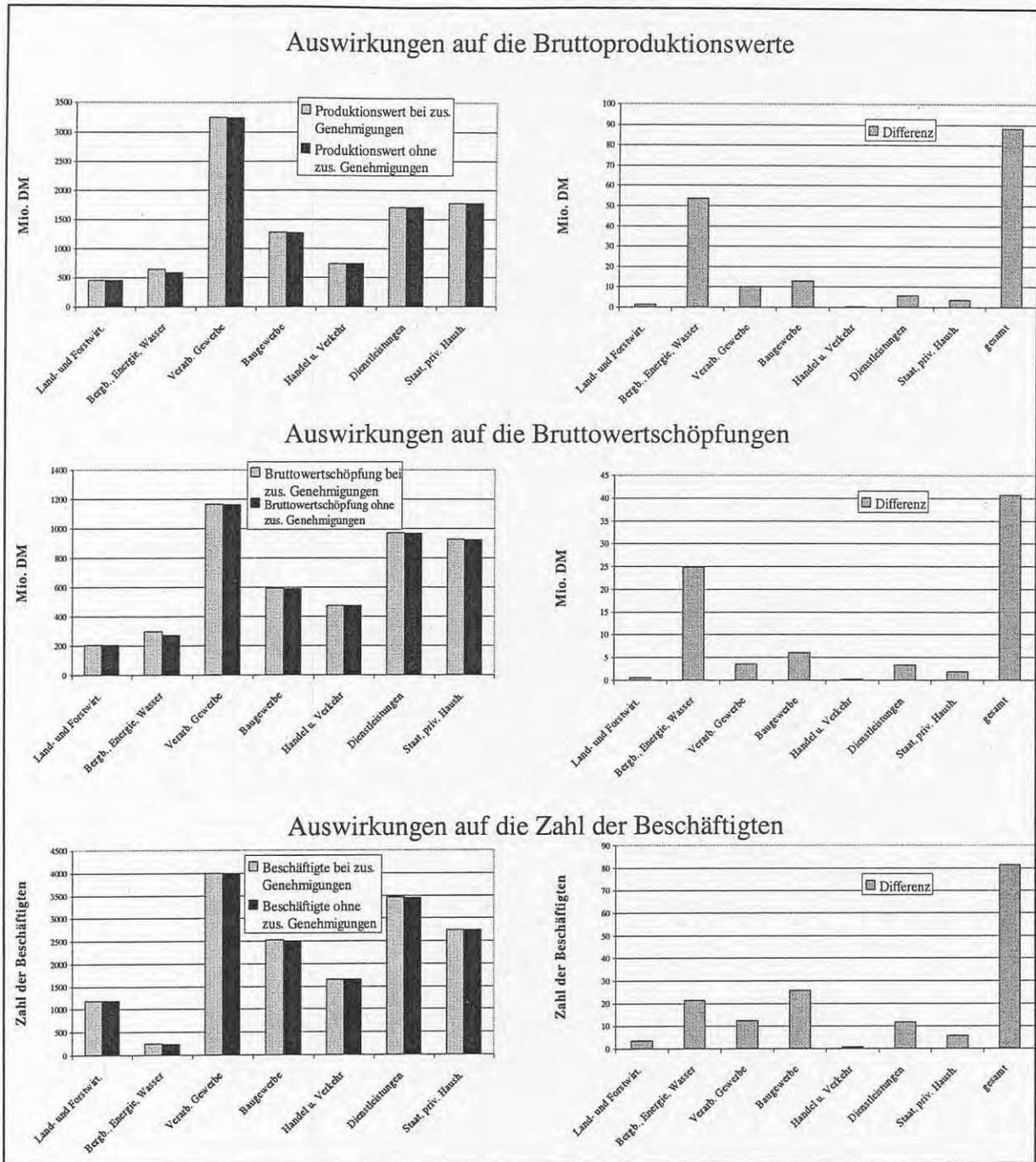


Abb. 3: Ergebnisse der Input-Output-Analyse.

Die Auswirkungen der Handlungsoption „zusätzliche Kiesabbaustätten genehmigen“ bzw. „nicht genehmigen“ auf die Produktionswerte 2030 der Wirtschaftssektoren in Preisen von 1993 sind im den oberen Diagrammen, auf die Bruttowertschöpfung 2030 der Wirtschaftssektoren in Preisen von 1993 in den mittleren Diagrammen und auf die Zahl der Beschäftigten 2030 in den unteren Diagrammen zu sehen. Die linken Diagramme zeigen jeweils die absoluten Werte der beiden Handlungsoptionen und die rechten Diagramme die Differenz aus den Werten der Optionen „genehmigen“ und „nicht genehmigen“. Die Differenzen sind durchweg positiv. Das bedeutet, daß die Produktionswerte, Bruttowertschöpfungen und die Zahlen der Beschäftigten bei der Option „genehmigen“ immer höher sind als bei der Option „nicht genehmigen“.

Aufgrund der Lieferverflechtungen einer Wirtschaft hat eine politische Entscheidung über den Umfang des Kiesabbaus nicht nur Auswirkungen auf den direkt betroffenen Sektor Bergbau, Energie- und Wasserversorgung. Mit Hilfe des Input-Output-Modells konnte abgeschätzt werden, welche Folgewirkungen dieser Produktionsrückgang auf die Produktion in den ande-

ren Sektoren sowie auf die Bruttowertschöpfungen und die Beschäftigtenzahlen hat. Allgemein läßt sich feststellen, daß eine Verweigerung zusätzlicher Genehmigungen in allen Sektoren zu einem Rückgang der Produktion, der Bruttowertschöpfung und der Zahl der Beschäftigten führt. Dabei ist es, wenn man sich noch nicht mit der Input-Output-Analyse beschäftigt hat, überraschend, daß der Rückgang der Produktion und der Bruttowertschöpfung im Sektor Bergbau, Energie- und Wasserversorgung nur knapp $\frac{1}{3}$ des gesamten Rückgangs ausmachen (vgl. Abb. 3, Diagramme oben und Mitte rechts). Bei der Beschäftigtenzahl ist der indirekte Effekt sogar noch stärker: Hier beträgt der Anteil des Rückgangs fast ein Viertel des gesamten Rückgangs (vgl. Abb. 3, Diagramme unten rechts). Die Beschäftigungswirkung im Baugewerbe ist sogar größer als im Bergbau-, Energie- und Wassersektor. Von den indirekten Beschäftigungseffekten sind weiterhin das Verarbeitende Gewerbe, das Dienstleistungsgewerbe sowie Staat und private Haushalte betroffen. Kaum tangiert sind hingegen die Sektoren Handel und Verkehr sowie Land- und Forstwirtschaft.

Insgesamt gesehen sind die indirekten Effekte also erheblich und dürfen daher bei der Beurteilung der Handlungsoptionen nicht vernachlässigt werden. Eine endgültige Beurteilung der beiden Handlungsoptionen erfolgt an dieser Stelle nicht, denn ich habe nur drei wirtschaftliche Kriterien betrachtet. Weitere wichtige Kriterien sind beispielsweise die sozialen Kosten der Entscheidungen (z. B. durch Belastungen infolge erhöhten Verkehrsaufkommens) und die nur schwer monetarisierbaren Auswirkungen auf die Ökosysteme.

Abschließend möchte ich eine Einschätzung über die Zuverlässigkeit der Ergebnisse des statischen offenen Input-Output-Modells geben. Im Verlaufe meiner Darstellung des Modells und der Ableitung der Input-Output-Tabelle wurden die zugrunde liegenden Annahmen weitgehend offengelegt. Wesentliche Annahmen waren

- die Linearität zwischen den Inputs und Outputs eines Wirtschaftssektors,
- die Kongruenz der Verflechtungsstruktur der BRD und derjenigen des Altkreises Torgau,
- die Kongruenz der Verflechtungsstruktur im Jahre 2030 und derjenigen im Jahre 1993.

Darüber hinaus ergeben sich Ungenauigkeiten, weil einige der Produktionswerte der Wirtschaftssektoren des Altkreises Torgau für 1993, mit deren Hilfe die regionale Input-Output-Tabelle aus der nationalen Tabelle abgeleitet wurde, nicht direkt erhoben wurden, sondern abgeschätzt werden mußten.

Aus dieser Zusammenstellung wird deutlich, daß die Ergebnisse äußerst vorsichtig zu interpretieren sind: Es ist zweifelhaft, ob die ermittelten Werte die Situation, die im Jahre 2030 im Altkreis Torgau vorzufinden sein wird, korrekt wiedergeben. Ich bin dennoch davon überzeugt, daß sie ein im wesentlichen zutreffendes *qualitatives* Bild von den Auswirkungen weiterer Kiesabbaugenehmigungen bzw. deren Verweigerung abgeben, das die politische Entscheidungsfindung unterstützen kann. Wenn man die beiden Handlungsoptionen gegeneinander abwägt, betrachtet man nicht die absoluten Produktionswerte, Bruttowertschöpfungen und Beschäftigtenzahlen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit von den tatsächlichen Werten im Jahre 2030 abweichen werden, sondern nur deren Differenzen. Die Zuverlässigkeit dieser relativen Ergebnisse (die rechten Diagramme in Abb. 2) ist erheblich höher, denn Fehler (wie

sie etwa durch die Modellannahmen gemacht werden), die für beide Handlungsoptionen in der gleichen Größenordnung und mit dem gleichen Vorzeichen auftreten, kürzen sich heraus.

Zu bedenken ist weiterhin, daß eine absolut zuverlässige Vorhersage der Auswirkungen der beiden Handlungsoptionen prinzipiell nicht möglich ist, weshalb es bei der Entscheidungsfindung durchaus hilfreich sein kann, auch eingeschränkt zuverlässige Prognosen zu verwenden. Ich bin daher der Meinung, daß es ratsam ist, die vorgestellten Ergebnisse zur Beantwortung der Frage, ob im Altkreis Torgau weitere Kiesabbaustätten genehmigt werden sollten oder nicht, heranzuziehen. Dennoch wäre es wünschenswert, die Vorhersagekraft des Modells zu erhöhen. Ansätze hierfür wären Verbesserungen der Datengrundlage der regionalen Input-Output-Tabelle durch einen größeren Anteil an originär erhobenen Daten sowie die Einbeziehung von Trends des technischen Fortschritts bei der Ableitung der Input-Output-Tabelle für das Jahr 2030 aus den heutigen Tabellen. Solche Trends können aus langen Zeitreihen von Input-Output-Tabellen entnommen werden.

2.5 Nachteile der komparativ-statischen Analyse

Das statische offene Input-Output-Modell wurde im letzten Unterkapitel unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit der abgeleiteten empirischen Ergebnisse diskutiert. Es wurde zu einer vorsichtigen Interpretation der Ergebnisse geraten, weil bei der Berechnung der Input-Output-Tabelle nur wenige gesicherte Eckdaten für die Wirtschaft des Altkreises Torgau verfügbar waren. Das Modell besitzt jedoch auch eine entscheidende methodische Schwäche: Es ist statisch. Alle Größen des Modells beziehen sich auf das Jahr 2030. Es können daher keine Aussagen über zeitliche Entwicklungen der Produktionswerte, der Bruttowertschöpfungen und der Beschäftigtenzahlen getroffen werden. Darüber hinaus ist es nicht möglich, intertemporale Zusammenhänge zu untersuchen. Um die Auswirkungen der politischen Handlungsoptionen auf die Wirtschaft beurteilen zu können, ist es auch wichtig, Investitionen und die Akkumulation von Kapital zu betrachten.

Eine weitere methodische Schwäche, die sowohl die statische als auch die dynamische Input-Output-Analyse betrifft, ist, daß sie die Kuppelproduktion, die die Umwelt belastet, nicht erfaßt. Es wurde nämlich angenommen, daß jeder Sektor nur ein einziges, für diesen spezifisches Gut herstellt. Im folgenden Kapitel werde ich ein dynamisches, aktivitätsanalytisches Modell vorstellen, das die beiden genannten methodischen Schwächen des komparativ-statischen Input-Output-Modells nicht aufweist.

3 Ein dynamisches, aktivitätsanalytisches Modell zur Analyse der monetären und materiellen Verflechtungen der Wirtschaft im Altkreis Torgau

3.1 Die Grundstruktur des Modells

Das Modell, das ich im folgenden entwickeln werde, verfolgt einen aktivitätsanalytischen Ansatz (vgl. von Neumann 1937; Koopmans 1951; Faber, Niemes und Stephan 1983 u.a.), der der Input-Output-Analyse ähnlich ist. Das in der Einleitung beschriebene Bild des Wirt-

schaftskreislaufes liegt auch diesem Modell zugrunde. Es unterscheidet sich von dem vorgestellten statischen Input-Output-Modell aber nicht nur durch seine Dynamik, es werden außerdem die Verflechtungsbeziehungen durch zwei Matrizen statt einer dargestellt. Die sogenannte Inputkoeffizientenmatrix beschreibt, welche Güter bei der Produktion verwendet werden, und die Outputkoeffizientenmatrix beschreibt, welche Güter in einem Sektor hergestellt werden.

In dem Modell wird diskrete Zeit und ein endlicher Zeithorizont von T Perioden unterstellt. Der Produktionsbereich der Volkswirtschaft ist in N Sektoren unterteilt. Es seien die Sektoren mit $j = 1, \dots, N$ und die verschiedenen Güter (Konsum-, künstliche und natürliche Kapital-, Zwischen- und Primärgüter) mit $i = 1, \dots, M$ indiziert. In dem Modell muß die Anzahl der Güter mindestens so groß sein wie die Anzahl der Sektoren. Man beachte, daß im Gegensatz zur Input-Output-Analyse die Güterzahl durchaus höher sein kann als die Zahl der Sektoren, was nur auftreten kann, wenn mindestens ein Sektor mehr als ein Produkt herstellt - also Kuppelproduktion vorliegt.

Die zentrale Annahme ist, ähnlich wie in der Input-Output-Analyse, daß die Transformationsprozesse innerhalb der Sektoren linear sind. Konkret wird angenommen, daß die Menge der Güter, die ein Sektor konsumiert und die Menge der Güter, die er produziert, proportional zum sogenannten Aktivitätsniveau des Sektors sind. Es seien $\mathbf{x}(t) = (x_1(t), \dots, x_N(t))^T > 0$ die Niveaus der Aktivitäten. Seien weiter $b_{ij}(t)$ die Menge des i -ten Gutes, die durch den j -ten Sektor bei einem Aktivitätsniveau von $x_j = 1$ pro Zeiteinheit produziert wird, und $a_{ij}(t)$ die Menge des i -ten Gutes, die von der j -ten Aktivität pro Einheit Aktivität und pro Zeiteinheit verbraucht wird. Dann ist $b_{ij}(t)x_j(t) - a_{ij}(t)x_j(t)$ die Menge des i -ten Dienstes, die von dem Sektor j pro Zeiteinheit netto produziert wird. Von der gesamten Region wird lediglich netto die Menge $\sum_{j=1}^m b_{ij}(t)x_j(t) - \sum_{j=1}^m a_{ij}(t)x_j(t)$ des i -ten Dienstes hergestellt. In Vektorschreibweise läßt sich die Netto-Produktion des Systems darstellen als $\mathbf{B}(t)\mathbf{x}(t) - \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t)$, wobei $\mathbf{B}(t) = (b_{ij}(t))$ die $(M \times N)$ -Matrix der Inputkoeffizienten und $\mathbf{A}(t) = (a_{ij}(t))$ die $(M \times N)$ -Matrix der Outputkoeffizienten seien. Bezeichne $\mathbf{y}(t) = (y_1(t), \dots, y_M(t))^T$ die Endnachfrage und seien weiter $\mathbf{i}(t) = (i_1(t), \dots, i_M(t))^T$ die Investitionen innerhalb der Periode t . Für die Region gilt dann, daß die Netto-Produktion aller Sektoren mindestens so groß sein muß wie die Summe aus Investitionen und Endnachfrage:¹⁰

$$\mathbf{B}(t)\mathbf{x}(t) - \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) \geq \mathbf{i}(t) + \mathbf{y}(t). \quad (2)$$

Zur Produktion eines Gutes werden nicht nur Produktionsfaktoren verbraucht, es werden darüber hinaus auch dauerhafte Kapitalgüter benötigt. Dieser Umstand wird von statischen Modellen ignoriert. Die Menge an Kapitalgütern, die hierbei zumindest vorhanden sein muß, ist - so wird angenommen - proportional zum Aktivitätsniveau des entsprechenden Sektors.

¹⁰ Wenn nichts von den produzierten Gütern ungenutzt in die Umwelt gelangt, gilt Gleichheit. Die inhaltliche Bedeutung von Ungleichung 2 entspricht der von Gleichung 1 des statischen offenen Input-Output-Modells.

Für die gesamte Region gilt, daß in jeder Periode t die in den einzelnen Sektoren eingesetzte Menge eines Kapitalgutes i nicht den gesamten Bestand $k_i(t)$ übersteigen darf:

$$\sum_{j=1}^N d_{ij}(t)x_j(t) \leq k_i(t), \quad (3)$$

wobei $d_{ij}(t)$ die Menge an Kapitalgut i bezeichnet, die pro Einheit Aktivitätsniveau im Sektor j eingesetzt werden muß. In Vektorschreibweise lautet diese Bedingung:

$$\mathbf{D}(t)\mathbf{x}(t) \leq \mathbf{k}(t).$$

Wie sich die Kapitalgüter im Laufe der Zeit akkumulieren, wird durch die folgende Beziehung beschrieben:

$$\mathbf{k}(t+1) = \mathbf{k}(t) + \mathbf{i}(t) - \mathbf{c}(t), \quad (4)$$

wobei $\mathbf{c}(t) = (c_1, \dots, c_N)^T$ die Abnutzung von Kapital in der Periode t bezeichnet. Die Gleichung besagt, daß sich der Kapitalbestand in der Periode $t+1$ aus dem Bestand in Periode t ergibt, indem man die Investitionen addiert und die Kapitalabnutzung subtrahiert.

Die (Un-)Gleichungen 2, 3 und 4 beschreiben die Struktur von Produktion und Konsumtion, den Bedarf an Kapital bei der Produktion und die Akkumulation von Kapital. Zusammen charakterisieren sie die möglichen Entwicklungspfade der Wirtschaft, wenn der Anfangsbestand an Kapital und die Endnachfrage in den Perioden $1, \dots, T$ gegeben sind. Zur Berechnung geht man iterativ vor: Ungleichung 3 gibt an, auf welchen Aktivitätsniveaus bei gegebenem Anfangsbestand an Kapital die Wirtschaft in der ersten Periode produzieren kann. Aus Ungleichung 2 kann man dann ermitteln, wieviel von den Gütern bei einem bestimmten Aktivitätsniveau in der Wirtschaft insgesamt und netto (d. h. abzüglich der Vorleistungen) hergestellt werden kann. Zieht man davon die exogen gegebene Endnachfrage ab, erhält man die Menge an Gütern, die für Investitionen übrigbleibt. Gleichung 4 besagt nun, wieviel Kapital in der nächsten Periode zur Verfügung steht. Auf die gleiche Weise geht man in den Folgeperioden vor.

Dem aufmerksamen Leser ist sicherlich nicht entgangen, daß sich aus den Ungleichungen 2, 3 und 4 im allgemeinen noch kein eindeutiger Entwicklungspfad errechnen läßt. Das gilt selbst dann, wenn man unterstellt, Ungleichung 2 wäre in Gleichheit erfüllt, also nichts von den produzierten Gütern bliebe ungenutzt. Der Grund ist, daß im allgemeinen bei gegebenem Kapitalbestand mehrere effiziente Aktivitätsvektoren¹¹ möglich sind. Um Eindeutigkeit des Entwicklungspfades zu gewährleisten, sind zusätzliche Annahmen notwendig. Beispielsweise könnte man unterstellen, daß stets derjenige Aktivitätsvektor gewählt werde, bei dem der Netto-Output $\mathbf{B}(t)\mathbf{x}(t) - \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t)$ den größten Wert hat. Um den Wert des Netto-Outputs zu berechnen, müssen allerdings die Preise der Güter bekannt sein. Statt des Wertes des Netto-Outputs könnte man auch eine andere Zielfunktion unterstellen und den bezüglich dieser Funktion optimalen Aktivitätsvektor auswählen.

¹¹ Ein Aktivitätsvektor $\mathbf{X}(t)$ heißt effizient, wenn es keinen anderen Aktivitätsvektor gibt, mit dem bei gegebenen In- und Outputkoeffizientenmatrizen von jedem Gut mindestens ebensoviel und von einem Gut mehr hergestellt werden kann.

Nachdem ich die Grundstruktur meines dynamischen, aktivitätsanalytischen Modells beschrieben habe, werde ich nun erläutern, welche Datenbasis für eine empirische Anwendung des Modells erforderlich ist.

3.2 Datenbasis für eine empirische Anwendung des dynamischen, aktivitätsanalytischen Modells

Eine empirische Anwendung meines dynamischen Modells erfordert folgende Daten:

- die Endnachfragen $y(t)$ in allen Perioden $1, \dots, T$ des Modells,
- den Anfangsbestand an Kapitalgütern $k(1)$,
- die Input- und Outputkoeffizientenmatrizen $A(t)$ und $B(t)$,
- die Kapitalbedarfskoeffizientenmatrix $D(t)$,
- die Kapitalabnutzung $c(t)$.

Die Daten für zurückliegende Perioden können zum größten Teil aus Statistiken und Erhebungen entnommen werden. Beispielsweise gibt es für die BRD Daten zu den Beständen an Kapitalgütern und die Kapitalabnutzung. Für Daten, die in der Zukunft liegen, wie etwa die zukünftigen Endnachfragen, müssen jedoch mehr oder weniger plausible Annahmen über deren zukünftige Entwicklung gemacht werden. Für das statische Input-Output-Modell habe ich ähnliche Annahmen gemacht: Ich unterstellte, daß die Lieferverflechtungsmatrizen für die Jahre 1993 und 2030 identisch seien und daß der Endnachfragevektor des Altkreises Torgau mit einer Rate von 4,4% wachse. Ähnliche Annahmen für zukünftige Werte werden auch für das dynamische Modell erforderlich sein.

Es stellt sich die Frage, wie die Koeffizientenmatrizen der Inputs, der Outputs und des Kapitalbedarfs für zurückliegende Perioden ermittelt werden können. Betrachten wir zunächst die In- und Outputkoeffizienten. Die einzigen Daten, die über die Lieferverflechtungen zwischen den Sektoren einer Wirtschaft zur Verfügung stehen, sind Input-Output-Tabellen. Aus einer Input-Output-Tabelle kann man aber tatsächlich die Input- und Outputkoeffizientenmatrizen bestimmen, wenn man wie bei der Input-Output-Analyse annimmt, daß jeder Sektor nur ein für ihn spezifisches Gut herstellt. Man geht folgendermaßen vor: Seien $M(t) = (m_{ij}(t))$ und $N(t) = (n_{ij}(t))$ die Input- und Outputmatrizen einer Volkswirtschaft in Periode t . Ein Element $m_{ij}(t)$ bzw. $n_{ij}(t)$ gibt an, wieviel von Gut i in Sektor j in Periode t verbraucht bzw. hergestellt wird. Weil ich angenommen habe, daß jeder Sektor nur ein einziges Gut herstellt, ist die Outputmatrix $N(t)$ eine Diagonalmatrix, d. h. alle Einträge außer auf der Diagonalen sind Null. Die Einträge auf der Diagonalen entsprechen gerade den Bruttoproduktionswerten der Wirtschaft. Unter dieser Annahme ist darüber hinaus die Inputmatrix $M(t)$ identisch mit der Verflechtungsmatrix der Input-Output-Tabelle.

Um von den In- und Outputmatrizen $M(t)$ und $N(t)$ auf die Koeffizientenmatrizen zu schließen, benutze ich die Annahme, die Inputs und Outputs seien proportional zum Aktivitätsvektor:

$$\mathbf{M}(t) = \mathbf{A}(t)\mathbf{x}(t) \text{ und } \mathbf{N}(t) = \mathbf{B}(t)\mathbf{x}(t)$$

Als Aktivitätsvektor $\mathbf{x}(t)$ kann man einen beliebigen in jeder Komponente positiven Vektor wählen. Nimmt man für den Aktivitätsvektor gerade die Bruttoproduktionswerte der Volkswirtschaft - das sind Diagonalelemente der Matrix $\mathbf{N}(t)$ -, dann wird die Outputkoeffizientenmatrix $\mathbf{B}(t)$ zur Einheitsmatrix und die Inputkoeffizientenmatrix $\mathbf{A}(t)$ entspricht der Koeffizientenmatrix der Input-Output-Analyse.

Im Gegensatz zur Input-Output-Analyse ermöglicht die Aktivitätsanalyse, auch Kuppelproduktion abzubilden. Es können also im Prinzip auch Stoffströme in physischen Einheiten mit dem Modell erfaßt werden. Formal berücksichtigt man zusätzliche Stoffströme (etwa von umweltrelevanten Stoffen wie Schwermetalle), indem man die Vektoren und Matrizen für jeden Stoffstrom um eine weitere Zeile ergänzt. Dadurch ändern sich die In- und Outputkoeffizienten der monetären Verflechtungen, die aus der Input-Output-Tabelle errechnet wurden, nicht. Informationen zur Errechnung der Koeffizienten für die ergänzten Zeilen können beispielsweise aus der physischen Input-Output-Tabelle des Statistischen Bundesamtes entnommen werden (StaBa 1997b).

Es gibt keine empirischen Arbeiten in Deutschland, in denen Kapitalbedarfskoeffizienten direkt erhoben werden. Verfügbar sind lediglich Studien über Investitionsverflechtungen und Kapazitätsauslastungen (z. B. Hummel und Müller 1996). Unter gewissen Annahmen lassen sich jedoch die Kapitalbedarfskoeffizienten aus Investitionsverflechtungsmatrizen und Kapazitätsauslastungsziffern der Wirtschaftssektoren errechnen (vgl. Faber, Niemes und Stephan 1983, S. 169f.).

Insgesamt gesehen sind die Datenerfordernisse des vorgestellten dynamischen Modells zwar anspruchsvoll, eine empirische Anwendung erscheint aber durchaus realisierbar. Um das Modell auf regionaler Ebene zu verwenden, wird es voraussichtlich notwendig sein, nationale Daten auf die Region zu übertragen.

3.3 Ausblick

Ich habe in diesem Beitrag diskutiert, inwieweit die Input-Output-Analyse dazu geeignet ist, die Auswirkungen politischer Handlungsoptionen auf die Wirtschaft zu simulieren. Nach einer Darstellung der Grundlagen habe ich ein statisches Input-Output-Modell auf den Altkreis Torgau angewendet. Beispielhaft habe ich untersucht, welche Auswirkungen politische Entscheidungen über die Genehmigung neuer Kiesabbaustätten auf wirtschaftliche Eckdaten der Region haben. Es wurde gezeigt, daß sich solche Entscheidungen nicht nur auf den direkt betroffenen Wirtschaftssektor Bergbau, Energie- und Wasserversorgung, sondern in erheblichem Maße auch auf andere Sektoren auswirken. Die Input-Output-Analyse ist in der Lage, solche indirekten Effekte, die nicht vernachlässigt werden sollten, aufzudecken.

Eine methodische Schwäche der statischen Input-Output-Analyse ist, daß intertemporale Zusammenhänge, wie z. B. die Entwicklung des Kapitalbestandes einer Wirtschaft, nicht modelliert werden können. Es wurde daher ein dynamisches aktivitätsanalytisches Modell entwickelt. Das Modell hat gegenüber der Input-Output-Analyse zudem den Vorteil, daß Kuppelproduktion berücksichtigt werden kann. Es können neben den monetären Güterverflechtungen zwischen den Wirtschaftssektoren auch Stoff- und Energieflüsse in physischen Einheiten erfaßt werden. Hierdurch kann die traditionelle Input-Output-Analyse beispielsweise mit Daten der physischen Input-Output-Tabellen des Statistischen Bundesamtes ergänzt werden. Von besonderem Interesse für das Verbundprojekt ist es, die Ströme von Trinkwasser und Nitraten innerhalb der Wirtschaft und zwischen der Wirtschaft und der Natur zu modellieren. Es ließen sich dann die Auswirkungen politischer Maßnahmen auf die Wasserverbräuche und Nitratemissionen der verschiedenen Sektoren abschätzen. Das im zweiten Teil dieses Beitrages entwickelte dynamische, aktivitätsanalytische Modell bietet die Möglichkeit für eine solche Erweiterung. Es kann sowohl monetäre als auch materielle Verflechtungen der Wirtschaft abbilden und somit die Auswirkungen politischer Maßnahmen auf die Wirtschaft und auf die Natur modellieren. Damit wird es zu einer geeigneten Grundlage zur Entscheidung wichtiger wirtschafts- und umweltpolitischer Fragen im Altkreis Torgau.

Literatur

- Faber, M., Niemes, H., Stephan, G. (1993): Umweltschutz und Input-Output-Analyse. Mit zwei Fallstudien aus der Wassergütwirtschaft. J.C.B. Mohr (Paul Siebeck). Tübingen
- 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
- Holub, H.-W., Schnabl, H. (1994a): Input-Output-Rechnung: Input-Output-Analyse. R. Oldenbourg Verlag. München. Wien
- Holub, H.-W., Schnabl, H. (1994b): Input-Output-Rechnung: Input-Output-Tabellen. 3. Auflage. R. Oldenbourg Verlag. München. Wien
- Horsch, H., Wätzold, F., Klauer, B., Geyler, S., Hain, J. (1999): Zukunftschancen im Torgauer Raum: Umweltqualität, Ressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung. UFZ-Bericht (in Vorbereitung)
- Hübler, O. (1979): Regionale Sektorstrukturen: Verfahren zur Schätzung und Auswertung regionaler Input-Output-Beziehungen. Duncker & Humblot. Berlin
- Hummel, M., Müller, A. (1996): Modellrechnungen zur Höhe des gesamtdeutschen Kapitalstocks und Schätzung des Produktionspotentials. ifo Studien zur Strukturforchung. ifo Institut. München

- Koopmans, T.C. (1951): The Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In: Koopmans, T.C. (Hrsg.): Activity Analysis of Production and Allocation. John Wiley & Sons. New York et al., pp. 147-154
- Leontief, W.W. (1936): Quantitative Input and Output Relations in the Economic System of the United States. *Review of Economics and Statistics* 18, pp. 105-125
- Lindner, H., Petry, G., Pfeiffer, R., Wagner, A. (1981): Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung der für die Bundesrepublik Deutschland vorliegenden Input-Output-Tabellen. Tübingen
- Marx, K. (1974): Theorien über den Mehrwert. In: Marx, K., Engels, F.: Werke. Berlin, Bd. 26.1
- Miller, R.E., Blair, P.D. (1985): Input-Output-Analysis: Foundations and Extensions. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ
- Neuman, J.v. (1937): Über ein ökonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Browserschen Fixpunktsatzes. In: Menger, K., Deuticke, F. (Hrsg.): Ergebnisse eines mathematischen Kolloquiums 8 (1935/36)
- Proops, J.L.R., Faber, M., Wagenhals, G. (1994): Reducing CO₂ Emissions: A comparative Input-Output-Study for Germany and the UK. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. New York
- StaBa (Statistisches Bundesamt) (1997a): Fachserie 18: Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung. Reihe 2: Input-Output-Tabellen 1993. Metzler-Pöschel. Stuttgart
- StaBa (Statistisches Bundesamt) (1997b): Physische Input-Output-Tabellen 1990. Schriftenreihe: Beiträge zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen. Band 1. Metzler-Pöschel. Stuttgart
- Stäglin, R. (1972): MODOP - Ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen. Anwendung statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme. *Arbeiten zur angewandten Statistik*, 15, S. 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
- Schintke, J. (1973): Modell der doppelten Proportionalität zur Schätzung von nichtnegativen Matrizen, insbesondere Input-Output-Tabellen. *Angewandte Informatik* 4, S. 153-156
- Strassert, G. (1968): Möglichkeiten und Grenzen der Erstellung und Auswertung regionaler Input-Output-Tabellen unter besonderer Berücksichtigung der derivativen Methode. Duncker & Humblot. Berlin

Naturressourcenschutz und wirtschaftliche Entwicklung

**Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung
im Elbeeinzugsgebiet**

Helga Horsch und Irene Ring (Hrsg.)

GIS und Kartographie: Annegret Kindler

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH