

SIGURD KLATT

Anwendungsmöglichkeiten ökonomischer Modelle in der Raumforschung und Raumordnung

Einleitung

Mit dem zunehmenden Interesse an der Raumordnung taucht erneut die Frage auf, wie weit die Fortschritte der Raumforschung in der Regionalpolitik nutzbar gemacht werden können. Aufschluß hierüber geben mehrere Veröffentlichungen¹, die aber schon deshalb einer erneuten Überprüfung bedürfen, weil einige sogenannte ökonomische Raummodelle erst in jüngster Zeit erhebliche Verfeinerungen erfahren haben und in dem oben angedeuteten Sinne angewendet worden sind. Allerdings ist im folgenden keine Aufzählung oder vollständige Übersicht vorgesehen, sondern eine Darlegung der bei den Versuchen einer Anwendung ökonomischer Raummodelle generell auftretenden Probleme. Ihre Diskussion erfolgt an zwei besonders wichtigen Gruppen von Modellen.

Der Begriff „ökonomisch“ stellt sich schon bei ersten einleitenden Überlegungen schnell auch als der zentrale heraus und bestimmt in gewissem Maße die Deutung der anderen Begriffe des Themas.

Die Ökonometrie entstand – folgen wir *Henn*² – „aus dem Anliegen, eine Synthese zwischen dem Datenmaterial der Wirtschaftsstatistik und den Idealmodellen der Wirtschaftstheorie zu finden“. Da sich sowohl die Wirtschaftsstatistik wie auch die Wirtschaftstheorie in jüngster Zeit in zunehmendem Maße der Mathematik bedienen, steht die

Ökonometrie als ein Grenzgebiet zwischen den drei Wissenschaften³ Statistik, Ökonomik und Mathematik.

Diese Hinweise genügen, um unter den verschiedenen Raummodellen jene auszuklammern, die nicht als ökonomische zu kennzeichnen sind. So scheiden erstens rein statistische Raumabgrenzungen aus den folgenden Erörterungen aus. Als Beispiele hierfür wären etwa anzuführen: die Stadtabgrenzung auf dem Internationalen Statistischen Kongress in London 1860 unter Anwendung des „Schwellenwertes“ von 2000 und mehr Einwohnern⁴; die Kennzeichnung einer Stadtregion durch „Schwellenwerte“ der Bevölkerungsdichte, Ein- und Auspendlerzahlen und der Beschäftigungsstruktur⁵.

Ebenso fallen zweitens alle rein wirtschaftstheoretischen „Raummodelle“ wie etwa die „Absatzgebiete“, „Beschaffungsgebiete“ (oder Räume des Beschaffungspotentials eines Unternehmens)⁶, „Wirtschaftsräume“ und ähnliche Räume weg. Schließlich bleiben drittens auch rein mathematische Raummodelle unberücksichtigt, sofern sie Ansatzpunkte für eine Synthese mit den anderen beiden Wissensgebieten zu einem ökonomischen Raummodell (noch) nicht erkennen lassen. Dies gilt z. B. für den Versuch von *Fischer*⁷, den ökonomischen Raum über Begriffe der „Wirkungsrelation“ und des „Wirkungsgebietes“ mit Mitteln der (mengentheoretischen) Topologie charakterisieren zu wollen.

Um dieser negativen Abgrenzung schon hier ein positives Bild von möglichen ökonomischen Raummodellen gegenüberzustellen, sei auf Modelle der regionalen Bevölkerungsentwicklung und -wanderung, der regionalen Sozialproduktberechnungen, der regionalen Multiplikatoranalysen, der mathematischen Bestimmung optimaler Standorte, fer-

¹ Hier wäre als erste umfassende Veröffentlichung im deutschen Sprachbereich und noch vor *Isard* das Buch *Boustedt, Olaf; Herbert Ranz: Regionale Struktur- und Wirtschaftsforschung. Aufgaben und Methoden.* – Bremen-Horn 1957 zu nennen. Neuerdings etwa auch *Müller, Heinz J.: Neuere Methoden der Regionalforschung. Ihre Anwendungsmöglichkeiten durch die verschiedenen Planungsträger.* In: *Der Landkreis*. 10 Jg. (1965) S. 366 f. *Henrichsmeyer, W.: Zur Anwendung von modernen Methoden der Regionalforschung im Agrarbereich.* In: *Der Diplom-Landwirt*. 15. Jg. (1965) S. 82 f. Als eine der jüngsten, sehr aufschlußreichen Veröffentlichungen zur vorliegenden Fragestellung ist die Dissertation von *Spreen, Eckhardt: Räumliche Aktivitätsanalyse.* – Göttingen 1965, anzuführen. Einige Auseinandersetzungen mit der Anwendbarkeit ökonomischer Raummodelle sind auch bei *Hans K. Schneider* zu finden; siehe: *Plankoordinierung in der Regionalpolitik.* In: *Rationale Wirtschaftspolitik und Planung in der Wirtschaft von heute.* – Berlin 1967. = Schriften des Vereins für Socialpolitik, N.F. Bd. 45, S. 239 ff.

² *Henn, Rudolf: Ökonometrie.* In: *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften.* Bd. 8 (1961) S. 51–59.

³ Vgl. dazu etwa *Tinbergen, Jan: Einführung in die Ökonometrie.* – Wien, Stuttgart 1952. S. 9.

⁴ Vgl. *Horstmann, Kurt: 100 Jahre Stadt/Land-Gliederung in der Statistik. Ein merkwürdiges Jubiläum.* In: *Institut für Raumforschung. Informationen.* 10. Jg. (1960) H. 22, S. 535–542.

⁵ Siehe etwa *Lenort, Norbert J.: Entwicklungsplanung in Stadtregionen.* – Köln u. Opladen 1961; insbes. S. 73 ff. mit Hinweisen auf Arbeiten von *Boustedt*.

⁶ Dazu etwa *Behrens, Karl Christian: Allgemeine Standortbestimmungslehre mit einem Anhang über Raumordnung.* – Köln u. Opladen 1961; etwa S. 54 ff. oder S. 73 ff.

⁷ *Fischer, W. L.: Ökonomischer und mathematischer Raum.* In: *Unternehmensforschung.* Bd. 2 (1958) S. 185 ff.

nier auf die Industrie-Komplex-Analyse, auf Gravitations- und Potentialmodelle und schließlich auf die räumlichen Input-Output-Techniken und die räumlichen (linearen) Programmierungsmethoden verwiesen. Diese Hinweise entsprechen in etwa den Kapitelüberschriften des bekannten Sammelwerkes von Isard⁸. Würden wir auch einzelne Spezialgebiete zu erfassen versuchen, so wären darüber hinaus Ansätze einer Übertragung der Monte-Carlo-Methode, der Spieltheorie oder der Kybernetik auf räumliche Probleme anzuführen⁹, die häufig unter dem Begriff des Operations Research zusammengefaßt werden.

Eine Systematik der raumwirtschaftlichen Modelle herauszuarbeiten ist oft versucht worden¹⁰, aber nie zufriedenstellend geglückt. Je nach Fragestellung und Schwerpunkt werden deshalb u. a. unterschieden¹¹:

1. Partial- oder Global-Modelle nach dem Umfang der einbezogenen Probleme, d. h. je nach betriebs- bzw. volkswirtschaftlicher Fragestellung;
2. lineare oder nichtlineare Raummodelle, je nach der unterstellten Produktions- und/oder Nachfragefunktion;
3. Explikations- oder Dezisions- (oder Optimierungs-)modelle, je nach der Verwendbarkeit der Modelle, die von ihrer Struktur abhängt.

Ökonometrische Raummodelle entstehen in einem Erkenntnisprozeß (der hier nicht zur Diskussion steht), von dem kurz gesagt werden kann, daß in diesem Prozeß eine Reihe von Tatbeständen der Realität isomorph abgebildet und gedanklich so verknüpft wird, daß die Zusammenhänge sich mathematisch formulieren und auf statistische Fakten stützen lassen. Schließlich bedarf es noch einiger Überlegungen, in welchem Sinne wir von „Anwendungsmöglichkeiten“ ökonometrischer Raummodelle sprechen wollen und können. Eine scheidet von vornherein aus, da sie von allen ökonometrischen Modellen impliziert wird: Die „Anwendung“ im Sinne einer Konfrontation des Modells mit Fakten.

Welche Anwendungsmöglichkeiten bleiben dann „übrig“? Alle jene, die die Aufgabe jeder Wissenschaft ausmachen, nämlich der „Weltorientierung der Menschen zu dienen“ oder (enger) Handlungsalternativen zu klären¹².

Entsprechend den Gruppierungen der entscheidenden und handelnden Wirtschaftssubjekte wird auch bei ökonometrischen Raummodellen zu prüfen sein, ob sie den Haushalten,

Unternehmen und/oder Gebietskörperschaften als Entscheidungshilfe dienen können oder nicht, ob sie die Verhaltensweisen der jeweiligen Arten von Wirtschaftssubjekten zu erklären und/oder vorherzusagen gestatten.

Besonderes Gewicht soll im folgenden auf die „Anwendungsmöglichkeiten im wirtschaftspolitischen Sinne“ gelegt werden, also in der Raumordnung. Deshalb kann als wiederkehrende und engere Frage gestellt werden: Ist das (betreffende) ökonometrische Raummodell in der Lage, der Raumordnung und Landesplanung (etwa auf einer der drei wichtigsten Ebenen im föderativen Aufbau der Trägerschaft in der Bundesrepublik) zu dienen? Mit anderen Worten: Sind die Raummodelle für Diagnosen, Prognosen, Optimierung von Programmen brauchbar; wenn ja, unter welchen Voraussetzungen, insbesondere über welche Zeiträume?

Aus der Vielzahl formal unterschiedlich aufgebauter und material differenzierter Raummodelle seien im folgenden zwei Gruppen näher untersucht und eingehender beurteilt. Wir wählen zu diesem Zweck die tatsächlich am häufigsten angewandten und diskutierten Modelle aus, zwischen denen zudem einige gegenseitige Beziehungen bestehen, die aber trotzdem deutliche Unterschiede aufweisen:

1. Räumliche Input-Output-Modelle als Beispiele für Explikationsmodelle
2. Räumliche Programmierungsmodelle als Beispiele für Dezisionsmodelle

Der Aussagewert dieser zwei Gruppen von Modellen wird nach gleichen Gesichtspunkten geprüft: Zunächst wird die Struktur der Modelle geschildert, dann wird auf Begrenzungen der Modelle eingegangen, um schließlich die Brauchbarkeit der betreffenden Modelle zu charakterisieren.

1. Aussagewert räumlicher Input-Output-Modelle

1.1 Struktur der Modelle

Räumliche Input-Output-Modelle stellen – genau wie alle anderen Systeme dieser Gattung – die wirtschaftlichen Verflechtungen zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen einer oder mehrerer Regionen in Form einer Tabelle (mit doppeltem Eingang) oder in Form von Gleichungen dar¹³.

Die Interdependenzen sind durch Bezug und Absatz oder Einsatz und Ausstoß (d. h. input und output) gegeben (vgl. Schema).

Im Fall einer tabellarischen Darstellung stellen die Spalten die Einsatzgrößen der Sektoren 1, 2 usw., die Zeilen die Ausstoßgrößen der Sektoren 1, 2 usw. dar. Dieses

⁸ Isard, Walter (u. a.): *Methods of regional analysis: an introduction to regional science.* (Hrsg.: Massachusetts Institute of Technology. – New York, London 1960. Neudruck 1963.

⁹ Vgl. dazu insbesondere Grundmann, Werner (u. a.): *Mathematische Methoden zur Standortbestimmung.* – Berlin 1968. (Erscheint demnächst.) Damit ein Vergleich mit den Anwendungsfällen in östlichen Ländern angestellt werden kann, wird auf diese Quelle ausführlicher eingegangen, die z. Z. noch nicht veröffentlicht ist und deren Literaturhinweise schwer zugänglich sein dürften.

¹⁰ Vgl. z. B. Esawa, König, Boudeville, J. H. Müller u. a.

¹¹ Grundmann, Werner (u. a.): a.a.O., Abschnitt 1.4.

¹² Vgl. dazu vom Verf.: *Abstraktionsgrad und Realitätswert der Wirtschaftstheorie.* In: *Wissenschaft und Praxis. Festschrift zum zwanzigjährigen Bestehen des Westdeutschen Verlages.* – Köln u. Opladen 1967. S. 166.

¹³ Vgl. dazu etwa als Auswahl im deutschen Schrifttum: Leontief, Wassily: *Einsatz-Ausstoß-Analyse.* In: *Handwörterbuch der Sozialwissenschaften.* Bd. 3 (1961) S. 83–91. Platt, Heinz: *Input-Output-Analyse.* – Meisenheim am Glan 1957.

Krelle, Wilhelm: *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung.* 2. Aufl. – Berlin 1967; insbes. S. 142 ff.

Kraft, Jürgen; Carles Ossorio-Capella: *Regionale Input-Output-Analyse.* In: *Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung.* – Hannover 1966. Sp. 1629–1653.

„Modell“ ist nun durch verschiedene Annahmen und Verfeinerungen in seiner Grundstruktur für die Regionalforschung abzuwandeln. Im folgenden werden drei Hauptgruppen von Modellen unterschieden: lineare intraregionale Input-Output-Systeme, lineare interregionale Input-Output-Systeme und nicht-lineare interregionale Input-Output-Systeme.

1.1.1 Lineare intraregionale Modelle

Intraregionale Input-Output-Modelle sind für Teilräume einer Volkswirtschaft aufgestellte Tabellen der Beziehungen zwischen den einzelnen Wirtschaftszweigen dieses Teilraumes und zwischen dem Teilraum und dem „übrigen Raum“ (Exporte aus dem, Importe in den Teilraum). Als „linear“ sind sie wegen der dabei unterstellten Art des funktionellen Zusammenhangs zu bezeichnen, als „intra-regional“ deshalb, weil sie insbesondere die Verflechtungen der einzelnen Wirtschaftszweige innerhalb einer Region aufzeigen.

Wieweit können einer derartigen Tabelle Hinweise für eine rationale Regionalpolitik entnommen werden?

Falls die Exporte und Importe der einzelnen Wirtschaftszweige der untersuchten Region ausgewiesen wurden, ist es möglich, „sektorale Handelsbilanzen“ aufzustellen. Diese Bilanzen stellen eine Verfeinerung der „export-base-theory“ dar, die einer regionalen Entwicklungspolitik häufig als Konzept zugrunde liegt.

Entwicklungsprobleme einer Region lassen sich nun als Strukturfragen der Handels- und Zahlungsbilanz deuten. Die Kenntnis der sektoralen Bilanzen gibt somit Ansatzpunkte für ein planmäßiges Gestalten des regionalen Entwicklungsprozesses¹⁴.

Allerdings muß beachtet werden, daß die Exportnachfrage in offenen intraregionalen Input-Output-Modellen modellexogen vorgegeben ist. Durch Modellabwandlungen kann also über diese Größe kein zusätzlicher Aufschluß erreicht werden¹⁵. Über die Importe können dagegen differenziertere Aussagen gemacht werden:

- durch Aufgliederung der sektoralen Import-Koeffizienten nach einzelnen Güterarten und/oder
- durch Aufgliederung der sektoralen Import-Koeffizienten nach Herkunftsregionen¹⁶.

Der Bedarf an statistischen Daten (d. h. die Zahl der Einzelfelder der Input-Output-Tabelle) für dieses Modell wächst mit dem Quadrat der Anzahl der Wirtschaftszweige (Sektoren), die im untersuchten Teilraum ausgewiesen wurden. Hinzu kommen modellexogene Unterlagen für diese Sektoren (Endnachfrage, insbesondere Exporte). Schließlich beeinflussen die soeben angedeuteten Erweiterungsmöglichkeiten im Bereich der Importe den Umfang des erforderlichen Materials.

		Einsatz			
		Sektor 1	Sektor 2	Sektor 3	
Ausstoß	Sektor 1		z. B. Lieferungen von Sektor 1 an Sektor 2 = Empfang Sektor 2 von Sektor 1		Gesamt- ausstoß Sektor 1
	Sektor 2				Gesamt- ausstoß Sektor 2
	Sektor 3				Gesamt- ausstoß Sektor 3
		Gesamt- einsatz Sektor 1	Gesamt- einsatz Sektor 2	Gesamt- einsatz Sektor 3	

Schema einer Input-Output-Tabelle

Der statistische Mindestbedarf umfaßt also

$$s^2 + s$$

verschiedene Daten, wenn s die Zahl der Sektoren meint. Bei $s = 30$ Sektoren, einer Zahl, die für regionalpolitische Zwecke gegebenenfalls sogar noch erhöht werden muß¹⁷, ergibt sich also ein Bedarf von 930 Daten insgesamt.

1.1.2 Lineare interregionale Modelle

In der wichtigsten Gruppe der linearen interregionalen Input-Output-Modelle sind etwa folgende vier Arten von Modellen zu unterscheiden: Austauschmodelle, Produktionsmodelle, Handelsmodelle und Gleichgewichtsmodelle.

1.1.2.1 Austauschmodelle

Interregionale Austauschmodelle für eine Volkswirtschaft sind nach dem Input-Output-Schema aufgebaut, aber nicht nach Wirtschaftszweigen, sondern nach Wirtschaftsräumen gegliedert. Austauschmodelle zeigen die zwischen den Re-

¹⁷ 30 Sektoren entsprechen bei der Darstellung der Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt der folgenden Aufgliederung, die auch in der Statistik der BRD üblich ist: 1. Landwirtschaft; 2. Forstwirtschaft; 3. Fischereigewerbe, Gärtnerei und Tierhaltung; 4. Energiewirtschaft; 5. Bergbau; 6. Chemische Industrie, Mineralölverarbeitung usw.; 7. Gewerbe der Steine und Erden, Feinkeramik, Glasgewerbe; 8. Eisen- und NE-Metallerzeugung und -bearbeitung; 9. Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau; 10. Elektrotechnik, Feinmechanik, Herstellung von EBM-Waren usw.; 11. Holz-, Papier- und Druckgewerbe; 12. Textilgewerbe; 13. Leder- und Bekleidungsgewerbe; 14. Nahrungs- und Genussmittelgewerbe; 15. Baugewerbe; 16. Großhandel und Handelsvermittlung; 17. Einzelhandel; 18. Eisenbahnen; 19. Schifffahrt, Wasserstraßen und Häfen; 20. Übriger Verkehr; 21. Nachrichtenübermittlung; 22. Kreditinstitute und Versicherungsgewerbe; 23. Wohnungsvermittlung; 24. Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe; 25. Wissenschaft, Bildung, Kunst und Publizistik; 26. Gesundheits- und Veterinärwesen; 27. Übrige Dienstleistungen; 28. Staat; 29. Private Haushalte; 30. Private Organisationen ohne Erwerbscharakter; siehe: Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1966, z. B. S. 548.

¹⁴ Spreen, Eckhardt: a.a.O., S. 13.

¹⁵ Siehe Krelle, Wilhelm: a.a.O., S. 149 ff.

¹⁶ Spreen, Eckhardt: a.a.O., S. 23.

gionen bestehenden Beziehungen auf. Sofern die Modelle geschlossen sind, entspricht dem regionalen Einkommen jeweils die regionale Nachfrage.

Offene Austauschmodelle arbeiten mit exogen vorgegebener regionaler Endnachfrage. Die Zeilen der Input-Output-Tabelle geben die Lieferung der regionalen Produktion an andere Wirtschaftsräume und den Eigenverbrauch wieder; die Spalten zeigen die Importbeziehungen auf. Lösungen eines entsprechenden Gleichungssystems zeigen, wie sich autonome Nachfrageveränderungen auf die Einkommen der verschiedenen Regionen auswirken.

Entsprechend der Anzahl der Regionen r und der für sie (in offenen Modellen) vorgegebenen exogenen Variablen umfaßt der Datenbedarf für interregionale Austauschmodelle

$$r^2 + r$$

Angaben, bei zehn Regionen¹⁸ also 110 Daten.

1.1.2.2 Produktionsmodelle

Interregionale Produktionsmodelle stellen die globalen räumlichen Verflechtungsanalysen dar. Sie umfassen sowohl die Aufgliederung nach Wirtschaftszweigen wie nach Wirtschaftsregionen.

Wenn wir ein Modell aus s Wirtschaftszweigen in jedem Wirtschaftsraum und mit insgesamt r Regionen bilden, dann umfaßt das Gesamtsystem $s \cdot r$ endogene Sektoren; die Tabelle also $s \cdot r$ Spalten und $s \cdot r$ Zeilen. Demnach sind

$$r^2 \cdot s^2 + r \cdot s$$

Einzelangaben erforderlich, also (bei der oben gewählten Sektor- und Regionenzahl) $10^2 \cdot 30^2 + 10 \cdot 30 = 90\,000 + 300 = 90\,300$ Daten. Dieses detaillierte Input-Output-Modell, das auf *Isard* zurückgeht, gliedert die Güterströme global nach Ursprungssektor und -region wie auch nach Bestimmungssektor und -region. Die Austauschbeziehungen werden durch Produktionstechnik und Handelsstruktur gleichzeitig bestimmt. Dieses interregionale Produktionsmodell stellt somit die vollständige Übertragung der Input-Output-Methode auf ein Raummodell dar.

1.1.2.3 Handelsmodelle

Als „Handelsmodelle“ seien hier interregionale Input-Output-Modelle bezeichnet, die anstelle der Koeffizienten, die die Produktions- und Austauschstruktur gemeinsam und gleichzeitig kennzeichnen, besondere „Handelskoeffizienten“ (Koeffizienten für Handelsbeziehungen) enthalten. Wenn die außerregionalen Bezugsquellen für alle Sektoren annähernd die gleiche Bedeutung haben, kann mit durchschnittlichen Koeffizienten gearbeitet werden, wodurch die Struktur des Modells vereinfacht und der Datenbedarf erheblich gesenkt werden. Zusammen sind $r \cdot s^2 + r^2 \cdot s$ technische und Handelskoeffizienten sowie $s \cdot r$ exogene Variable

erforderlich¹⁹, also (s. o.) $10 \cdot 900 + 100 \cdot 30 + 30 \cdot 10 = 12\,000 + 300 = 12\,300$ Daten.

1.1.2.4 Gleichgewichtsmodelle

Interregionale Gleichgewichtsmodelle stellen einen von den bisher geschilderten völlig abweichenden Modelltyp dar. Sie wurden ebenfalls von *Leontief* konzipiert und können als Systeme auf der Basis partieller Gleichgewichte beschrieben werden. Ausgangspunkt ist die Unterscheidung lokaler, regionaler und internationaler Güter. Als Unterscheidungsmerkmal dient der Raum, in dem Angebot und Nachfrage nach einem Gut zum Ausgleich kommen²⁰. Der Datenbedarf kann dabei im Vergleich zum vorhergehenden Modell weiter gesenkt werden:

$$r \cdot s^2 + (s - a) r + r \cdot s$$

Angaben, also (s. o., und wenn $a = 10$) $9200 + 300 = 9500$ Daten, wobei a die Zahl der Güter meint, die nur innerhalb der Region geliefert und bezogen werden.

1.1.3 Nichtlineare interregionale Modelle

Einige Ansätze für interregionale Input-Output-Modelle, in denen ein Teil des Systems in nichtlineare Form gefaßt wird, liegen vor.

So hat beispielsweise *Lloyd Metzler*²¹ ein nichtlineares Einkommens- und Handelsmodell für einen r -Regionen-Fall aufgestellt, in dem die Ausgabenneigungen der Länder nicht linear zu sein brauchen.

Einen weiteren nichtlinearen Ansatz entwickelte *Wassily Leontief*²², indem er in einem interregionalen Modell eine zweidimensionale Importabhängigkeit berücksichtigte. Die Struktur dieses neuen Input-Output-Modells entspricht der eines Gravitationsmodells²³. Abschließende Beurteilungen dieser Modelle sind zur Zeit noch nicht möglich.

1.2 Grenzen der Modelle

Die räumlichen Input-Output-Modelle werden in ihrem Aussagewert und in ihrer Anwendbarkeit begrenzt durch die geschilderten strukturellen Merkmale. Die folgenden Modellvoraussetzungen oder -annahmen seien nochmals hinsichtlich ihrer Implikationen überprüft: die Definition der Sektoren, der Regionen und der Produktionsfunktionen²⁴.

¹⁹ Vgl. *Spreen, Eckhardt*: a.a.O., S. 30 ff. u. 35.

²⁰ *Leontief, Wassily* (u.a.): Studies in the structure of American economy. – New York 1963. S. 93 ff.

²¹ *Metzler, L. A.*: A multiple-region theory of income and trade. In: *Econometrica*. Bd. 18 (1950) S. 329 ff.

²² *Leontief, Wassily*: Die multiregionale Input-Output-Analyse. – Köln u. Opladen 1963. = Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, H. 123.

²³ Vgl. *Spreen, Eckhardt*: a.a.O., S. 38.

Vgl. *Steiner, Alfons*: Interregionale Verkehrsprognosen. – Göttingen 1966. S. 119 ff.

²⁴ Vgl. dazu *Isard, Walter* (u. a.): Methods of regional analysis: an introduction to regional science. (Hrsg.: Massachusetts Insti-

¹⁸ Diese Zahl von Regionen entspricht der Aufgliederung der Bundesrepublik Deutschland in Bundesländer, ist also für regionalpolitische Zwecke noch recht niedrig.

1.2.1 Definition der Sektoren

Gefordert wird, daß bei der Abgrenzung von Sektoren homogene Einheiten entstehen. Zweck einer detaillierten Aufteilung der regionalen Gesamtwirtschaft in eine Vielzahl homogener Wirtschaftswege ist der tiefere Einblick, den dieses System bietet, und die höhere Stabilität der endogenen Parameter, die den Genauigkeitsgrad einer Analyse oder einer Prognose hebt. Doch kann eine sehr weitgehende Aufteilung in sehr kleine Einheiten lediglich scheinbare Aussagegewinne bringen.

Chipman²⁵ weist darauf hin, daß bei einer zu starken Disaggregation der Genauigkeitsgrad abnimmt. Dagegen heben sich die Fehler innerhalb relativ großer Gruppen gegenseitig weitgehend wieder auf. Es wird folglich einen Bereich optimaler Disaggregation geben, in dem die positive Differenz zwischen den Vor- und Nachteilen einer möglichst weitgehenden Disaggregation am größten ist. Dieser Bereich wird bei unterschiedlichen Fragestellungen verschieden liegen; allgemein läßt er sich nicht bestimmen. Nicht zuletzt ist die Aggregation oder Disaggregation auch eine Kostenfrage; sie wirft Definitions- und Abgrenzungsprobleme auf²⁶.

1.2.2 Definition der Regionen

„Für die regionale Gliederung eines interregionalen Input-Output-Systems... gelten formal die gleichen Beziehungen wie für die sektorale. Innerhalb eines regionalen Sektors müssen neben der identischen Produktionsstruktur zusätzlich identische Bezugs- und Absatzmärkte gegeben sein...“²⁷.

Diese Bedingung ist wahrscheinlich selten zu realisieren und ist nicht zuletzt eine Frage der Abgrenzungsmethode der Region nach den verschiedenen Kriterien (Homogenität, Gestaltung, Interdependenz)²⁸.

Wieweit wird ein nach funktionalen Gesichtspunkten gegliedertes regionales Input-Output-Modell diesen Bedingungen gerecht? Innerhalb einer nach funktionalen Merkmalen abgegrenzten Region sind zwar die wechselseitigen Abhängigkeiten größer als zwischen den Regionen. Identische Bezugsbereiche müssen aber in einer funktionalen Region keineswegs für alle Güter gegeben sein, selbst nicht für gleiche Faktoren. Eine so streng regelmäßig unterstellte

Wirtschaftsstruktur im Wirtschaftsraum erscheint doch recht wirklichkeitsfremd.

1.2.3 Definition der Produktionsfunktionen

Die Produktionsfunktionen, die den meisten Input-Output-Systemen zugrunde liegen, werden durch zwei Merkmale gekennzeichnet: Linearität und Parameterkonstanz. Beide unterwerfen die Modelle besonderen Begrenzungen. Zuerst ist anzuführen, daß bei den räumlichen Input-Output-Systemen von linearen Produktionsfunktionen ausgegangen wird, die zwar im gewerblichen Bereich der Wirtschaft auftreten können, die aber nicht ohne weiteres für die Nachfrage der Haushalte, des Staates und des Auslandes unterstellt werden dürfen. In unseren Modellen müssen diese Sektoren als autonome Komponenten behandelt werden²⁹.

Die Strukturparameter regionaler Input-Output-Systeme – die sogenannten technischen Koeffizienten – werden aus Tabellen ex post berechnet. Ihre Gültigkeit und Konstanz für die folgende(n) Periode(n) wird angenommen. Damit wird auch eine konstante Produktionstechnik in der Zeit unterstellt. Ist dies eine erhebliche Abweichung gegenüber der Wirklichkeit³⁰? Spezialuntersuchungen haben ergeben, daß die Veränderungen der technischen Koeffizienten in einem Zeitraum von 3 bis 5 Jahren verhältnismäßig klein sind³¹. Konstanz ist hier also im Sinne „relativer Stabilität“ aufzufassen³². Unabhängig von dieser Feststellung kann man versuchen, technischen Fortschritt zu antizipieren. Auf diese Weise könnten Fehler in der Prognose vermieden werden. „Anhaltspunkte bietet in dieser Hinsicht der Tatbestand, daß die in einem bestimmten Zeitraum angewandten Produktionstechniken eine Mischung moderner und veralteter Verfahren darstellen. Gehen wir davon aus, daß die modernsten Produktionsverfahren von heute die allgemeine Technik von morgen repräsentieren, so ergibt sich die Möglichkeit, das technische Strukturschema auf die jeweils modernste Produktionstechnik zu beziehen und so die Einsatzfähigkeit der Input-Output-Analyse für prognostische Zwecke zu verbessern“³³. Als geeignete Zeiträume werden jedoch auch hier nur etwa fünf, höchstens acht Jahre einzusehen sein. Neben den internen und externen Ersparnissen (die economies of scale, localisation and urbanisation economies umfassen) können aber auch Preisveränderungen die Produktionskoeffizienten verändern, die ferner vom Aussagewert des statistischen Materials erheblich beeinflußt werden, das z. B. eine Trennung der Einkäufe nach dem Verwendungszweck (Investitions- oder laufender Verbrauch) nicht zuläßt. Auch läßt der mehr oder minder hohe Aggregationsgrad in diesem System wenig Raum für

tute of Technology. – New York, London 1960. Neudruck 1966. S. 319 ff., oder auch

Spreen, Eckhardt: a. a. O., insbes. S. 53 ff.

Steiner, Alfons: a. a. O., insbes. S. 32 ff.

Holder, Wilfried: Die Input-Output-Analyse und ihre Fehlerquellen. Diss. – Tübingen 1960.

Leontief, Wassily: Interregionale Beziehungen wirtschaftlicher Aktivitäten. In: Probleme des räumlichen Gleichgewichts in der Wirtschaftswissenschaft. – Berlin 1959. = Schriften des Vereins für Socialpolitik, N. F. Bd. 14. S. 49 f.

²⁵ Chipman, J. S.: The multi-sector multiplier. In: Econometrica. Bd. 18 (1950) S. 356 ff.

²⁶ Isard, Walter: a. a. O., S. 319 f.

²⁷ Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 64.

²⁸ Siehe dazu insbesondere Boustedt, Olaf; Herbert Ranz: a. a. O., S. 31 ff., neuerdings auch Siebert, Horst: Zur Theorie des regionalen Wirtschaftswachstums. – Tübingen 1967. S. 15 ff.

²⁹ Vgl. Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 17.

³⁰ Siehe dazu Isard, Walter: a. a. O., S. 338 ff.

³¹ Stäglin, Reiner: Input-Output-Analyse. In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung. Jg. 1963. H. 2. S. 217.

³² Leontief, Wassily: Die multiregionale Input-Output-Analyse, a. a. O., S. 81.

³³ Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 58.

die Wahl- und Entscheidungsfreiheit der Wirtschaftssubjekte sichtbar werden. Im Vergleich zu einem intraregionalen Modell werden sich diese Schwierigkeiten im interregionalen Modell sogar noch vervielfachen³⁴.

Zum Schluß sei nochmals an den Datenbedarf der Input-Output-Modelle erinnert. Auch der Mangel an empirischen Unterlagen dürfte der Anwendung der Modelle häufig Grenzen setzen.

1.3 Brauchbarkeit der Modelle

1.3.1 Anwendungsmöglichkeiten

Sind die räumlichen Input-Output-Modelle somit geeignet, die Wirklichkeit zu erklären und als Entscheidungshilfe zu dienen? Wir beschränken uns im folgenden auf die wirtschaftspolitischen Anwendungsmöglichkeiten.

Die einfachen, räumlichen Input-Output-Tabellen sind – als disaggregierte volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen – geeignet, einer detaillierten Lageanalyse zu dienen. Als ex-post-Darstellungen sind sie brauchbare Deskriptionsmodelle³⁵, auf die eine Regionalpolitik nicht verzichten kann. Räumliche Input-Output-Tabellen können erste Grundlagen für Input-Output-Analysen sein, die Kausalbeziehungen einschließen und zu Explikationsmodellen³⁶ führen. Hierbei ist die regionale Wirtschaftspolitik insbesondere an Diagnosen und Projektionen interessiert.

„Als Diagnosemodell ermöglichen die räumlichen Input-Output-Modelle eine Zuordnung der Produktion einzelner regionaler Wirtschaftszweige auf die sie hervorruhenden autonomen Nachfragekomponenten. Entsprechende Aussagen sind auch bezüglich des Arbeitskräfteeinsatzes und der Höhe und Struktur der einzelnen Handelsströme möglich. Auf diese Weise könnten Fehlentwicklungen im Produktionsniveau und der Produktionsstruktur auf ihre Ursachen zurückgeführt werden. Weiterhin ließen sich genauere Kriterien für das Ausmaß der intra- und interregionalen Arbeitsteilung gewinnen, da die Abhängigkeit des Outputs und der Beschäftigung der regionalen Produktionssektoren von der interregionalen Nachfrage quantifiziert werden kann“³⁷.

Unter gewissen Voraussetzungen ist das räumliche Input-Output-Modell auch als Projektionsmodell³⁸ für die kürzere Frist geeignet. Gerade in diesem Zusammenhang ist allerdings an die Grenzen der Modelle zu erinnern. Demnach werden – weil eine langfristige Konstanz der Parameter nicht gewährleistet ist – intra- und interregionale Input-Output-Modelle lediglich für Projektionen über mittelfristige Zeiträume von drei, fünf bis acht Jahren einsetzbar sein. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist also,

wenn an die oben angeführten Einwände erinnert wird, ein „Unschärfbereich“ der Analyse zu beachten. Eine Ungenauigkeit der Ergebnisse liegt immer dann vor, wenn eine differenzierte Projektion der autonomen Komponenten des Modells, insbesondere der Nachfrageentwicklung im Bereich der Haushalte, des Staates und des Auslandes, vorzugeben nicht möglich ist und/oder die zeitliche Varianz der Modellstruktur nicht erfaßt werden kann³⁹.

1.3.2 Bisheriger Einsatz

Für die bisherige Anwendung räumlicher Input-Output-Systeme ließen sich mehrere Beispiele anführen, die meisten übrigens aus den USA. Auch in Schweden, Frankreich, Italien, den Niederlanden und Japan sind teils intraregionale, teils sogar interregionale Modelle überprüft worden. Neben *Leontief* haben sich u. a. *Isard*, *Chenery*, *Moses* und *Tinbergen* besonders mit der Anwendung und Fortentwicklung der Input-Output-Techniken beschäftigt.

Darunter interessiert insbesondere der Versuch von *Chenery*, ein interregionales Modell mit 22 Sektoren und 2 Regionen in der Entwicklungsplanung Italiens einzusetzen⁴⁰, weil hier eines der wirklich seltenen Fälle einer Anwendung in der Raumordnung gegeben ist. Auch in den „sozialistischen Ländern“, insbesondere in der UdSSR, werden diese Raummodelle angewandt⁴¹.

Ebenfalls im Rahmen der EWG werden Versuche unternommen, zu einer interregionalen Input-Output-Analyse zu gelangen⁴², die verdienen, besonders hervorgehoben zu werden.

Doch läßt sich für alle bisherigen Anwendungsversuche feststellen, daß die dabei eingesetzten Modelle eher Einzelfälle darstellen, als etwa schon generell anerkannte, regelmäßig systematisch eingesetzte Instrumente der Raumforschung, geschweige denn der Raumordnungspolitik⁴³.

³⁹ Vgl. *Spreen, Eckhardt*: a. a. O., S. 85.

⁴⁰ *Chenery, Hollis B.; Paul G. Clark*: *Interindustry economics*. – New York, London 1959, S. 290 ff.

⁴¹ Vgl. *Dadajan; Kossow*: Die Verflechtungsbilanz als Instrument der Planberechnungen. – Berlin 1964. *Kossow, W.*: Ein ökonomisch-mathematisches Modell der Territorialplanung. In: *Sowjetwissenschaft*. Jg. 1965. S. 187 ff. *Kossow, V. V.*: Regional input-output analysis in the U.S.S.R. In: *Regional Science Association. Papers*. Bd. 14 (1965) S. 175–181.

⁴² *Wagenführ, Rolf*: Die multiregionale Input-Output-Analyse im Rahmen der EWG. Statistisch-methodologische Probleme. – Köln u. Opladen 1963. S. 55. Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften: Bericht über die Sitzung (Aufstellung von Input-Output-Tabellen). (Drucksache 3681/St/67-D). – Brüssel 1967. *Dass.*: Richtlinien für die Aufstellung von Tabellen der Waren- und Dienstleistungsströme (1965). (Drucksache 2334/St/67-D). – Brüssel 1967.

⁴³ Siehe dazu auch die Bemerkung von *Müller, Heinz J.*: a. a. O., S. 368: „Direkte Befragungen zur Ermittlung der regionalen Input-Output-Struktur erfordern umfangreiche Untersuchungsmethoden und einen großen Mitarbeiterstab, viel Zeit und erhebliche finanzielle Aufwendungen, so daß diese Instrumente größeren Regionen (Bund, Land) vorbehalten bleiben und selbst dort aus statistischen Gründen zumeist nur in größeren Zeitabständen durchführbar sind.“

³⁴ *Isard, Walter*: a. a. O., S. 338–340. *Spreen, Eckhardt*: a. a. O., S. 59.

³⁵ Siehe z. B. *Spreen, Eckhardt*: a. a. O., insbes. S. 68 ff.

³⁶ Siehe dazu *Müller, Heinz J.*: a. a. O., S. 366 ff.

³⁷ *Spreen, Eckhardt*: a. a. O., S. 79.

³⁸ *Isard, Walter*: a. a. O., S. 327 ff.

2. Aussagewert räumlicher Programmierungsmodelle

2.1 Struktur der Modelle⁴⁴

Durch das Rechenverfahren des linearen Programmierens soll eine Entscheidung zwischen verschiedenen möglichen Lösungen bestimmter ökonomischer Probleme zugunsten der optimalen Lösung herbeigeführt werden. Lineare Programmierungsmodelle sind dann aufzustellen, wenn die abzubildenden wirtschaftlichen Sachverhalte folgenden Bedingungen genügen:

- a) Die gegebenen Beziehungen kennzeichnen ökonomische Aktivitäten und deren Produktionsfunktionen, die linear sein müssen (oder durch lineare Funktionen angenähert werden können). Somit werden konstante Produktionskoeffizienten a_{ij} wie bei einem Input-Output-System (und darüber hinaus feste Preise) angenommen. a_{ij} ist dabei der Produktionskoeffizient der i -ten Aktivität für das j -te Produkt oder der Input i je Einheit des j -ten Produktes. $a_{ij} \cdot x_j = x_{ij}$ entspricht damit dem Faktoreinsatz der Aktivität i zur Herstellung des Produktes j und kennzeichnet die Proportionalität (damit gleichzeitig die linear homogene Produktion).
- b) Einige Zusammenhänge müssen durch Restriktionen begrenzt sein, wie z. B. die Liefermengen durch die Produktionskapazitäten und/oder die Nachfragemengen. Bezeichnen wir die Maximalkapazität der Aktivität i (oder die Verfügbarkeit des Faktors i) mit einem b_i , so können alle Restriktionen durch die folgende Gleichung geschrieben werden:

$$\sum a_{ij} \cdot x_j \leq b_i$$

- c) Die mathematische Formulierung des Sachverhalts muß auf nicht negative Größen beschränkbar sein, was im Wirtschaftsleben häufig zutrifft, da negative Produktionsmengen oder ähnliche Sachverhalte nicht existieren. Dies wird durch die Ungleichung $x_j \geq 0$ beschrieben.
- d) Schließlich muß die Problemstellung eine Zielsetzung einschließen, die durch eine Zielfunktion beschrieben werden kann, d. h. – mathematisch ausgedrückt – durch einen Extremalwert erreicht wird. Beispiele aus dem ökonomischen Bereich wären etwa die Gewinnmaximierung, die Kostenminimierung (im Unternehmensbereich) oder die Maximierung des Sozialprodukts oder die Minimierung der Transportkosten (in einer Volkswirtschaft, in einer bestimmten Region oder bei interregionaler Verflechtung). Wenn c_j der Beitrag einer Einheit von x_j zum Zielwert ist, dann ist $\sum c_j \cdot x_j = \text{Maximum!}$ (oder Minimum!) die Zielfunktion; bei c_j ist etwa an die Stückkosten oder an die Stückgewinne zu denken.

Liegen diese vier Bedingungen vor, so läßt sich unter der Vielzahl praktisch möglicher Lösungen auf verschiedenen Wegen eine Optimallösung finden⁴⁵.

⁴⁴ Eine knappe Beschreibung des linearen Programmierens ist bei Angermann, Adolf: Linear programming. In: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften. Bd. 6 (1959) S. 611–619 zu finden. Vgl. daselbst die weiteren Literaturhinweise.

2.1.1 Lineare räumliche Programmierung

In der Gruppe der Modelle einer räumlichen linearen Programmierung sind Globalmodelle von Partialmodellen zu unterscheiden.

2.1.1.1 Räumliche Global-Modelle

Ein allgemeines Modell linearer räumlicher Programme beruht auf den folgenden Annahmen:

„Die Gesamtwirtschaft ist in Regionen unterteilt. In jeder Region können Güter bzw. Leistungen produziert und verbraucht werden. Der interregionale Austausch erfolgt über kostenverursachende Transportaktivitäten. Intraregionale Transportkosten bestehen nicht“⁴⁶.

Von diesen Rahmenbedingungen hängt die Modellstruktur ab, die durch die oben angedeuteten Aktivitäten, Restriktionen und die Zielfunktionen bestimmt wird.

Die Aktivitäten sind wie folgt näher zu kennzeichnen: Zunächst lassen sich Gruppen von Aktivitäten unterscheiden. Schon aus den Beispielen ging hervor, daß wir neben Aktivitäten, die Endprodukte liefern, Transportaktivitäten zu unterscheiden haben. Andere wären Zwischenprodukt-Aktivitäten (die das Verfahren erschweren) und gegebenenfalls fiktive Aktivitäten (die erforderlich werden können, um das Verfahren durchführbar zu machen). Eine wesentliche Modifikation gegenüber regionalen Input-Output-Modellen stellt aber die Möglichkeit dar, ein Produktionsverfahren durch ein anderes zu ersetzen.

Die Restriktionen des Programmierungsmodells lassen sich z. B. aus der Mobilität oder Immobilität der Faktoren, aus Kapazitätsgrenzen der einzelnen Aktivitäten und/oder aus Verbrauchs- bzw. Nachfragegrenzen ableiten⁴⁷.

Zur Struktur der Zielfunktion ist schließlich zu sagen, daß auch hier Linearität angenommen wird und daß sie je nach Problem die Suche eines Maximums oder Minimums ausdrückt.

2.1.1.2 Räumliche Partial-Modelle

Typische Beispiele für räumliche Partial-Modelle sind die sogenannten Transport-Modelle. Im Gegensatz zu Global-Modellen wird hier die Situation eines bestimmten Gutes und seiner Verteilung erfaßt. Das lineare Programmieren wurde bei der Lösung von Transportproblemen 1948 von

⁴⁵ In der Hauptsache kommt das sog. Simplex-Verfahren zur Anwendung; daneben gibt es aber – je nach Problem – eine Fülle von Näherungsverfahren zur schnellen Ermittlung der Optimallösung, über die eine umfangreiche Literatur existiert; vgl. Krelle, Wilhelm; Hans Paul Künzi: Lineare Programmierung. – Zürich 1958. Eine gedrängte, anschauliche und vergleichende Darstellung des „Nord-West-Ecken-Verfahrens“, der Verfahren mit Auswahl der Felder mit den geringsten Kostenelementen, von Vogels „Approximation Method“, der Verfahren mit laufender Verbesserungskontrolle gibt z. B. Müller-Merbach, Heiner: Verschiedene Näherungslösungen zur Lösung des Transportproblems. – 1963. = IBM-Fachbibliothek.

⁴⁶ Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 95.

⁴⁷ Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 97.

Dantzig entwickelt⁴⁸. Damit geht es schon in seinem Ursprung auf einen raumwirtschaftlichen Ansatz zurück, der in einfachster Form wie folgt lautet: Gegeben ist eine Anzahl von Orten, an denen bestimmte Mengen eines Gutes hergestellt oder gelagert werden, sowie eine Anzahl von Orten, an denen gewisse Mengen dieses Gutes nachgefragt werden. Von welchen Angebotsorten müssen die einzelnen Nachfrageorte beliefert werden, wenn jede Nachfrage zufriedengestellt werden soll und insgesamt die minimalen Transportkosten anfallen sollen? Schon dieses einfache Beispiel – dessen Bestandteile leicht durch andere zu ersetzen sind⁴⁹ – läßt erkennen, daß die lineare Programmierung zu einer Lösung häufig auftretender Probleme im Bereich der Unternehmung und des Staates beitragen könnte, wenn durch die oben geschilderten Bedingungen der ökonomischen Wirklichkeit nicht Gewalt angetan wird. Diese Gefahr sei im folgenden überprüft.

2.1.2 Nichtlineare räumliche Programmierung

Einige Strukturelemente linearer regionaler Programmierungs-Modelle, auf die bisher nicht ausdrücklich eingegangen wurde, wie z. B. die vorgegebenen und konstanten Preise der Endprodukte, lassen sich der Wirklichkeit – jedenfalls teilweise – weiter annähern. Dabei sind aber z. B. nichtlineare Zielfunktionen und Nebenbedingungen vorauszusetzen. Das Ergebnis ist ein Modell nichtlinearer räumlicher Programmierung. Die Lösung der Optimierungsaufgabe erfolgt in einfacheren Fällen im Prinzip nach einem abgewandelten Simplexverfahren, also ähnlich der bei linearer Programmierung. Doch gibt es vorläufig noch kein allgemein gültiges Lösungsverfahren. Zudem ist der Datenbedarf nichtlinearer Modelle wesentlich höher. Deshalb können diese Modelle aus der Diskussion regionalpolitischer Anwendungsmöglichkeiten ausgeklammert werden⁵⁰.

2.2 Grenzen der Modelle

Schwierigkeiten bei der Abgrenzung der Strukturelemente linearer räumlicher Programmierungsmodelle ergeben sich insbesondere bei der Formulierung von Restriktionen und der sachgerechten Definition von Aktivitäten. Nur einige Stichworte sollen die Probleme andeuten, wie die Frage der kardinalen Kapazitätsmessung, der Flexibilität der Daten im Zeitablauf, der vollständigen Teilbarkeit der Güterströme oder der vollkommenen Additivität der Güterströme. Wenn wir die Daten eines linearen Programmes abgrenzen und messen, haben wir also mit einigen Schwierigkeiten zu rechnen. Je umfangreicher das Programmierungs-

modell, desto größer werden die Schwierigkeiten der Datenbeschaffung und -verarbeitung sein. Folglich sind global lineare Programmierungsmodelle zur Lösung gesamtwirtschaftlicher Probleme vorläufig noch nicht einsetzbar.

Vergleicht man die formale Vollkommenheit der linearen Programmierungsmodelle mit den ihnen durch die (erforderlichen) Daten gesetzten Grenzen, so werden auch die beschränkten Anwendungsmöglichkeiten in der Raumwirtschaftspolitik erkennbar.

2.3 Brauchbarkeit der Modelle

2.3.1 Anwendungsmöglichkeiten

Nach dem vorher Gesagten dürfte es nicht verwundern, wenn die Auffassungen über die Brauchbarkeit linearer Programmierungsmodelle weit auseinandergehen. Stellvertretend für die beiden gegensätzlichen Auffassungen hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Regionalmodelle können Stevens und Isard genannt werden. Stevens⁵¹ ist optimistisch und meint, daß die Modelle nicht nur zur Erklärung, sondern auch zur Lösung regionalwirtschaftlicher Probleme benutzt werden können. Isard⁵² ist demgegenüber skeptisch und bezweifelt die Anwendbarkeit dieser Modelle im Rahmen der Regionalpolitik.

Chenery und Clark⁵³ erläutern die Brauchbarkeit der Programmierungsmethoden für Entwicklungsprobleme. Die Ausführungen sind zwar allgemein gehalten, können aber auf regionale Probleme entsprechend angewendet werden. Eine Hauptschwierigkeit stellt – wie auch schon bei der Beurteilung der Input-Output-Methoden hervorgehoben wurde – die Datenbeschaffung dar. Außer der Frage nach den empirischen Möglichkeiten eines detaillierten gesamtwirtschaftlichen interregionalen Programm-Modells muß die theoretische Brauchbarkeit eines solchen Verfahrens geprüft werden. Chenery und Clark⁵⁴ meinen, daß Programmierungsmodelle im Gegensatz zu anderen Methoden einen Effizienztest in Form von Preisen ermöglichen. Mit Hilfe solcher Schatten- oder Verrechnungspreise ist es möglich, die private Initiative durch indirekte Maßnahmen zu beeinflussen und Investitionsentscheidungen auf dezentralisierter Basis zu fällen. Davon unberührt bleibt die Notwendigkeit einer Planung für die aggregierten Bereiche (Wirtschaftssektoren) einer Volkswirtschaft oder Region, worauf u. a. Spreen hinweist⁵⁵. So lassen sich anhand von globalen Modellen „die Konturen einer zweckmäßigen Faktorallokation in diesen Makrobereichen“ ermitteln⁵⁶.

⁵¹ Vgl. Stevens, B. H.: An interregional linear programming model. In: Journal of Regional Science. Bd. 1 (1958) S. 89 f.

⁵² Vgl. Isard, Walter: a. a. O., S. 490 f.

⁵³ Vgl. Chenery, H. B.; P. G. Clark: a. a. O., S. 299.

⁵⁴ Ebenda, S. 300.

⁵⁵ Vgl. Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 132.

⁵⁶ Ebenda: „Vor allem dort, wo Modellergebnis und Realität stark voneinander abweichen, können Problembereiche liegen, die im einzelnen weiter zu analysieren sind. Es bietet sich die Möglichkeit, auf dem Aggregationsniveau der Input-Output-Analyse Programmmodelle zu berechnen und nur für potentielle Problem-

⁴⁸ Auch dazu existiert eine umfangreiche Literatur; vgl. dazu die bereits angeführten Quellen sowie Joks, H. C.: Lineares Programmieren. – Tübingen 1962.

Ferner: Kromphardt, W.; R. Henn; K. Förstner: Lineare Entscheidungsmodelle. – Berlin, Göttingen, Heidelberg 1962 (und die dort angeführten Literaturhinweise).

⁴⁹ Das Programm dieses Partial-Modells läßt sich dann auch als Produktionsmodell formulieren.

⁵⁰ Spreen, Eckhardt: a. a. O., S. 102 ff.

2.3.2 Bisheriger Einsatz

Die Schwierigkeiten der Datenbeschaffung haben bisher die Anwendung von interregionalen Programmierungsmodellen auf empirische Probleme verhindert. Im Falle regionaler Analysen für alle Wirtschaftssektoren eines Raumes kann von einigen empirischen Untersuchungen berichtet werden. Besonders hervorzuheben ist eine Studie über die Wirtschaft Südtaliens, die unter der Leitung von *Hollis B. Chenery*⁵⁷ durchgeführt wurde. Die Anwendungsmöglichkeiten interregionaler Sektorenmodelle kann aufgrund umfangreicher empirischer Erfahrungen beurteilt werden.

Hier wären etwa folgende Untersuchungen anzuführen:

- von *J. M. Henderson* für den Kohlenbergbau und für den Getreideanbau der USA⁵⁸;
- von *H. Gülicher* für den Leerwagenumlauf bei der Deutschen Bundesbahn⁵⁹;
- von *H. König* und *R. Thoss* für die westdeutsche Papierindustrie⁶⁰;
- von *A. Ghosh* und *R. Dhar* für die Zementindustrie Indiens⁶¹;
- von *W. S. Nemtschinow* u. a. in der Sowjetunion und anderen sozialistischen Ländern⁶².

Aus den geschilderten Grenzen und Hinweisen auf die Brauchbarkeit der Linear-Programming-Modelle dürfte entnommen werden, daß gerade planwirtschaftliche Länder dieser Methode großes Interesse entgegenbringen. Die folgenden Zitate belegen diese Vermutung.

„Durch die Initiative *Nemtschinows* fanden in den Jahren nach 1950 die Methoden der linearen Optimierung schrittweise Anwendung bei der Lösung von ökonomischen Problemen, besonders der zentralen und territorialen Planung“ (in der SU – d. V.)⁶³.

Ab 1959 wurden von *Judin* und *Golschtein* Standortoptimierungen auf der Grundlage eines Transportmodells durchgerechnet. Am Rande dürfte vielleicht interessieren, daß zunächst alle Aufgaben in Matrizenform gelöst wurden. Dann ist man jedoch zur Lösung in Netzform (der Methode des optimalen Weges) wegen der bedeutenden Einsparung

sektoren eine weitere Aufteilung vorzunehmen, um hinsichtlich dieser Bereiche zu genaueren Aussagen zu kommen. Weiterhin liefern die globalen Modelle Anhaltspunkte für eine zweckmäßige Koordination der Wirtschaftsplanung der verschiedenen staatlichen Instanzen.“

⁵⁷ Beschrieben in *Chenery, H. B.; P. G. Clark*: a. a. O., S. 290 ff.

⁵⁸ *Henderson, J. M.*: A short-run model for the coal industry. In: *Review of Economics and Statistics*. Bd. 37 (1955) S. 336 ff.

⁵⁹ *Gülicher, Herbert*: Eine Anwendung der Technik des linearen Programmierens zur Optimierung des Leerwagenumlaufs bei der Bundesbahn. In: *Zeitschrift f. d. ges. Staatswissenschaft*. Bd. 115 (1959) S. 54.

⁶⁰ *König, Heinz; Rainer Thoss*: Der optimale Standort der Industrie: Ein interregionales Programmierungsmodell für die westdeutsche Papierindustrie. In: *Zeitschrift f. d. ges. Staatswissenschaft*. Bd. 121 (1965) S. 385 ff.

⁶¹ *Ghosh, A.; R. Dhar*: Efficiency in location and interregional flows. – Amsterdam 1965.

⁶² *Nemtschinow, W. S.*: Anwendung mathematischer Methoden in der Ökonomie. – Leipzig 1963. Siehe auch *Grundmann, Werner* (u. a.): a. a. O., Abschnitt 1.2.2.

⁶³ *Nach Grundmann, Werner*: a. a. O.

von Ausgangsdaten und der geringeren erforderlichen Speicherkapazität der Rechenautomaten übergegangen. Die ersten Optimierungen größeren Umfangs wurden auf Teilgebieten der Baumaterialindustrie angewandt. Zunächst am Beispiel der Zementindustrie, dann bei der Optimierung der Düngemittelindustrie dienten Optimierungen der praktischen Planung als Grundlage der Entscheidungen. Auch die Bereiche der Forstwirtschaft, der Fischwirtschaft und der Elektroindustrie wurden programmiert. „Aufgrund der Erfolge bei der Standortoptimierung einzelner Zweige wird nach einer Anordnung der Staatlichen Plankommission der Sowjetunion im Jahre 1966 in 20 Zweigen eine Berechnung optimaler Standortverteilungen durchgeführt. Mit der Durchführung der Aufgabe wurde jeweils ein fachlich zuständiges Institut beauftragt. Damit sind die Standortoptimierungsarbeiten aus dem Stadium der Beispielsberechnungen herausgetreten und wurden in die Ausarbeitung des Perspektivplanes einbezogen“⁶⁴.

Auch in der ČSSR und in Ungarn wurden Standortprobleme aus dem Bereich der Lebensmittel- und Leichtindustrie mit Hilfe der regionalen linearen Programmierung gelöst⁶⁵. Als Grundlagen dienten hierbei ebenfalls Transportmodelle, für die aber z. T. eigene Lösungsmethoden entwickelt wurden⁶⁶. Ähnliche Arbeiten wurden auch in Polen und Rumänien durchgeführt. „In der DDR wurde mit der Anwendung mathematischer Methoden für die Zwecke der Standortplanung ab 1960 begonnen. Die ersten Arbeiten dienten dem Vergleich einiger Standortvarianten unter Verwendung des geschlossenen Transportmodells. Davon ausgehend wurden weitergehende Arbeiten zur Optimierung einzelner Zweige durchgeführt“⁶⁷.

3. Schlußfolgerungen

Fassen wir zum Schluß die Vorzüge und Nachteile der vorgeführten Modelle kurz zusammen, soweit ihre Anwendung in der Raumwirtschaftspolitik in Frage steht, dann kommen wir zu folgenden Ergebnissen:

Wegen der formalen Geschlossenheit der ökonomischen Raummodelle sind ihre Aussagen eindeutig und vollständig. Sie sind insoweit als vorzügliche Instrumente einer über- und umgreifenderen Wirtschaftsplanung durch Großunternehmen oder den Staat anzusehen, einer Planung, die ja auf Konsistenz und Stringenz größtes Gewicht legen muß. Nicht

⁶⁴ *Nach Grundmann, Werner*: a. a. O.

⁶⁵ *Korda, B.*: Die Anwendung mathematischer Modelle und die Spezialisierung und Kooperation. In: *Presse der SU*. Sept. 1963. *Kádaár, I.; L. Nemeth*: Mathematische Modelle für Standortbestimmung komplexer industrieller Großbetriebe. In: *Colloquium on applications of mathematics to economics*. – Budapest 1963.

Jundy, G.: Die mathematischen und kybernetischen Modelle der optimalen Standortbestimmung. In: *Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie*. – Berlin 1964.

⁶⁶ Vgl. z. B. *Egervary, E.*: Bemerkungen zum Transportproblem. In: *Mathematik, Technik, Wirtschaft*. (Graz) (1958) H. 5. *Habr., J.*: Die Frequenzmethode zur Lösung des Transportproblems und verwandter linearer Programmierungsprobleme. In: *Wiss. Zeitschr. d. TU Dresden*. (1961) H. 10.

⁶⁷ *Nach Grundmann, Werner*: a. a. O.

zuletzt aus diesen Gründen erfreuen sich die oben geschilderten ökonomischen Raummodelle großer Beliebtheit in sozialistischen Ländern. Darüber hinaus sind für diese Volkswirtschaften gerade interregionale lineare Programmierungen – etwa im Vergleich zu Marktwirtschaften – von großem Wert. Die Preisbildung ergibt sich in den Zentralverwaltungswirtschaften nicht aus den Verhaltensweisen der Marktparteien; Preise werden zentral gesetzt, sind gewissermaßen „bekannt“. Damit wird in diesen Ländern die Anwendung des linearen Programmierens durch Preisveränderungen nicht gestört. Nicht zuletzt gewinnt die lineare Programmierung in sozialistischen Ländern deshalb an Wert, weil sie als ein Optimierungsinstrument an Stelle des Marktes eingesetzt werden kann.

Was die Konsistenz der Raumordnung und Landesplanung betrifft, machen marktwirtschaftliche Länder offensichtlich zu selten Gebrauch von ökonomischen Modellen. Um diese Vorzüge zu nutzen, wäre es auch sicher in der BRD angebracht, auf Bundes-, wahrscheinlich auch Landesebene, raumwirtschaftliche Ziele und Maßnahmen – soweit diese einzelne Wirtschaftszweige betreffen – in intra- bzw. interregionalen Input-Output-Modellen – oder doch zumindest in entsprechenden Tabellen – zu prüfen.

Diesen Vorzügen stehen aber gewichtige Nachteile gegenüber. Die Strukturelemente der betrachteten raumwirtschaftlichen Modelle bedingen einen auf die kurze bis mittlere Frist begrenzten Aussagewert. Gemeint sind in diesem Zusammenhang etwa fünf Jahre; für diese Dauer ist die Invarianz der Koeffizienten einigermaßen gewährleistet. Nun betreffen aber raumwirtschaftspolitische Pläne und Maßnahmen in der Regel weit größere Zeiträume. Nicht nur im Bereich der vermögenswirksamen staatlichen und kommunalen Ausgaben (also beim Ausbau der lokalen oder regionalen Infrastruktur) ist mit doppelten und dreifachen, also mehrfachen Zeiträumen zu rechnen. Hier sei vor allem an die lange Lebensdauer der Anlagen erinnert, die entsprechende Dispositionszeiträume der wirtschaftspolitischen Träger erzwingt. Dies gilt auch für die laufenden Ausgaben, die regelmäßig zu Bindungen auf längere Zeit führen (etwa bei Kapital- oder Zinssubventionen, die ja nicht in kurzer Zeit wieder abgebaut werden können). Schon deshalb bleibt

die Anwendbarkeit auf jene Entscheidungen begrenzt, die in kürzeren Zeitabständen revidiert werden können.

Fassen wir diese Überlegungen zusammen, so müssen wir erkennen, daß die Ansprüche der Raumwirtschaftspolitik durch die bisher entwickelten ökonomischen Raummodelle zum überwiegenden Teil nicht befriedigt werden können. Nicht zuletzt ist an die Bedenken zu erinnern, die sich aus der Abgrenzung der Regionen für die Stabilität der Modellergebnisse ergeben. Mit großer Wahrscheinlichkeit ist anzunehmen, daß beide Modellgruppen in der kommunalen Wirtschaftsförderung in der Regel nicht eingesetzt werden können.

Das dürfte m. E. auch für die Kreisebene zutreffen. Erst auf größerer Ebene dürften diese Schwierigkeiten zu überwinden sein, die Raummodelle also – falls sie überhaupt anwendbar sind – den Trägern auf Bezirks-, Landes- und Bundesebene und hier den Partialbetrachtungen vorbehalten bleiben. Dabei sind die Materialschwierigkeiten überhaupt noch nicht ins Feld geführt worden, auch von personellen Problemen wurde abgesehen⁶⁸. Hierbei handelt es sich ohne Zweifel um die leichtesten Einwände, die auch am schnellsten auszuräumen sein dürften.

Die Schlußfolgerung kann nach alledem m. E. nicht optimistisch klingen, wie dies – nach vielen theoretischen Darlegungen und insbesondere nach Darlegungen der Modelle am einfachen Beispiel – so häufig zu lesen ist⁶⁹. Ich würde sie auch nicht als pessimistisch, sondern als realistisch bezeichnen. Die Leistungen dieser Modelle sind in Einzelbeispielen überraschend. Dies hat in viel zu vielen Fällen zu große Erwartungen geweckt. Die Raumforschung verfeinert die Modelle nun schon seit Jahrzehnten mit Erfolg. Ein entscheidender Durchbruch hinsichtlich des Einsatzes der Modelle auf breiter Linie ist nicht von heute auf morgen zu erwarten.

⁶⁸ Vgl. dazu auch *Schneider, Hans K.*: Plankoordinierung in der Regionalpolitik. In: *Rationale Wirtschaftspolitik und Planung in der Wirtschaft von heute*. – Berlin 1967. = *Schriften des Vereins für Socialpolitik*, N.F. Bd. 45. Abschnitt 5.5. und passim auch weitere kritische Anmerkungen.

⁶⁹ Beispielsweise *Spreen, Eckhardt*: a. a. O., S. 151 ff. und *Kraft, Jürgen*; *Carles Ossorio-Capella*: a. a. O., Sp. 1652.

2. Planerseminar des Instituts für Raumordnung

Das Institut für Raumordnung lädt zu seinem 2. Planerseminar ein. Es findet vom 4. bis 6. Juni 1968 in Bad Godesberg statt. Die beiden ersten Tage sind Vorträgen, Seminaren und Diskussionen gewidmet. Sie werden diesmal in der Stadthalle Bad Godesberg abgehalten. Für den 6. Juni 1968 sind wiederum Exkursionen vorgesehen. Leitthema des 2. Planerseminars ist: Raumordnung und Verwaltungsreform.

Das Generalreferat hat Herr Prof. Dr. *Werner Weber*, Universität Göttingen, übernommen.

Ein Prospekt wird noch versandt. Anfragen sind zu richten an Wissenschaftlichen Oberrat Dr. *Heinrich Lohmeyer*, Institut für Raumordnung, Tagungsbüro. 532 Bad Godesberg, Michaelshof.