

PROBLEME DER SYSTEMGRENZEN EINES REGIONALMODELLS

Heino Apel

in: Umfassende Modellierung regionaler Systeme
- Probleme, Modelle, Praxisbezug.

Hrsg. L. Albertin / N. Müller, Köln 1981

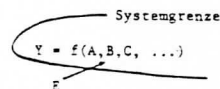
1. Interne und externe Beziehungen regionaler sozialwissenschaftlicher Prozesse

Bei einer quantitativen Formulierung gesellschaftspolitischer Sachverhalte müssen in mathematischer Form vereinfachende Beziehungen zwischen den zu beschreibenden Handlungsträgern oder Sachverhalten getroffen werden. Wirtschaftssubjekte oder allgemein soziale Individuen unterliegen aber nicht deterministischen Gesetzmäßigkeiten, wie sie etwa in der Makrophysik zu beobachten sind, sondern man findet nur "Quasigesetze", die bei einer hinreichend großen Anzahl von Subjekten "durchschnittliche" oder "idealtypische" Verhaltensmuster beschreiben. In der Formulierung solcher Verhaltenshypothesen gilt das Prinzip der Parsimonie, d.h. man möchte mit einem Minimum als relevant erachteter Variablen möglichst viel des Verhaltens erklären. Damit ist die Abbildung eines sozialen Prozesses an zwei Voraussetzungen gebunden:

1. Der formulierte Prozeß hat nur Gültigkeit, wenn er sich auf eine hinreichend große Anzahl von Einzelercheinungen bezieht.
 2. Der Prozeß kann nur gültig beschrieben sein, wenn in der mathematischen Gleichung die für ihn wesentlichen Variablen erfaßt sind, und wenn diese durch diejenige Funktionsform (z.B. linear oder nichtlinear) verknüpft sind, die ihrem "realen" Einfluß entspricht.
- Beide Voraussetzungen sind in starkem Maße an die Systemgrenzen gebunden, innerhalb derer der formulierte Prozeß gültig sein soll.

Die Region als Systemausschnitt befindet sich für den Ökonomen zwischen den Polen Gesamtwirtschaft und Einzelwirtschaft. Das ist in zweierlei Hinsicht problematisch. Einmal existiert in der ökonomischen Theorie ohnehin eine Schnittstelle zwischen der Mikro- und Makrotheorie, über die sich die Vertreter der verschiedenen Schulrichtungen nicht einig werden können, zum anderen ist eine Theorie der "Regionalökonomie" nur in Ansätzen entwickelt worden. 1) Der Modellbauer ist also ziemlich alleine gelassen, wenn er ökonomische Zusammenhänge einer Region quantitativ formuliert. Schon die für den Systemanalytiker primäre Frage, was ist intern und was ist extern determiniert, kann vom Ökonomen nicht eindeutig beantwortet werden. Falls er einen neoklassisch orientierten Ansatz wählt, und der Meinung ist, daß sich die entscheidenden Regulationen über Märkte vollziehen, dann ist offen, wie die Preise bestimmt sind. Gesteht man dem Markt nur eine untergeordnete Rolle zu, und glaubt, daß Produktionsentscheidungen von Rentabilitätserwartungen abhängen, dann ist offen, ob sich die Entscheider z.B. an regionalen oder überregionalen Rentabilitätsschwellen orientieren. Durch die Vernetzung des regionalen ökonomischen Prozesses in die gesamte Volkswirtschaft bis zu internationalen Geschäftsabwicklungen hin, ist eine intensive Durchdringung interner und externer Einflüsse mit Sicherheit zu erwarten.

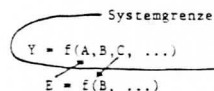
Bezüglich der offenen Modellbildung eines Teilsystems ist eine externe Determinierung von Modellvariablen problematisch, wenn sie monokausal verläuft (vgl. Figur 1).



Figur 1: monokausale, externe Systembeeinflussung

Der exogene Einfluß von E auf A kann mittels einer Tabellenfunktion vorgegeben werden. Das Umgebungssystem wird dann formal statisch repräsentiert, wobei die Tabellenfunktion auch Änderungen in der Zeit oder gegenüber einer anderen Systemvariablen berücksichtigen kann.

Wenn aber, wie in Figur 2 angedeutet, eine Rückkopplung zwischen Systemvariablen und externen Größen besteht, dann muß dieser Einfluß, wenn er relevant ist, selbst modelliert werden, d.h. die Systemgrenze ist gesprengt, bzw. das Umgebungssystem muß selbst mit formalisiert werden.



Figur 2: interdependente externe Systembeeinflussung

1) Vgl. z.B. E.v. Böventer, Theorie des räumlichen Gleichgewichts, Tübingen 1962

2. Das politisch-ökonomische Aggregationsdilemma

Die o.a. Überlegungen zu Systembeziehungen zeigen, daß eine Fixierung auf eine politisch regional vorgegebene Systemausgrenzung "Region" modellbildnerisch hinfällig wird, wenn z.B. die endogenen ökonomischen Prozesse diese Grenzziehung überschreiten. Da aber die statistische Datenaufbereitung wirtschaftspolitischer Informationen nur nach der Gliederung politischer Regionen vorliegt, und da auch die politisch motivierte Fragestellung an die Wirkungsweise der Wirtschaft im Regionalmodell gebietsbezogen ist, befindet sich der Modellbauer in den häufigsten Fällen in einem politisch-ökonomischen Aggregationsdilemma.

Die Differenz, die zwischen politisch gezogener Systemgrenze und ökonomischem Wirkungsbereich liegen kann, wird auch in den regionalen Wirtschaftsstatistiken nicht aufgehoben, da diese zwar nach der Lokalisierung der Betriebe und Unternehmen gegliedert sind, nicht aber nach der räumlichen Ausbreitung ihrer wirtschaftlichen Aktionen.

Etwa der Umsatz einer Baufirma der Stadt Melle wird im HSDMEL-Modell als interne Größe verarbeitet, erzielt wird aber dieser Umsatz zu ca. 80% außerhalb des Kreises Melle. Entsprechendes kann für große Unternehmen auf Landesebene gelten. So kann eine Investitionszunahme in einer Regionalstatistik durch Aktionen von Entscheidungszentren verursacht worden sein, die nicht in der Region ansässig sind. Die Ursache für den Investitionszuwachs kann dabei ebenfalls außerregionale Wirtschaftsgründe haben. Unter solchen Bedingungen muß eine rein endogene Erklärung des Wirtschaftsablaufes zwangsläufig fehlerhaft werden.

3. Das stochastisch, theoretische Problem der "kleinen Zahl" in regionalen Gesetzesabläufen

Dem nicht deterministischen Charakter eines ökonomischen Prozesses wird man bei der Formalisierung durch Angabe eines Fehlerterms gerecht. Die Gleichung

$$Y = f(A, B, C) + \varepsilon$$

impliziert, daß der Modellbauer davon ausgeht, das Verhalten der Größe Y mit den drei Größen A, B und C funktional bis auf einen Fehler ε beschreiben zu können. Bei ex-post Simulationen stellt dieses ε einfach die Abweichung zwischen der berechneten und der beobachteten Größe dar. Der Stolz jedes Modellbauers besteht darin, möglichst "kleine" ε für seine Modellvariablen vorzuweisen. Allerdings kann man aus solchen Modellfiteigenschaften weder auf strukturelle Richtigkeit noch auf Prognosegüte für die Zukunft schließen.

Wenn der Durchschnitt der Fehlerabweichungen ε für eine Variable nicht Null ist, dann indiziert dies im allgemeinen einen fehlenden Einflußfaktor oder einen falsch gewählten Funktionstyp. Man sagt, die Gleichung sei fehlspezifiziert. Wenn aber die Größen Y, A, B, C nur den Aktivitäten weniger Wirtschaftssubjekte entsprechen, ist das im ersten Abschnitt angesprochene Prinzip "der großen Zahl" verletzt. Die besonderen Momente jeden beteiligten Einzelfalles erfahren keinen durchschnittlichen Ausgleich, so daß die Regelabweichung überwiegen kann. Damit liegt nicht der Mangel von fehlenden relevanten Einflußgrößen vor, sondern die Kleinheit der Population erlaubt überhaupt nicht den Schluß auf generalisierbare Verhaltensmuster. Wegen der Konzentration im Wirtschaftsprozess kann diese Situation bereits in einem regionalen Landesmodell leicht erreicht werden, wenn etwa Branchendisaggregationen vorgenommen werden. Häufig sind es dann eine Handvoll Unternehmen, die bis zu 80% des Branchenumsatzes oder der -Investitionen auf sich vereinigen. Damit sind wir aber nicht nur statistisch im Bereich kritischer Populationen, sondern auch nach der ökonomischen Theorie wird es obsolet, ob man in diesem Falle makroökonomische Verhaltensfunktionen unterstellen darf, oder ob hier nicht oligopoltheoretische Ansätze oder einzelbetriebliche Mikroanalyse versucht werden müßte. Der Verwendung des letzteren Ansatzes steht allerdings entgegen, daß er wesentlich zur Lösung innerbetrieblicher Probleme entwickelt wurde, während Regionalmodelle in ihren Analyseaspekten auf Zusammensetzung und Auswirkungen gesamtwirtschaftlicher Aggregate zielen.

Die voranstehenden Überlegungen beziehen sich auf Verhaltensgleichungen, die in der Regel stetige Funktionsabläufe verwenden, in denen ein kontinuierlicher Einfluß über die Zeit und/oder über die Veränderung anderer Bezugsvariablen erfolgt. Bei Ereignisfolgesimulation ist die o.a. Verhaltensgleichung in der Regel diskret, d.h. es erfolgen sprunghafte Zustandsveränderungen, die von stetigen und diskreten Ereignissen ausgelöst sein können und meist nicht direkt an eine zeitliche Dynamik gekoppelt sind. Der Gleichungstyp repräsentiert damit nicht mehr eine zeitliche Entwicklungshypothese, die bis auf den Fehlerterm gültig sein kann, sondern er stellt eine logische "wenn - dann" Beziehung dar. Häufig weiß man allerdings nicht genau, bei welchem Schwellenwert A eine gewisse Entscheidung Y erfolgt. Die o.a. Gleichung ist dann folgendermaßen zu spezifizieren

$$Y = f(A + \varepsilon_A, B + \varepsilon_B, C + \varepsilon_C, \mu)$$

Das Hypothetische dieser Gleichung liegt darin, daß hier eine "wenn - dann" Beziehung postuliert ist unter der Annahme, daß A, B und C unter Berücksichtigung gewisser Fehlermargen die wesentlichen entscheidungsbefehlenden Größen für Y darstellen, während andere Einflüsse, dargestellt durch den Term μ , nur einen marginalen Beitrag liefern, also vernachlässigbar sind. Genau an dieser Stelle kommt für gesellschaftswissenschaftliche Entscheidungsansätze das Gesetz der großen Zahl herein. Die Annahme, daß für eine sozio-ökonomische Entscheidung nur z.B. drei Größen von Relevanz sind, ist heroisch, in der Regel sind es sehr vielfältige Einflüsse, die außer regionalen Ursprungs und außerökonomischer Herkunft sein können. Ihre Modellierung ist damit ebenfalls systemgrenzüberschreitend.

Die mögliche diskontinuierliche Entwicklung regionaler ökonomischer Aggregate, verursacht durch Bewegungen von nur wenigen Entscheidungseinheiten im Gesamtregulat kann in einem Ereignisfolgemodell numerisch exakter simuliert werden, als in einem Verhaltensgleichungsmodell stetiger Funktionen. Diesem theoretischen Vorzug steht aber m.E. die praktische Schwierigkeit gegenüber, reale Entscheidungen mathematisch auch nur annäherungsweise nachzumodellieren.

4. Das ökologisch-ökonomische Aggregationsdilemma

In den beiden voranstehenden Abschnitten wurde verdeutlicht, daß mit der Verkleinerung der Systemgrenze für den Makroökonom die Schwierigkeiten wachsen. D.h. statistisch und theoretisch lassen sich gesetzmäßige Trends, die endogenen Systemströmungen sind, um so besser formulieren, je weiter und sachbezogener die Systemgrenzen sind.

Bei umweltökonomischen Sachverhalten muß im Regionalmodell ein Zusammenhang zwischen Ökologie und Ökonomie hergestellt werden. Dies erfordert auch eine räumliche Übereinstimmung der beteiligten Variablen, d.h. die Systemdifferenzierung muß auch ökologischen Charakteristiken Rechnung tragen. Betrachten wir den Fall, daß ökonomische Aktivitäten und ihre Auswirkungen auf die Umweltqualität modelliert werden sollen. Qualitätsmerkmale in der dem Mensch umgebenden Umwelt sind in der Regel von sehr lokaler Natur. Die traditionellen Umweltbereiche Luft, Wasser und Boden werden von den Ökologen in ihrem Zustand meist durch Punktmessungen charakterisiert. Wegen der vielfältigen dynamischen Transport- und Abbaumechanismen sind solche Messwerte nicht gebietsweit verallgemeinerbar, sie weisen auch kaum symmetrische Verteilungseigenschaften auf, so daß Durchschnittsbildungen von Messwerten zur Charakterisierung größerer Flächen als unzureichend abgelehnt werden müssen. Ein generelles Qualitätsprädikat, selbst wenn es bereits eine Zusammenfassung verschiedener Zustandsindikatoren darstellt, ist deshalb um so gültiger, je kleiner die gewählte Raumeinheit ist, bzw. je besser die Gebietsgrenze nach ökologischen Kriterien ausgewählt ist.

Auf der einzelbetrieblichen Ebene ergeben sich hieraus keine Schwierigkeiten. Wenn man die Transportwege der produktionsspezifischen Emissionen kennt, lassen sich im Prinzip vielfältige Diffusionsgleichungen aufstellen und auch empirisch überprüfen. Für die, meist den Politiker oder die Öffentlichkeit interessierende regionale-globale Fragestellung nach der Veränderung der Umwelt im Zusammenhang mit den regional-spezifischen anthropogenen Aktivitäten stellt sich aber das Problem der Zuordnung der Makroaggregate zu den kleinräumigen Qualitätscharakteristiken. Während die Umweltzustandsmessungen nicht einfach auf die Region hochgerechnet werden dürfen, kann man umgekehrt die ökonomischen Aggregate auch nicht einfach über einen ökologisch ausgerichteten Gebietschlüssel herunterrechnen, weil dann der Konflikt zwischen mikroökonomischer Gegebenheit und makroökonomischer Steuerfunktion entsteht.

Dieser ökologisch-ökonomische Systemgrenzenkonflikt läßt sich auf zwei Wegen umgehen. Entweder man verzichtet auf einen geschlossenen makroökonomischen Ansatz und bildet die ganze Region einzelbetrieblich ab, oder man bemüht sich um die Entwicklung makroökologischer Indikatoren, die großräumige Qualitätsurteile erlauben. Gegen die einzelbetriebliche Modellierungsweise spricht bei einer größeren Region die Vielzahl der zu modellierenden Bausteine. Auch die Zusammenfassung in Betriebstypen kann problematisch sein, weil man dadurch zwar die Anzahl der zu modellierenden Einheiten reduziert, aber wieder in räumliche Zuordnungsschwierigkeiten gerät.

Als makroökologische Indikatoren können z.B. Immissionswerte einer Meßstelle eines "repräsentativen" Ortes gewählt werden. Die qualitative Veränderung eines abgezielten Teils vermag häufig bereits ein gutes Bild für die Gesamtentwicklung im System zu entwerfen. Bei solchen lokalen Immissionswerten spielt allerdings noch der Zeitfaktor eine Rolle. Man muß sich für geeignete Mittelwerte über Tages- bis Jahresgänge der Messwerte entscheiden, falls man mit Zeitreihen arbeitet. Wenn man anstelle physikalisch-chemischer Messungen auf Bioindikatoren zurückgreift, dann hat man den großen Vorteil der Integration über die Zeit bezüglich des zu messenden Effektes. Leider ist die Erforschung der Bioindikatoren noch nicht ausgereift. Der Indikator kann durch Anpassungsleistungen seine Sensibilitätsschwelle verändern, und die Übertragbarkeit der für den verwendeten Biomchanismus gefundenen Phänomene auf den Menschen ist meist sehr schwierig zu diagnostizieren.

5. Datengrenzen einer makroökonomischen Betrachtungsweise in einer Region

Die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung hat auf Länderebene bereits ihre Untergrenze, wobei die Einzelaggregate nicht mehr für Einzelbranchen ausgewiesen sind. Nur wenige Großstädte weisen ein eigenes Bruttoinlandsprodukt aus, das aber zumeist nicht preisbereinigt angegeben wird. Auf Kreisebene sind direkt zugängliche Wirtschaftsdaten nur noch die Anzahl der Betriebe, der Beschäftigten und Umsätze, wobei die Branchentiefe fehlt und häufig aus Datenschutzgründen keine Angaben gemacht werden. Kapitalstockberechnungen existieren überhaupt nur auf Bundesebene und nur für die verarbeitende Gewerbe, bzw. für die Industrie ab 20 Beschäftigten, nicht aber fürs Handwerk.

So gilt für den empirisch arbeitenden Ökonomen, daß die öffentlich verfügbaren Wirtschaftsdaten um so dürftiger werden, je kleiner er seine Raumeinheit wählt.

Umgekehrt bieten Kleinstädte die Chance, eigene Erhebungen durchzuführen und bei entsprechender Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden zu einer sehr detaillierten Bestandsaufnahme des wirtschaftspolitischen Ablaufs des Raumes zu gelangen. Man sollte aber nicht übersehen, daß eine solche aktive Datenbeschaffung selbst für Kleinstädte sehr aufwendig ist, so daß leicht der Kosten-Nutzen-Effekt einer Modellanalyse aus den Fugen gerät.

Unabhängig von der regionalspezifischen Datenlage gilt allgemein, daß scheinbar rein ökonomische Entscheidungen (etwa über Investitionen) nicht allein aus einem wirtschaftlichen Datenkranz erklärbar sind. Institutionelle Vorgaben, wie öffentlich erstellte Infrastruktur, Investitionshilfen, betriebsrechtliche Auflagen, Gebührenbelastung, politisches Klima, Arbeitskräftepotential etc. fließen in den "ökonomischen" Entscheidungsprozeß mehr oder weniger stark ein. Ein gutes Modell muß auch diesen Informationsfluß berücksichtigen, wenn es zu praxisnahen Problemlösungen verwendet werden soll. Auch diese nichtökonomischen Entscheidungsvariablen bedürfen der empirischen Erhebung bzw. Absicherung. Es muß nun keineswegs gelten, daß diese Informationsbeschaffung auf regionaler Ebene einfacher sei, als auf nationaler. Die Schwierigkeit liegt nämlich hier in dem bereits oben angesprochenen Phänomen, daß hinter den Entscheidungen weniger Subjekte häufig mehr Willkür als Gesetzmäßigkeit wirkt. Der Modellbauer kann solche Entscheidungen, wenn sie erfolgt sind, zur Kenntnis nehmen, er wird für ihr Zustandekommen aber im voraus keine Daten beschaffen können.

6. Anmerkung zur Modularisierung von Regionalmodellen

Versteht man unter Modularisierung eines Modells dessen Aufspaltung in autonome Bausteine, die mit einem Satz exogener Steuerparameter in eigenständigen Computerläufen Resultate erzielen können, dann berührt diese Arbeitstechnik sehr stark die voranstehend diskutierten Systemgrenzenprobleme.

Die Erstellung von autonomen Subbausteinen hat einen konstruktionstechnischen Aspekt. Sie ist z.T. unumgänglich bei arbeitsteiligem Modelllaufbau und beim Konsistenz- bzw. Fehlercheck in komplizierten Großmodellen. Bei der Frage, ob solche Module zu sinnvollen Analysen von Teilproblemen verwendet werden können, kommt der systemanalytische Aspekt der sachlichen Systemausgrenzung zum Tragen. Die Hintereinanderschaltung weniger Module, oder gar die Zugrundelegung nur eines Moduls bedeutet de facto das Zurückgreifen auf den partialanalytischen Ansatz, dessen Überwindung durch das systemanalytische Konzept angestrebt werden sollte. Mit dem unvermeidlichen Satz fixer Inputkoeffizienten für einen Modul unterstellt der Analytiker die bekannte ceteris paribus

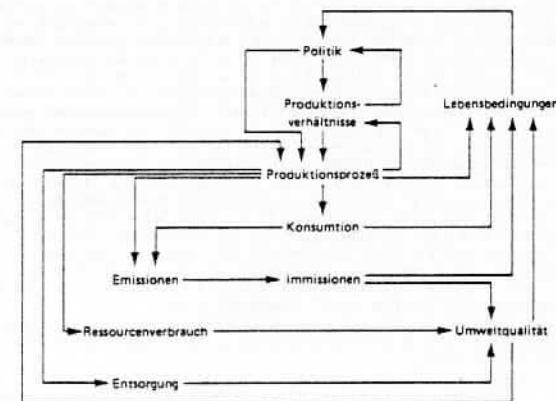
Annahme, nach der ein Teilproblem äußerlich isoliert aus seiner Systemvernetzung gerissen, und unter dieser Laborbedingung munter in die Zukunft prolongiert werden kann. Abgeschnitten sind dabei die potentiellen Wirkungsvernetzungen, die je nach Gesamtsystementwicklung sehr unterschiedliche Auswirkungen haben können.

Bei Beachtung des Systemkontextes müßte der Ersteller des Modulbanksystems zu jeder Teilfrage, die sein Modell ansprechen kann, ein Szenario darüber vorlegen, welche Module (bzw. Sachkomplexe) unabdingbar zu ihrer komplexen Verarbeitung gehören. Das ist sehr aufwendig und dürfte in der Regel darauf hinauslaufen, daß die meisten Module benötigt werden. Aus diesen Gründen scheint mir die Modularisierung nur eine allerdings sehr wichtige technische Hilfe bei der Modellkonstruktion zu sein. Bei der Modellanwendung dagegen sollte man mit der Modularisierung sehr vorsichtig umgehen, wenn man den Anspruch von Systemanalyse aufrechterhalten will.

7. Ein Beispiel: Hessen III, eine systemdynamische, umweltökonomische Simulationsstudie des Landes Hessens I)

Die Problematik der computerisierten Modellierung sozialwissenschaftlicher Zusammenhänge im Regionalmodell läßt sich beim Hessenprojekt an den Entstehungsabschnitten nachvollziehen: Hessen I stellt das Stadium dreier unverbundener Teilmodelle zu den Sektoren Ökonomie, Luft und Müll dar. Hessen II ist eine ehrgeizige Variante eines ökonomisch-ökologischen Gesamtmodells, das komplexe sozio-politische Variable enthält, das aber in seiner Parameterstruktur nur nach plausiblen und größenordnungsmäßig realitätsnahen Werten konstruiert wurde. Hessen III ist der Versuch einer Verbindung von Ökonometrie und Systemdynamik, was eine Streichung der sozio-politischen "weichen" Modellteile und der Umweltqualitätskonzeption zur Folge hatte. Auch ökologisch wünschenswerte Subregionalisierungen konnten aus Datengründen nicht verwirklicht werden.

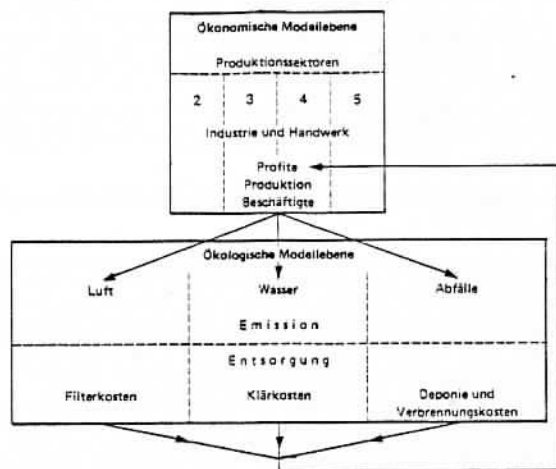
Die Figur 3 gibt die wesentliche Einfluß- und Variablenstruktur des Gesamtmodells Hessen II wieder, wobei der Anspruch eines komplexen sozio-ökonomischen-ökologischen Systemmodells sichtbar wird. Das ökologisch-regionalspezifische Anspruchsniveau wird in dieser Skizze nicht sichtbar (und wurde in Hessen II auch nicht formalisiert). Es besteht darin, den Produktionssektor nach sieben Wirtschaftszweigen zu disaggregieren, die bezüglich ihrer umweltbelastenden Momente eine ähnliche Struktur aufweisen, und darüber hinaus eine Disaggregation in die fünf Hessischen Planungsregionen zu unternehmen, die näherungsweise als ökologisch zusammenhängende Räume betrachtet werden können.



Figur 3: Die Struktur des ökonomisch-ökologischen Gesamtmodells Hessen II. 2)

1) H. Apel, W. Fassling, W. Meißner, M. Tschirschwitz, Ökonomische Aspekte des Umweltproblems. Eine Simulationsstudie für das Land Hessen, Frankfurt 1978

2) Vgl. o.a., S. 9



Figur 4: Die Struktur des Gesamtmodells Hessen III. 1)

Die Figur 4 zeigt die in Hessen III realisierten Modellbereiche. Die allgemeine Rückkopplung zwischen der Produktions- und Konsumtionsaktivität mit der umgebenden physischen und sozialen Umwelt ist hier nur modelliert über die durch die Produktion und Konsumtion entstehenden Emissionen und ihren Vermeidungskosten, die rentabilitätsmindernd auf den Produktionsprozess zurückwirken können. Die Problematik dieser Vereinfachung soll im folgenden nur insoweit angesprochen werden, als sie die Systemgrenzenfrage der Regionalmodellierung berührt.

Als ökologisch-ökonomisches Aggregationsdilemma wurde im 4. Abschnitt die Raumauswahl bezeichnet. Da das Modell keine Emissionen und keine Qualitätszustände beschreibt, entfällt dieser Aspekt. Bezüglich der Disaggregation der Wirtschaftssektoren besteht aber die nicht triviale Entscheidung, nach ökonomischer oder nach ökologischer Homogenität zu gruppieren. Da Emissionen nicht (bzw. kaum) als direkte Messwerte vorliegen, sondern aus Indikatoren, wie Energieverbräuche oder Beschäftigtenzahl berechnet werden müssen, war es zwingend, Industrien mit ähnlicher Emissionsstruktur zusammenzufassen. Voruntersuchungen ergaben, daß die Sektoren Chemie, Steine und Erden, Eisen und Stahl als stark belastend (2), Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau als mittelbelastend (3), Nahrungs- und Genussmittel als mittelbelastend (4) und Elektrotechnik, Holz und Textil als schwach belastend (5) eingeordnet werden können. Die empirisch aggregierten Wirtschaftsdaten dieser so zusammengefaßten Sektoren zeigen in Niveau und im Zeitpfad einen recht unterschiedlichen Verlauf, so daß ihnen eine spezifische Wirtschaftsdynamik zugesprochen werden kann. Die entsprechenden Modellsektoren sind strukturell gleich konzipiert, sie unterscheiden sich nur durch ihre Parameter in ihren Verhaltensgleichungen.

Unter dem Gesichtspunkt der Systemgrenzen ist das ökonomische Kernmodell von Hessen III ein extrem geschlossenes Regionalmodell. Nur die Kapitalintensität ist exogen als mit der Zeit laufende Trendvariable erklärt. Die insgesamt passable Anpassungsgüte des Modells für die ex post Prognose zeigt, daß das regionale Wirtschaftsgeschehen für einen beschränkten Zeitraum endogen modellierbar ist; ob dies aber der realen Wirkungsvernetzung in die Gesamtwirtschaft gerecht wird, wissen wir nicht.

Die ökonomische Dynamik des Modells wird durch einen produktionstheoretischen Ansatz erklärt, der auf die explizite Formulierung von Marktmechanismen (Nachfrage) verzichtet. Das Produktionsergebnis je Sektor entsteht durch die Definitionsgleichung:

$$\text{Produktionsergebnis} = \text{Kapitalproduktivität} \cdot \text{Kapital}$$

Dabei ist die sektorale Kapitalproduktivität proportional zu ihrem regionalen Durchschnittswert. Der Kapitalstock verändert sich über die Nettoinvestitionen, die von der sektoralen und von der regionalen Durchschnittsprofitrate abhängen. Diese Koppelung zwischen regionaler Gesamtebene und sektoralen Unterabenen hat z.B. zur Folge, daß alle Sektoren ein einheitliches Konjunkturmuster (unterschiedliche Amplituden aber gleiche Frequenz) aufweisen. Dies führt zu Schätzfehlern, da der reale Konjunkturverlauf der Sektoren leicht gegeneinander verschoben ist. 2)

Die Frage der Grenzen ökonomischer Zumutbarkeit bei verschärften Umweltauflagen berührt die Systemkoppelung: Ökonomie-Umweltkosten. Durch die Wahl eines makroökonomischen Ansatzes kann das Modell keine Aussagen zur Belastung einzelner Betriebstypen machen. Dies ist bedauerlich, weil letztlich nur für Einzelbetriebe dieser Problemdruck relevant wird. Im sektoralen Durchschnitt zeigten Policy-Simulationen, daß die Kostenbelastung auch bei verschärften Umweltauflagen in einer Größenordnung bleibt, die weder zu ernsthaften Kapitalabflüssen noch zu größeren Wachstumsrückgängen führt. 3)

Für den Zusammenhang Ökonomie-Umwelt ist das Modell extrem offen konzipiert, weil keine Rückkopplung der von der ökonomischen Aktivität ausgehenden Umweltbelastung (z.B. durch Luftemission, ungeklärte Ab-

wassermengen, Müllaufkommen im Verhältnis zu Verbrennungskapazitäten und Deponieplatz) formalisiert wurde. Aus den Policy-Simulationen lassen sich interessante globale Belastungsmomente ablesen, von denen man aber nicht weiß, wie sie sich auswirken werden. Hessen III fällt damit nicht in die Kategorie vollständiger Ökosystemmodelle.

Die Realisierung des umweltökonomischen Simulationsmodells der Region Hessen ist durch die Schwierigkeiten mitgeprägt worden, die durch Systemgrenzenfragen interdisziplinärer Bereichsüberschneidungen entstanden sind. Die Wirkung des Raumes in der Regionalökonomie, die Begründbarkeit sozio-politischer und sozio-ökologischer Phänomene bei fehlender quantitativer Information etc. stellen Probleme dar, die mehr oder weniger für jedes komplexe Regionalmodell relevant sind. Da die Lösung dieser z.T. ja auch prinzipieller Schwierigkeiten häufig nur durch schlechte Kompromisse oder gar durch Problemignorierung "geleistet" wird, schweigen sich die meisten Projektautoren über solche Punkte aus. "Modellbauneulinge" können sich deshalb durch Literaturstudium nur unzureichend über die wahren Grenzen der Modellierbarkeit sozio-ökonomischer Zusammenhänge informieren. Für eine erfolgreiche Projektdurchführung ist es aber sehr wichtig, daß die hier angesprochenen Probleme bereits in der Konzeptionsphase klar erkannt werden, weil nur so die Formulierung hochfliegender Anspruchs-niveaus und ihre für alle Beteiligten frustrierende Herunterschraubung vermieden werden kann.

1) Vgl. o.a., S. 10

2) Vgl. o.a., S. 63 f.

3) Vgl. o.a., S. 316 f.