

Klepper, Gernot; Lorz, Jens Oliver; Stähler, Frank; Thiele, Rainer; Wiebelt, Manfred

**Working Paper — Digitized Version**

## Empirische allgemeine Gleichgewichts-Modelle: Struktur und Anwendungsmöglichkeiten

Kiel Working Paper, No. 595

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Klepper, Gernot; Lorz, Jens Oliver; Stähler, Frank; Thiele, Rainer; Wiebelt, Manfred (1993) : Empirische allgemeine Gleichgewichts-Modelle: Struktur und Anwendungsmöglichkeiten, Kiel Working Paper, No. 595, Kiel Institute of World Economics (IfW), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/648>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Kieler Arbeitspapiere

# Kiel Working Papers

Arbeitspapier Nr. 595

**EMPIRISCHE ALLGEMEINE GLEICHGEWICHTS-MODELLE  
STRUKTUR UND ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN**

von Gernot Klepper, Oliver Lorz,  
Frank Stähler, Rainer Thiele, Manfred Wiebelt

Kiel, im September 1993



Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel  
The Kiel Institute of World Economics

ISSN 0342 - 0787

Institut für Weltwirtschaft  
Düsternbrooker Weg 120  
24105 Kiel

Arbeitspapier Nr. 595  
**EMPIRISCHE ALLGEMEINE GLEICHGEWICHTS-MODELLE  
STRUKTUR UND ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN**

von Gernot Klepper, Oliver Lorz,  
Frank Stähler, Rainer Thiele, Manfred Wiebelt

Kiel, im September 1993

507846

Für Inhalt und Verteilung der Kieler Arbeitspapiere ist der jeweilige Autor allein verantwortlich, nicht das Institut. Da es sich um Manuskripte in einer vorläufigen Fassung handelt, wird gebeten, sich mit Anregung und Kritik direkt an den Autor zu wenden und etwaige Zitate vorher mit ihm abzustimmen.

## 1. Einleitung

Die Anforderungen der Wirtschaftspolitik an wirtschaftswissenschaftliche Analysen über die Konsequenzen von staatlichen Eingriffen in den Wirtschaftsprozess werden aus vielen Gründen immer größer. Im Vergleich zu früher verlangen heute die Öffentlichkeit und die politischen Entscheidungsträger eine genauere Abwägung der möglichen Konsequenzen solcher Maßnahmen. Gleichzeitig werden die wirtschaftlichen Zusammenhänge in dem Maße komplexer, in dem sich die Volkswirtschaften vieler Länder enger miteinander verzahnen und gerade die bisher häufig ignorierten langfristigen Auswirkungen wirtschaftspolitischer Maßnahmen zunehmend in das Bewußtsein der Öffentlichkeit dringen. Die traditionellen Analysetechniken, die sich nur auf statistische Deskription oder auf partialanalytische Ansätze beschränkt haben, sind damit für viele Fragestellungen obsolet geworden. Fragen der internationalen Wettbewerbsfähigkeit, der Auswirkungen des Strukturwandels, die langfristige Analyse von Sozialversicherungssystemen auf Kapitalakkumulation und Sparverhalten, der Zusammenhang zwischen Ressourcennutzung und Umweltqualität, aber auch einmalige Ereignisse wie das Zusammenwachsen der beiden Teile Deutschlands sind nur einige Beispiele für die neuen Herausforderungen an die Forschung.

Eine mikroökonomisch fundierte allgemeine Gleichgewichtsanalyse ist für viele dieser Fragestellungen ein vielversprechender Ansatz; zum einen, weil wichtige Interdependenzen berücksichtigt werden können, die in partialanalytischen Modellen ignoriert werden, zum anderen, weil die allgemeinen Gleichgewichtsmodelle in der Lage sind, die gesamtwirtschaftlichen Konsequenzen von Politikalternativen zu simulieren. Gerade berechenbare allgemeine Gleichgewichtsmodelle sind prädestiniert, um unterschiedliche Politiksznarien zu modellieren und ihre Auswirkungen darzustellen, aber auch um die Konsistenz verschiedener wirtschaftspolitischer Instrumente und die Zielkonflikte von Politikoptionen zu evaluieren.

Inzwischen gibt es schon eine recht große Zahl an computergestützten berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodellen, die für die unterschiedlichsten Fragestellungen entwickelt wurden. Bis vor einiger Zeit hatten die meisten Modelle einige gemeinsame Charakteristiken. Sie waren walrasianische Modelle, bei denen sich alle Akteure wie unter vollkommener Konkurrenz verhielten, d.h. strategisches Verhalten aufgrund von Marktmacht konnte nicht abgebildet werden. Darüberhinaus waren es statische Modelle, bei denen alle intertemporalen Entscheidungen exogenisiert werden mußten, so daß wichtige wirtschaftliche Probleme nur sehr unzureichend modelliert werden konnten. Trotz dieser Gemeinsamkeiten gab es wichtige Unterschiede im Detail. Fast alle Modelle wurden für jeweils eine ganz bestimmte Fragestellung entwickelt, indem das Aggregationsniveau von Aktivitäten, die Definition der Wirtschaftssubjekte, sowie deren Verhalten und Aktionsparameter an die Fragestellung angepaßt wurde, und damit

zwar nicht das theoretische Modell, wohl aber der empirische Teil für andere Probleme neu erarbeitet werden mußte.

Durch die statische Modellformulierung waren viele Fragen der wirtschaftlichen Entwicklung, insbesondere die Entwicklung der Sektorstruktur im Wachstumsprozeß nicht empirisch analysierbar. Genauso konnte die Frage der Nutzung natürlicher Ressourcen, einerseits als Abbau von knappen Ressourcen (Erdöl, Wasser, etc.), andererseits als Übernutzung von Ressourcen (Atmosphäre, Bodenkontaminierung) aufgrund der langen Time-lags in statischen Modellen nicht zufriedenstellend abgebildet werden. Industriepolitische Aspekte wie die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen des europäischen Binnenmarktes oder der Abbau von Marktsegmentierungen sind ebenso in einem Modell vollkommenen Wettbewerbs nicht sinnvoll zu modellieren. Deshalb gibt es neuerdings statische Modelle, bei denen explizit unvollständige Konkurrenz in einzelnen Industrien angenommen wird. Gleichzeitig werden in dynamischen Modellen intertemporale Allokationsentscheidungen berücksichtigt, um langfristige Auswirkungen wirtschaftspolitischer Maßnahmen zu analysieren.

Während es schon in der Vergangenheit keine Tendenz zu einem idealtypischen "Mehrzweck-Modell" gab, sondern für unterschiedliche Probleme auch in der Regel unterschiedliche Modellvarianten entwickelt werden mußten, so hat sich diese Entwicklung noch verstärkt. Zum einen bilden die Lösungsalgorithmen für diese Modelle zusammen mit der Computerkapazität eine Schranke, zum anderen wird mit zunehmender Komplexität der Modelle die Interpretation und Beurteilung der Ergebnisse immer schwieriger. Es zeichnet sich deshalb eine Tendenz zu spezialisierten, möglichst kleinen Modellen ab, die es erlauben, die strukturellen Wirkungszusammenhänge der simulierten empirischen Ergebnisse noch zu erkennen, was auch ihre Überzeugungskraft als Instrument der Politikberatung erhöht.

Der vorliegende Beitrag verdeutlicht zunächst die grundlegende Struktur der empirischen allgemeinen Gleichgewichtsmodelle (EAG)<sup>1</sup> und diskutiert anhand eines relativ allgemeinen Modells zunächst die theoretischen Probleme. Danach werden die wichtigsten Aspekte bei der Implementierung dargestellt, nämlich die Erstellung einer konsistenten Datengrundlage und die Kalibrierung des Modells. Im darauffolgenden Kapitel werden sowohl die theoretischen als auch die empirischen Modifikationen diskutiert, die erforderlich sind, wenn unvollständige Konkurrenz in ein allgemeines Gleichgewichtsmodell eingeführt werden soll. Danach werden zwei Typen von dynamischen Modellen vorgestellt. Sequentiell lösbare dynamische Gleichgewichtsmodelle sind

---

<sup>1</sup> Es gibt fast so viele Namen wie Modelle. Computable General Equilibrium (CGE), Applied General Equilibrium (AGE), Berechenbare Allgemeine Gleichgewichtsmodelle u.v.a. sind in Gebrauch. Im vorliegenden Beitrag benutzen wir den Begriff "Empirische Allgemeine Gleichgewichtsmodelle" (EAG).

solche, die aufgrund ihrer Struktur noch als Ein-Perioden-Gleichgewichte lösbar sind und nur durch Verknüpfung der zeitlich abhängigen Parameter eine intertemporale Struktur erhalten. Der relativ geringe Rechenaufwand und die relativ einfache Struktur erlauben noch eine sektoral recht feine Disaggregation. Sogenannte vollständig dynamische Modelle können dagegen nur simultan über den gesamten Planungshorizont gelöst werden, so daß bezüglich der Verhaltensannahmen der Wirtschaftssubjekte ganz andere Anforderungen an die Modellstruktur gestellt sind. Der Beitrag schließt mit einem Resümee über die neueren Entwicklungen bei den berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodellen.

## 2. Grundlagen neoklassischer empirischer allgemeiner Gleichgewichtsmodelle

Ausgangspunkt der Darstellung in diesem Abschnitt ist ein neoklassischer Prototyp eines EAG-Modells, wobei all jene EAG-Modelle als neoklassisch bezeichnet werden, die in Anlehnung an die walrasianische Theorie von einem statischen Konkurrenzgleichgewicht mit flexiblen Preisen und intersektoral mobilen Faktoren sowie der Dichotomie zwischen realem und monetärem Sektor einer Volkswirtschaft ausgehen. Gelegentlich wird auch auf Marktunvollkommenheiten wie z.B. fixe Wechselkurse oder begrenzte Faktormobilität verwiesen, die besonders in Modellen für Entwicklungsländer eine bedeutende Rolle spielen.<sup>2</sup> Keine Berücksichtigung in dieser Arbeit finden solche EAG-Modelle, die einen starken Einfluß makroökonomischer Variablen auf die Struktur und das Niveau von Produktion und Beschäftigung unterstellen und somit fundamental vom walrasianischen Paradigma abweichen.<sup>3</sup>

### 2.1 Theoretische Struktur

Tabelle 1 zeigt in allgemeiner Form die Struktur eines neoklassischen EAG-Modells für eine kleine offene Volkswirtschaft. Einige der Gleichungen sind in implizierter Schreibweise angegeben, womit der Tatsache Rechnung getragen wird, daß bei der Modellimplementierung die Wahl zwischen verschiedenen Funktionsformen besteht (siehe Abschnitt 2.2). Des weiteren wird zur Vereinfachung der Notation unterstellt, daß es in der Volkswirtschaft nur einen Produktionssektor und einen repräsentativen Konsumenten gibt.

Das EAG-Modell läßt sich in 3 zentrale Komponenten zerlegen:

- (i) Gleichungen, die das Angebots- und Nachfrageverhalten der ökonomischen Akteure beschreiben.
- (ii) Gleichungen, die die Verteilung des Einkommens auf die Akteure abbilden und somit den Einkommenskreislauf schließen.
- (iii) Gleichgewichtsbedingungen für die Güter- und Faktormärkte sowie für wichtige makroökonomische Aggregate.

---

<sup>2</sup> Demgegenüber gehen die meisten Anwendungen für Industrieländer von vollkommenen Märkten aus (siehe z.B. den Überblicksartikel von Shoven, Whalley, 1984).

<sup>3</sup> Taylor (1990) gibt einen Überblick über die Struktur dieser sogenannten makrostrukturalistischen Modelle.

Tabelle 1 - Grundstruktur eines EAG-Modells für eine kleine offene Volkswirtschaft

Reale Variablen		Preise		
(1)	$X = f(L^N, K^N, V^N)$	Produktion	(18) $P^m = e \cdot \bar{P}^{Sm} (1 + \bar{\pi}^m)$	Importpreis
(2)	$L^A = f(W, P^q)$	Arbeitsangebot	(19) $P^e = e \cdot \bar{P}^{Se} (1 + \bar{\pi}^e)$	Exportpreis
(3)	$L^N = f(R, W, P^q, P^x)$	Arbeitsnachfrage	(20) $P^q = f(P^m, P^d)$	Konsumentenpreis
(4)	$K^N = f(R, W, P^q, P^x)$	Kapitalnachfrage	(21) $P^x = f(P^e, P^d)$	Produzentenpreis
(5)	$V^N = f(R, W, P^q, P^e)$	Vorteilungsnachfrage		
(6)	$C^N = f(P^q, \bar{C})$	Konsumnachfrage	Markträumung	
(7)	$Z^N = f(P^q, \bar{Z})$	Investitionsnachfrage	(22) $D^N = D^A - 0$	Gütermarkt
(8)	$Q^N = C^N + Z^N + V^N + \bar{G}^N$	heimische Nachfrage	(23) $L^N = L^A - 0$	Arbeitsmarkt
(9)	$X = f(E, D^A)$	Exporttransformation	(24) $K^N = K^A - 0$	Kapitalmarkt
(10)	$Q^N = f(M, D^N)$	Importaggregation		
(11)	$E / D^A = f(P^e, P^d)$	Exportangebot	<b>Makroökonomisches Gleichgewicht</b>	
(12)	$M / D^N = f(P^m, P^d)$	Importnachfrage	(25) $\bar{Y}^G - P^q \cdot \bar{G}^N = \bar{S}^G$	Staatshaushalt
			(26) $\bar{P}^{Sm} \cdot M - \bar{P}^{Se} \cdot E = \bar{H}B$	Handelsbilanz
			(27) $\bar{Z} = \bar{S}^P + \bar{S}^G + e \cdot \bar{H}B$	Investition = Ersparnis
			(28) $\bar{P}$	Preisindex als Numéraire
<b>Nominale Variablen</b>			<b>Identitäten</b>	
(13)	$\bar{Y}^L = W \cdot L^A \cdot (1 - \bar{\tau}^L)$	Arbeitseinkommen	(29) $P^x \cdot X = P^e \cdot E + P^d \cdot D^A$	Produktionswert = Erlöse
(14)	$\bar{Y}^K = R \cdot \bar{K}^A \cdot (1 - \bar{\tau}^K)$	Kapitaleinkommen	(30) $P^q \cdot Q^D = P^m \cdot M + P^d \cdot D^N$	Nachfrage = Absorption
(15)	$\bar{Y}^G = \bar{\tau}^L \cdot W \cdot L^A + \bar{\tau}^K \cdot R \cdot \bar{K}^A + \bar{\tau}^x \cdot P^x \cdot X + \bar{\tau}^m \cdot P^m \cdot M - \bar{\tau}^e \cdot P^e \cdot E$	Staatseinnahmen	(31) $P^x \cdot X = W \cdot L^N + R \cdot K^N + P^q \cdot V^N$	Erlöse = Kosten
(16)	$\bar{C} = f(\bar{Y}^L, \bar{Y}^K)$	Konsumausgaben	(32) $P^q \cdot C^N = \bar{C}$	Konsumnachfrage = Ausgaben
(17)	$\bar{S}^P = \bar{Y}^L + \bar{Y}^K - \bar{C}$	private Ersparnisse	(33) $P^q \cdot Z^N = \bar{Z}$	Investitionsnachfrage = Ausgaben

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

## Fortsetzung Tabelle 1

Endogene Variablen			
$X$	Produktion	$p^m$	Importpreis (in heimischer Währung)
$L^N$	Arbeitsnachfrage	$p^e$	Exportpreis (in heimischer Währung)
$L^A$	Arbeitsangebot	$p^v$	Produzentenpreis
$K^N$	Kapitalnachfrage	$p^k$	Konsumentenpreis
$y^N$	Vorleistungsnachfrage	$p^d$	Preis für heimische Güter
$D^A$	heimisches Angebot	$w$	Lohnsatz
$D^N$	heimische Nachfrage nach im Inland produzierten Gütern	$r$	Kapitalertragsrate
$E$	Exporte	$e$	nominaler Wechselkurs
$M$	Importe	$\bar{y}^G$	Staatseinnahmen
$Q^N$	heimische Nachfrage	$\bar{s}^P$	private Ersparnis
$C^N$	Konsumnachfrage	$\bar{s}^G$	staatliche Ersparnis
$Z^N$	Investitionsnachfrage	$\bar{c}$	nominaler Konsum
$\bar{y}^L$	Nominaleinkommen	$\bar{z}$	nominale Investition
$\bar{y}^K$	Kapitaleinkommen		
Exogene Variablen			
$\bar{r}^L$	Steuersatz auf Arbeitseinkommen	$\overline{HB}$	Handelsbilanz (in \$)
$\bar{r}^K$	Steuersatz auf Kapitaleinkommen	$\bar{p}^{sm}$	Weltmarktpreis für Importe
$\bar{r}^e$	indirekter Steuersatz	$\bar{p}^{se}$	Weltmarktpreis für Exporte
$\bar{r}^m$	Importzollsatz	$\bar{P}$	Preisindex (Numéraire)
$\bar{r}^e$	Exportsubventionssatz	$\bar{K}^e$	gesamtwirtschaftliches Kapitalangebot
$\bar{G}^D$	realer Staatskonsum		

Anmerkungen: Exogene Variablen sind durch ein  $\bar{\cdot}$  und nominale Größen durch ein  $\cdot^*$  gekennzeichnet. Die verwendeten Superskripts haben folgende Bedeutung: A = Angebot, N = Nachfrage, L = Arbeit, K = Kapital, P = privat, G = staatlich, e = Exporte, m = Importe, d = heimisches Gut, x = Produktion und q = zusammengesetztes Gut.

Quelle: in Anlehnung an Robinson (1989).

Bei der Spezifizierung eines EAG-Modells stellt sich zunächst die Frage, welche ökonomischen Akteure unterschieden werden sollen. Hier sind es, wie in vielen empirischen Anwendungen üblich, neben den Haushalten und Unternehmen, noch der Staat und das Ausland.<sup>4</sup> Entsprechend der neoklassischen Theorie maximieren die Unternehmer ihren Gewinn bei gegebener Technologie und die Konsumenten ihren Nutzen bei gegebener Budgetrestriktion. Bei vollständiger Konkurrenz auf Güter- und Faktormärkten entscheiden die Wirtschaftsakteure ausschließlich aufgrund von Preissignalen. Läßt man Preisrigiditäten auf bestimmten Märkten zu, so muß die Rationierungsregel explizit formuliert werden (siehe unten).

Die Gleichungen 1 bis 12 beschreiben das Verhalten der einzelnen Wirtschaftssubjekte. Die Produzenten erstellen ihren Output unter Einsatz von Kapital, Arbeit und Vorleistungen (Gleichung 1).<sup>5</sup> Unter der Gewinnmaximierungshypothese ergeben sich die Gleichungen 3 und 4 als Nachfragefunktionen für Arbeit und Kapital.<sup>6</sup> Das gesamtwirtschaftliche Faktorangebot wird in den meisten statischen Modellen als exogen gegeben angenommen. Einige Steuermodelle (z.B. Ballard et al., 1985) weichen von dieser Formulierung ab, indem sie das Arbeitsangebot (Gleichung 2) aus der Maximierung einer Nutzenfunktion ableiten, in der Freizeit als Argument enthalten ist. Die Vorleistungsnachfrage der Unternehmer wird üblicherweise durch fixe Input-Output-Koeffizienten determiniert. Es ist jedoch auch möglich, Substitutionsbeziehungen sowohl zwischen einzelnen intermediären Inputs als auch zwischen intermediären Inputs und Primärfaktoren einzuführen (siehe z.B. Harrison, 1986).

Die Komponenten der heimischen Endnachfrage werden in den Gleichungen 6 und 7 definiert. Gleichung 6 ist die Nachfragefunktion, die sich aus der Maximierung einer Nutzenfunktion herleitet. Sie beschreibt, wie sich die gesamten Konsumausgaben des repräsentativen Konsumenten auf die einzelnen Güter aufteilen. Gleichung 7 bestimmt, wie die gesamten Investitionen für die Nachfrage nach Kapitalgütern aus verschiedenen Herkunftssektoren verwendet werden. Die realen Staatsausgaben sind in diesem Modell exogen festgesetzt. Alternativ kann der Budgetsaldo fixiert werden, so daß sich die Staatsausgaben residual ergeben. Eine weitere

<sup>4</sup> Die Steuermodelle in der Tradition von Shoven und Whalley verzichten teilweise auf die explizite Modellierung der staatlichen Aktivität, indem sie die Annahme treffen, daß sämtliche Staatseinnahmen direkt an die Konsumenten verteilt werden, d.h., daß der Staat keine öffentlichen Güter und Dienstleistungen bereitstellt. Ebenso gibt es Steuermodelle, die nur für geschlossene Volkswirtschaften formuliert sind. (z.B. Stenrod, 1983).

<sup>5</sup> Die Produktionsfunktion läßt sich um weitere Primärfaktoren, z.B. Boden, erweitern. Häufig wird zudem der Faktor Arbeit nach Qualifikationen disaggregiert.

<sup>6</sup> In EAG-Modellen für Entwicklungsländer wird meist davon ausgegangen, daß die sektoralen Kapitalstöcke innerhalb einer Periode fixiert sind, so daß die sektoralen Kapitalrenditen sich nicht angleichen. In diesem Fall ist die Kapitalnachfragefunktion bei gegebenem Kapitalangebot redundant.

Möglichkeit zur Endogenisierung der Staatsausgaben besteht darin, den Staat wie die privaten Haushalte eine Nutzenfunktion maximieren zu lassen (siehe z.B. Piggott, Whalley, 1985).<sup>7</sup>

Bei der Abbildung des Außenhandels wird hier die Annahme des kleinen Landes aus der klassischen Außenhandelstheorie beibehalten, d.h. Importangebot und Exportnachfrage sind vollkommen elastisch und das Inland betrachtet die entsprechenden Weltmarktpreise als Datum. In Abweichung vom Heckscher-Ohlin-Modell werden alle handelbaren Güter als imperfekte Substitute angesehen. Darüber hinaus können im Modell auch nichthandelbare Güter identifiziert werden<sup>8</sup>. Für die Exportseite gibt Gleichung 9 an, wie sich der sektorale Output in qualitativ unterschiedliche Güter für heimische Verkäufe und Exporte aufspaltet. In analoger Weise wird angenommen, daß die heimischen Wirtschaftssubjekte entsprechend der Armington-Hypothese (Armington, 1969) ein aus Importen und heimisch produzierten Gütern zusammengesetztes Produkt nachfragen (Gleichung 10). Die Modellierung imperfekter Substituierbarkeit handelbarer Güter gewährleistet eine gewisse Autonomie für das inländische Preissystem. Zum Beispiel führt die Einführung eines Zolls zu geringeren heimischen Preissteigerungen als im Heckscher-Ohlin-Modell. Unterstellt man Erlösmaximierung bzw. Kostenminimierung, so ergeben sich die Export- und Importanteile (Gleichungen 11 und 12) als Funktion des Verhältnisses zwischen inländischem Preis und Export- bzw. Importpreis. Die Preise für die beiden zusammengesetzten Güter (Gleichungen 20 und 21) resultieren aus den dualen Kostenfunktionen der Exporttransformations- bzw. Importaggregationsfunktion.

In einigen empirischen Anwendungen wird auf der Exportseite von der Annahme einer unendlich elastischen Nachfrage abgewichen (z.B. Benjamin, 1989). Damit soll der Tatsache Rechnung getragen werden, daß es zu Schwankungen der Exportnachfrage kommen kann, wenn sich der heimische Preis im Verhältnis zum Weltmarktpreis ändert, obwohl das Inland weiterhin Preisnehmer auf dem Weltmarkt ist.

Von dem hier dargestellten EAG-Modell für ein einzelnes Land sind die Mehrländermodelle zu unterscheiden, die sich mit Themen wie multilaterale Handelsliberalisierungen oder regionale Integration beschäftigen (z.B. Whalley, 1985). Im Mehrländermodell ist mit der Armington-Annahme automatisch für jedes Land auch die Exportnachfrage modelliert, denn es fragt jedes Land gemäß der Armington-Annahme all die als differenziert wahrgenommenen Produkte eines jeden anderen Landes nach. Weiterhin kommt im Mehrländermodell als Besonderheit hinzu, daß die

<sup>7</sup> In manchen EAG-Modellen (z.B. Piggott, Whalley, 1991) werden in der Nutzenfunktion der privaten Haushalte öffentliche und private Güter unterschieden.

<sup>8</sup> Damit stellt die Außenhandelsspezifikation eine Erweiterung des Salter-Swan-Modells dar, das ausschließlich reine Handels- und Nichthandelsgüter unterscheidet.

Parameter der Produktions- und Nachfragefunktionen in der Regel von Land zu Land unterschiedlich sind. Somit treten nicht nur die Faktorausstattungen als Determinanten des internationalen Handels in Erscheinung, sondern auch die Technologie und die Präferenzen, die im Heckscher-Ohlin-Modell als identisch angenommen werden.

Die Gleichungen 13 bis 17 bestimmen die Einkommensströme der Volkswirtschaft. Die Haushalte beziehen Einkommen aus Vermögen und unselbständiger Arbeit und entrichten einen Teil dieses Einkommens in Form von direkten Steuern an den Staat (Gleichungen 13 und 14). Vom verfügbaren Einkommen sparen sie einen bestimmten Anteil (Gleichung 17) und verwenden den Rest für Konsumzwecke (Gleichung 16). Die Staatseinnahmen umfassen neben den direkten Steuern auch inländische Verbrauchssteuern (Gleichung 15)<sup>9</sup>.

Um die gleichgewichtigen Mengen und Preise auf den einzelnen Güter- und Faktormärkten ermitteln zu können, müssen Bedingungen angegeben werden, unter denen sich ein Gleichgewicht auf diesen Märkten etabliert. Im walrasianischen Modell mit vollkommen flexiblen Güter- und Faktorpreisen sind im Gleichgewicht alle Märkte geräumt, d.h. es gibt keine Überschufnachfragen (Gleichungen 22 bis 24). Wenn einzelne Preise wie z.B. der Lohnsatz fixiert sind, muß ein Rationierungsschema für den entsprechenden Markt spezifiziert werden. Auf dem Arbeitsmarkt ist es üblich anzunehmen, daß die Unternehmer sich stets auf ihrer Arbeitsnachfragekurve befinden und das Arbeitsangebot sich an die Arbeitsnachfrage anpaßt. In diesem Fall ist die Arbeitsangebotsgleichung redundant. Sie kann höchstens dazu dienen, die residuale freiwillige Arbeitslosigkeit zu berechnen (Robinson, 1989).

Weiterhin enthält das EAG-Modell Gleichgewichtsbedingungen für die makroökonomischen Aggregate der Volkswirtschaft: die Staatseinnahmen (einschließlich Neuverschuldung) müssen die Staatsausgaben decken (Gleichung 25); der Handelsbilanzsaldo muß der Differenz aus Import- und Exportwert entsprechen (Gleichung 26); und die aggregierten Investitionen müssen gleich den aggregierten Ersparnissen (einschließlich Kapitalimporten) sein (Gleichung 27). Um das EAG-Modell lösen zu können, bedarf es makroökonomischer Schließungsregeln, die die exogenen und endogenen Variablen dieser drei Gleichgewichtsbedingungen festlegen. Im Staatshaushalt kann entweder die staatliche Ersparnis (der Budgetsaldo) oder, wie in Gleichung 25, die reale Staatsnachfrage fixiert werden. Im Außenhandelsbereich determiniert das Modell einen stabilen Zusammenhang zwischen Handelsbilanzsaldo und realem Wechselkurs. Da der Handelsbilanzsaldo und das absolute inländische Preisniveau (der Numéraire) hier exogen gegeben sind, wird das Gleichgewicht über Veränderungen des nominalen Wechselkurses

<sup>9</sup> Damit enthält das EAG-Modell alle wichtigen staatlichen Aktionsparameter für handels- und steuerpolitische Maßnahmen. Auch nichttarifäre Handelshemmnisse können analysiert werden.

erreicht. Alternativ ist es möglich, von einem festen Wechselkurs und einem endogenen Handelsbilanzsaldo auszugehen.<sup>10</sup> Die am meisten diskutierte makroökonomische Schließungsregel ist diejenige, die die ex-post Identität zwischen Investition und Ersparnis herbeiführt (siehe z.B. Bandara, 1991). In diesem Modell wird die sogenannte "neoklassische" Schließung gewählt, die die aggregierten Investitionen als endogene Summe aus privater, staatlicher und ausländischer Ersparnis definiert, ohne daß eine eigenständige Investitionsfunktion spezifiziert wird.<sup>11</sup>

Die in den Gleichung 29 bis 33 dargestellten Identitäten sind keine unabhängigen Gleichungen des Modells, sondern werden durch die Eigenschaften der Verhaltensgleichungen determiniert. Zum Beispiel garantiert die Homogenität der Exporttransformations- und Importaggregationsfunktion, daß die Gleichungen 29 und 30 erfüllt sind. Die Gültigkeit der Identitäten spiegelt wider, daß sich alle Wirtschaftssubjekte auf ihrer Budgetlinie befinden und das Gesetz von Walras gilt, d.h. die Summe der Überschufnachfragen über alle Märkte gleich Null ist. Dies wiederum impliziert, daß die Gleichgewichtsbedingungen nicht alle voneinander unabhängig sind, so daß die absoluten Preise des Modells nicht ermittelt werden können. Durch die Wahl eines Numéraires (Gleichung 28) ist es jedoch möglich, alle relativen Preise sowie die realen Variablen des Modells zu bestimmen. Im walrasianischen Modell mit flexibler Preisanpassung auf allen Märkten kann im Prinzip jeder Preis als Numéraire dienen, ohne daß dies einen Einfluß auf die reale Seite der Volkswirtschaft hat, da alle Angebots- und Nachfragegleichungen homogen vom Grade null in allen Preisen sind. Sobald Preisrigiditäten zugefassen werden, bleibt die Homogenitätseigenschaft nur dann erhalten, wenn der entsprechende Preis relativ zum Numéraire fixiert wird.

## 2.2 Implementierung des theoretischen Modells

Das oben beschriebene theoretische Modell ist allgemein formuliert. Damit es auf die Untersuchung wirtschaftspolitischer Fragestellungen in einem bestimmten Land angewendet werden kann, muß das theoretische Modell durch eine mikroökonomisch konsistente Datenbasis aufge-

<sup>10</sup> Diese Variante wählen Devarajan, de Melo (1987) in einem EAG-Modell für Kamerun. Während die Annahme unbeschränkter Kapitalzuflüsse für Kamerun zutreffen mag, da die Defizite des Landes aufgrund der Mitgliedschaft in der CFA-Zone von Frankreich finanziert werden, ist sie für viele andere Entwicklungsländer unrealistisch. Sind jedoch Wechselkurs und Handelsbilanzsaldo fixiert, kommt es zu einer Rationierung der Importe, vorausgesetzt der Wechselkurs ist überbewertet. Unterschiedliche Rationierungsmechanismen für diesen Fall beschreiben Dervis et al. (1982).

<sup>11</sup> Andere häufig verwendete Schließungsregeln gehen von exogen gegebenen aggregierten Investitionen aus und sind somit keynesianischer Natur (Robinson, 1991). Dabei passen sich Ersparnis und Produktion entweder über keynesianische Multiplikatoreffekte oder über Verteilungseffekte à la Kaldor an Veränderungen der aggregierten Investitionen an. Eine Alternative zu der ad-hoc-Annahme exogener Investitionen besteht darin, den Finanzmarkt explizit zu modellieren (siehe z.B. Bourguignon et al., 1989).

füllt werden, die den empirisch beobachteten Gleichgewichtszustand der betreffenden Volkswirtschaft in einem Basisjahr widerspiegelt.<sup>12</sup> Erforderlich ist hierzu auch, daß die häufig nur als Wertangaben vorliegenden Informationen über Markttransaktionen jeweils in eine Preis- und eine Mengenkomponeute zerlegt werden, um mit dem allgemeinen Gleichgewichtsmodell kompatibel zu sein. Schließlich müssen explizite Funktionsformen gewählt und die Parameter dieser Funktionen so bestimmt, i.d.R. "kalibriert", werden, daß das Modell das empirisch beobachtete Referenzgleichgewicht reproduzieren kann. Die Vorgabe anderer als im Referenzgleichgewicht gültiger Politikparameter führt dann zu einem neuen allgemeinen Gleichgewicht mit neuen Werten aller Größen. Auf diese Weise kann man die Wirkungen alternativer Politiken simulieren und damit das für eine Bewertung wirtschaftspolitischer Maßnahmen erforderliche Informationsspektrum erweitern.

Abbildung 1 illustriert dieses Vorgehen in Form eines Flußdiagramms. Im folgenden sollen die wichtigsten Arbeitsschritte näher erläutert werden.

### Erstellung einer mikroökonomisch konsistenten Datengrundlage

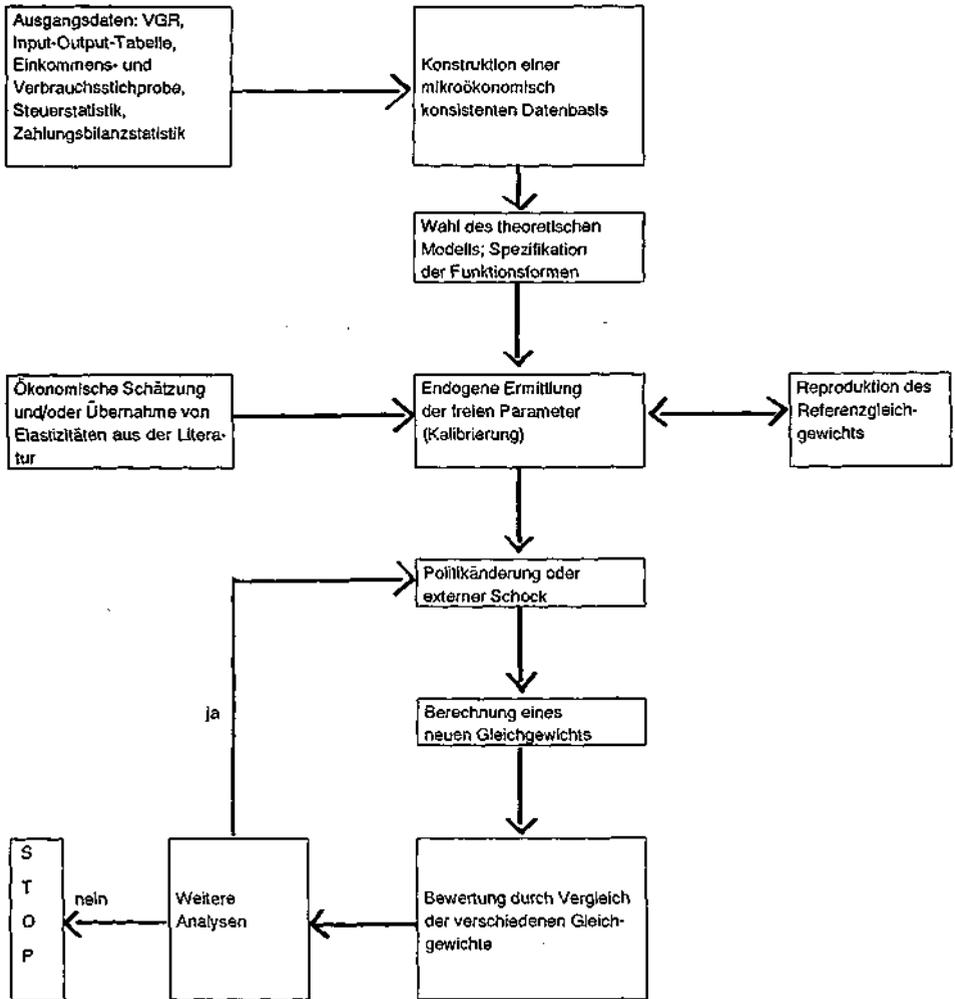
Im allgemeinen liegen die notwendigen Informationen nicht in der vom Modell geforderten Form vor. Vielmehr müssen die notwendigen Daten aus verschiedensten nationalen Statistiken zusammengetragen, zum Teil modifiziert und so aufeinander abgestimmt werden, als ob sie als allgemeine Gleichgewichtslösung des Modells entstanden seien. Das Grundgerüst bildet dabei in der Regel die Input-Output-Tabelle, da diese detaillierte Angaben über die Vorleistungsströme, die gesamtwirtschaftlichen Endnachfragekomponenten (privater und staatlicher Konsum, Bruttoinvestitionen, Exporte) und die Herkunft der Güter aus inländischer und ausländischer Produktion sowie die Komponenten der Wertschöpfung enthält. Zur Konstruktion eines den Konsistenzbedingungen des allgemeinen Gleichgewichtsmodells genügenden mikroökonomischen Datengerüsts für ein bestimmtes Basisjahr sind allerdings neben der Input-Output-Tabelle weitere Statistiken zur Einkommensverteilung und -verwendung hinzuzuziehen. Dies verdeutlicht beispielhaft Tabelle 2, in der die Transaktionen des oben beschriebenen Modells in einer Social Accounting Matrix (SAM) verbucht sind.<sup>13</sup> Die SAM enthält in den ersten

<sup>12</sup> Die Datengrundlage muß insbesondere die folgenden Gleichgewichtsbedingungen erfüllen (Mansur, Whalley, 1984):

- angebotene und nachgefragte Güter- und Faktormengen stimmen überein;
- alle inländischen Entscheidungseinheiten (einschließlich des Staates) planen auf der Basis ihrer Budgetrestriktion;
- die Unternehmen erzielen keine "übermäßigen" Profite;
- die Volkswirtschaft befindet sich im außenwirtschaftlichen Gleichgewicht.

<sup>13</sup> Zur Erstellung und Anwendung von SAMs vgl. Pyatt, Round (1985).

Abbildung 1 -Vorgehensweise bei der empirischen allgemeinen Gleichgewichtsanalyse



Quelle: In Anlehnung an Shoven, Whalley (1984)

beiden Kontengruppen Angaben der Input-Output-Tabelle während die restlichen Konten die Budgetrestriktionen der privaten Haushalte und des Staates, die Handelsbilanzrestriktion und die ex post-Identität von Ersparnis und Investition ausweisen.

Die Integration von Daten der Input-Output-Tabelle, der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe, Steuerstatistik der Bevölkerungs- und Erwerbsstatistik, der Lohn- und Gehaltsstatistik, oder von Erhebungen in Unternehmen usw. ist für die meisten wirtschaftspolitischen Fragestellungen eines Strukturanpassungsprogramms unabdingbar. Will man etwa die Auswirkungen auf die Verteilung von Einkommen und/oder Konsum untersuchen, muß in jedem Fall auf die Einkommens- und Verbrauchsstichprobe zurückgegriffen werden, da diese in bezug auf Verteilungsfragen das detaillierteste Datenmaterial enthält. Außerdem erfordert die Erfassung des Einkommenskreislaufs differenzierte Angaben zur Einkommensentstehung, wie sie nur aus den Nebenrechnungen der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erhältlich sind. Allerdings treten schon hier die ersten konzeptionellen Probleme auf: Die Gesamtausgaben für den privaten Verbrauch in der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe stimmen nicht mit denen in der Input-Output-Tabelle überein, weil unterschiedliche Preiskonzepte verwendet werden; außerdem weicht die Klassifikation der Güter in der Verbrauchsstatistik von der Produktionsgütersystematik der Input-Output-Tabelle ab. Weitere Komplikationen treten im Zusammenhang mit steuerpolitischen Fragestellungen auf. Die Produktionssteuern in der Input-Output-Tabelle enthalten neben den Grund-, Grunderwerb- und den Gewerbesteuern u.a. auch die Verbrauchssteuern, die unter finanzwissenschaftlichen Gesichtspunkten ganz unterschiedlich zu behandeln sind. Zu integrieren sind ferner die Daten der Umsatz-, Einkommen- und Körperschaftsteuerstatistik, um nur die wesentlichsten zu nennen. Die angeführten Beispiele mögen ausreichen, um einige der Schwierigkeiten zu verdeutlichen, die bei der Aufbereitung und Reorganisation des statistischen Datenmaterials bestehen.

### **Auswahl der Funktionsformen und Kalibrierung des Modells**

Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten zur Bestimmung der Parameter eines EAG-Modells. Zum einen ist dies die ökonometrische Schätzung aus gegebenen Zeitreihendaten, zum anderen die Berechnung aus den Daten des Basisjahres unter der Annahme, daß der unterstellte Modellzusammenhang im Basisjahr stets als Identität erfüllt ist. Mansur und Whalley (1984) nennen letztgenannte Art der Parameterbestimmung "Kalibrierung".

Tabelle 2 - Grundstruktur eines mikroökonomisch konsistenten Datensatzes

Einnahmen	Ausgaben		Faktoren		Institutionen				Summe
	Sektoren	Güter	Arbeit	Kapital	Haushalte	Staat	Verm.-änd.	Ausland	
Sektoren		$P^d \cdot D^A$				$\bar{T}^c \cdot \bar{P}^{S^c} \cdot e \cdot E$		$\bar{P}^{S^c} \cdot e \cdot E$	$P^s \cdot X$
Güter	$P^q \cdot V^V$				$P^q \cdot C^N$	$P^q \cdot \bar{G}^N$	$P^q \cdot Z^N$		$P^q \cdot Q^N$
Faktoren:									
Arbeit	$W \cdot L^A$								$W \cdot L^A$
Kapital	$R \cdot \bar{K}^A$								$R \cdot \bar{K}^A$
Haushalte			$\bar{Y}^L$	$\bar{Y}^K$					$\bar{Y}^L + \bar{Y}^K$
Staat	$\bar{T}^c \cdot P^s \cdot X$	$\bar{T}^m \cdot \bar{P}^{S^m} \cdot e \cdot M$	$\bar{T}^L \cdot W \cdot L^A$	$\bar{T}^K \cdot R \cdot \bar{K}^A$					$\bar{Y}^G$
Verm.-änd.					$\bar{S}^P$	$\bar{S}^G$		$e \cdot \bar{H}\bar{B}$	$\bar{Z}$
Ausland		$\bar{P}^{S^m} \cdot e \cdot M$							$\bar{P}^{S^m} \cdot e \cdot M$
Summe	$P^s \cdot X$	$P^q \cdot Q^N$	$W \cdot L^A$	$R \cdot \bar{K}^A$	$\bar{Y}^L + \bar{Y}^K$	$\bar{Y}^G$	$P^q \cdot Z^N$	Devisen- einnahmen	

Quelle: in Anlehnung an Robinson (1989).

Beide Vorgehensweisen haben spezifische Vor- und Nachteile.<sup>14</sup> Der entscheidende Nachteil der ökonometrischen Parameterschätzung liegt - neben dem enormen Arbeits- und Zeitaufwand, der sich zwangsläufig nachteilig auf die Aktualität der Modellergebnisse auswirken muß - darin, daß für die Bestimmung zentraler Parameter keine ausreichenden Zeitreihen zur Verfügung stehen. Dies trifft sowohl für die Input-Output-Tabellen als auch die Einkommens- und Verbrauchstichproben zu, die beide nur in mehrjährigen Abständen von den statistischen Ämtern ausgewiesen werden.

Da im Falle der Kalibrierung die Gleichungen des Modells in Verbindung mit den Daten des Basisjahres den Modellzusammenhang quasi als Identität erfüllen, muß die Anzahl der zu bestimmenden Parameter gleich der Anzahl der im Basisjahr unabhängig voneinander geltenden Beziehungen sein. Dies hat zur Folge, daß die funktionale Form des Modells relativ einfach gehalten werden muß, so daß im Produktions- und Außenhandelsbereich meist linear-limitationale bzw. Cobb-Douglas- oder CES- und CET-Funktionen gewählt werden. Bei der Wahl der Nutzenfunktion im Haushaltsbereich entscheiden sich die meisten Modellentwickler für ein- oder mehrstufige (Nutzenbaum-) Funktionen vom Cobb-Douglas- oder CES-Typ bzw. für eine Stone-Geary Nutzenfunktion.

Die Vorgehensweise bei der Kalibrierung wird im folgenden beispielhaft anhand der Tabellen 1 und 2 näher erläutert. Dabei sei angenommen, daß die Daten für das Referenzjahr zunächst nur als Wertgrößen vorliegen. Um getrennte Informationen für Gleichgewichtspreise und -mengen zu erhalten, wird als Konvention eingeführt, daß im Basisjahr alle Faktorpreise ( $W, R$ ) und die inländischen Güterpreise ( $P^x, P^d, P^e, P^m$ ) sowie der Wechselkurs ( $e$ ) den Wert 1 annehmen. Damit stimmen Wert- und Mengengrößen im Basisjahr überein, und die angebotenen und konsumierten Gütermengen ( $X, D^A, E, V^N, C^N, G^N, Z^N, M, Q^N$ ) sind ebenso bekannt wie die von den Haushalten angebotenen bzw. von den Unternehmen nachgefragten Faktormengen ( $L^A, K^A$ ). Außerdem können bei gegebenen Zollsätzen ( $\bar{T}^m$ ) und Exportsubventionssätzen ( $\bar{T}^e$ ) die Weltmarktpreise ( $\bar{P}^{sm}, \bar{P}^{se}$ ) aus den Gleichungen (18) und (19) und der Handelsbilanzsaldo ( $\bar{HB}$ ) aus Gleichung (26) der Tabelle 1 berechnet werden.

Die der Modellierung der Produktions- und Außenhandelsstruktur häufig zugrundeliegenden Funktionen vom CES- bzw. CET-Typ [Gleichungen (1), (9) und (10) in Tabelle 1] der Form

$$x = \bar{A} [\delta \cdot x_1^{\rho} + (1 - \delta) \cdot x_2^{\rho}]^{1/\rho} \quad (1)$$

<sup>14</sup> Vgl. dazu Mansur, Whalley (1984) und den dazugehörigen Kommentar von Lau (1984).

erfordern die Bestimmung des Niveauparameters  $\bar{A}$ , des Anteilsparameters  $\delta$  und des Substitutionsparameters  $\rho$ .

Aus den Bedingungen erster Ordnung für ein Gewinnmaximum (Produktion) bzw. Erlösmaximum (Exportangebot) bzw. Kostenminimum (Importnachfrage) folgt

$$\delta = \left[ 1 + \left( \frac{x_1}{x_2} \right)^{\rho-1} \frac{P_2}{P_1} \right]^{-1} \quad (2)$$

Aufgrund der eingangs erwähnten Konvention, daß alle Inlandspreise im Referenzgleichgewicht gleich 1 sind, sind die Werte für  $x_1$  und  $x_2$  (bzw.  $L^A$  und  $\bar{K}^A$  in Gleichung (1),  $E$  und  $D^A$  in Gleichung (9) und  $M$  und  $D^N$  in Gleichung (10) von Tabelle 1) bekannt. Folglich können die Werte für  $\delta$  nach exogener Spezifizierung des Substitutions- bzw. Transformationsparameters  $\rho$  aus Gleichung (2) bestimmt werden. Da aufgrund obiger Preiskonvention der in einem Unternehmen im Basisjahr produzierte Output ( $X$ ) und die inländische Absorption ( $Q^N$ ) ebenfalls bekannt sind, sind mit der Bestimmung von  $\delta$  alle Größen vorhanden, um aus Gleichungen wie (1) die Werte der Niveauparameter  $\bar{A}$  zu kalibrieren.

Für gesamtwirtschaftliche Modelle empfiehlt es sich, die Haushaltsnachfrage nicht nach einzelnen Gütern getrennt, sondern insgesamt zu schätzen, da andernfalls die Additivitätsbedingung verletzt wird. Da die Konsumnachfrage nach einem Gut von den gesamten Konsumausgaben sowie von sämtlichen Güterpreisen abhängt, beträgt die Anzahl der zu schätzenden Parameter bei  $n$  Gütern:  $n \cdot (n + 1)$ . Eine von Frisch (1959) entwickelte Methode besteht nun darin, für einen repräsentativen Verbraucher eine additive Nutzenfunktion zugrunde zu legen und unter Vorgabe von  $n$  externen Einkommenselastizitäten und der Geldflexibilität aus den Nutzenmaximierungsbedingungen die verbleibenden  $n^2 - 1$  Parameter auf rechnerischem Wege zu bestimmen.

Aus der Maximierung der Nutzenfunktion

$$U = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \log (C_i^N - \theta_i) \quad (3)$$

unter der Nebenbedingung der Budgetrestriktion folgt die Nachfragefunktion

$$C_i^N = \theta_i + \frac{\mu_i}{P_i^{\eta}} (\bar{Y}^N - \bar{F}) \quad (4)$$

mit:  $\bar{Y} = \bar{Y}_L + \bar{Y}_K - \bar{S}^p$  und  $\bar{F} = \sum_{j=1}^n P_j^{\eta} \cdot \theta_j$ .

Dabei bezeichnet der Parameter  $\theta_i$  den einkommens- und preisunabhängigen Mindestkonsum des Gutes  $i$  und  $\bar{F}$  diejenigen Ausgaben, die notwendig sind, um eine bestimmte Mindestversorgung mit lebensnotwendigen Gütern zu gewährleisten. Die darüber hinausgehenden Ausgaben werden entsprechend den marginalen Budgetanteilen  $\mu_i$  auf die verschiedenen Güter allokiert.

Die marginalen Budgetanteile lassen sich bei Vorgabe externer Einkommenselastizitäten und bei gegebenen durchschnittlichen Budgetanteilen  $c_i$  (aus der Verbrauchstichprobe) wie folgt berechnen:

$$\mu_i = \varepsilon_i \left( \frac{P_i^0 \cdot C_i^N}{\bar{Y}^N} \right) = \varepsilon_i \cdot c_i.$$

Außerdem läßt sich zeigen, daß die Subsistenzminima  $\theta_i$  folgende Bedingung erfüllen müssen:

$$\theta_i = \frac{\bar{Y}^N}{P_i^0} \left( c_i + \frac{\mu_i}{\phi} \right).$$

Dabei bezeichnet  $\phi$  die Ausgabeelastizität des Ausgabengrenznutzens, d.i. die sog. Geldflexibilität. Diese kann aus den Definitionsgleichungen der Preiselastizitäten bestimmt werden, wenn zumindest eine Preiselastizität zusätzlich zu den Einkommenselastizitäten bekannt ist. Dieser Fall ist meist nicht gegeben. Mittlerweile liegen jedoch von Lluch, Powell und Williams (1977) eine Reihe von Schätzungen für die Geldflexibilität vor, die diese Lücke füllen können.

Dieses derart kalibrierte Modell des Basisjahres bildet das Referenzgleichgewicht für die durchzuführenden Analysen wirtschaftspolitischer Maßnahmen oder externer Schocks. Dazu werden die zur Diskussion stehenden Störungen durch eine geeignete Änderung der entsprechenden exogenen Variablen spezifiziert. Diese Änderungen wiederum haben eine Anpassung der endogenen Systemvariablen zur Folge, so daß ein neues ökonomisches Gleichgewicht berechnet werden kann. Dieser Teil der Analyse ist analog zur komparativen Statik. Durch Vergleich der verschiedenen Gleichgewichte können die quantitativen Auswirkungen der untersuchten Politiken oder externen Schocks ermittelt und beurteilt werden.

### 3. Unvollkommener Wettbewerb

Die in den Standardmodellen verwendete Prämisse vollständiger Konkurrenz erlaubt, Marktinteraktionen zwischen Produzenten zu vernachlässigen, da jeder Produzent seine Faktoreinsatz- und Absatzentscheidungen an einen gegebenen, u.U. um Steuern und Zölle modifizierten Preis ausrichtet, auch wenn das Modell eine bestimmte preiselastische Ausgabenfunktion spezifiziert. Modelltechnisch kann deshalb jede Produktion, der eine spezifische Produktionsfunktion zugewiesen wird, als eine Einheit behandelt werden. Die Annahme vollständiger Konkurrenz erlaubt somit die einfachste Umgehensweise in einem EAG-Modell, da die Schattenpreise der Produktionsfaktoren und die sektoralen Produktionsfunktionen letztendlich die Angebotspreise, die aufgrund der Markträumungsbedingung mit den Nachfragepreisen zusammenfallen, determinieren.

In Handelsmodellen bereitet diese Annahme jedoch einige Schwierigkeiten. So ist keineswegs auszuschließen, daß unterschiedliche Faktorausstattungen aufgrund der kalibrierten Produktionsfunktionen eigentlich eine vollständige Spezialisierung bedingen müßten. Um solche Randlösungen zu vermeiden, wurde mit der Armington-Annahme eine nachfrageseitige Annahme eingeführt, die eine vollständige Spezialisierung verhindert. Sie erklärt intraindustriellen Handel durch Unterschiede in den Präferenzen in Abhängigkeit vom Herkunftsland und garantiert einen gewissen Spielraum für das inländische Preissystem. Dadurch werden auch angebotsseitige Defizite von Modellen vollständigen Wettbewerbs aufgefangen. Die Modellierung unvollständigen Wettbewerbs hat zum Ziel, diese Annahme durch ein konsistentes Oligopolmodell zu ersetzen; demzufolge konzentrieren sich diese Ansätze auf die Modellierung von Handelseffekten, um die Effekte unterschiedlicher Industriestrukturen auf Handelsströme zu erklären. Nationale wettbewerbspolitische Fragestellungen stehen nicht im Mittelpunkt dieser Ansätze, die im Prinzip ein Heckscher-Ohlin-Modell um Cournot-Nash-Variationen und Produktdifferenzierungsmöglichkeiten erweitern.

Wenn unvollkommener Wettbewerb in ein Modell eingeführt werden soll, so hat die Unvollkommenheit eben diese zwei Facetten, nämlich die Berücksichtigung von monopolistischer Konkurrenz auf Basis einer Produktdifferenzierungspolitik der Unternehmen und unvollständige Konkurrenz aufgrund einer spürbar geringen Anzahl von Anbietern. Beide Phänomene können perfekt komplementäre Erklärungen für Handelsströme darstellen. Produktdifferenzierung kann intrasektoralen Handel erklären, da sie den nationalen Unternehmen monopolistische Handlungsspielräume einräumt, unvollkommener Wettbewerb kann intersektorale Spezialisierungsmuster erklären, die dann maßgeblich von der Industriestruktur beeinflußt werden.

Die Annahme vollständigen Wettbewerbs aufzugeben, mag aus industrieökonomischer Sicht dringlich geboten sein, da viele internationale Märkte durch eine relativ kleine Zahl von Akteuren

gepaart mit Zutrittsbarrieren gekennzeichnet sind. Die Aufgabe dieser Annahme muß aber auch durch den Untersuchungsgegenstand gerechtfertigt sein, da sie die Produktionsseite der EAG-Modelle im Hinblick auf ihre Kalibrierung wesentlich verkompliziert. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß sich die bislang wenigen Ansätze, unvollkommenen Wettbewerb in ein EAG-Modell zu integrieren, auf solche Fragestellungen konzentrieren, die Veränderungen der Industriestruktur zum Gegenstand haben. So befassen sich die Arbeiten von Gasiorek, Smith, Venables (1991, 1992) und Haaland, Norman (1992) mit den Effekten der europäischen Integration. Der Wegfall von Zollschranken und die Einrichtung eines gemeinsamen Marktes haben aufgrund der stärkeren Preisreagibilität signifikant größere Wohlfahrtseffekte, wenn die nationalen Industrien oligopolistisch strukturiert sind. Die Schaffung eines gemeinsamen Marktes für Europa hat gerade zum Ziel, den Wettbewerbsdruck zu erhöhen, welcher in Modellen vollkommenen Wettbewerbs bereits maximiert wäre. Deshalb versuchen diese EAG-Modelle den Wettbewerbseffekt der europäischen Integration zu modellieren, welcher von einem Modell vollkommener Konkurrenz nicht abbildbar ist.

Zwei essentielle Punkte unterscheiden die Modelle, welche Marktunvollkommenheiten integrieren, von Modellen vollkommener Konkurrenz. Zum einen können in solchen Modellen Residualrenten entstehen, für deren Verteilung es sich natürlich anbietet, sie den Wirtschaftseinheiten zuzuschlagen, bei denen sie entstehen. Im Vergleich zu oligopolistischen Partialmodellen bedeutet die Berücksichtigung der Einkommenseffekte der Renten eine *closure*, die die Wohlfahrtseffekte, die Partialmodelle für eine Handelsliberalisierung prognostizieren, dämpfen kann: führt erhöhter Wettbewerbsdruck zu einer Einschränkung der Renten in einem Sektor, so bedeutet dies auch eine geringere Nachfrage der Wirtschaftseinheiten, bei denen die Renten anfallen.

Der andere Punkt betrifft die Modellierung des unvollkommenen Wettbewerbs selbst. Neben den vielfältigen, bereits diskutierten Datenermittlungs- und Kalibrierungsproblemen, mit denen man immer im Rahmen eines EAG-Modells konfrontiert ist, bedarf es hier der Formulierung eines kalibrierungsfähigen Oligopolmodells. Neben diesem sicherlich erhöhten Modellierungsaufwand darf jedoch auch nicht unterschlagen werden, daß Oligopolansätze allgemeinere Produktions- bzw. duale Kostenfunktionen zulassen, als dies in Standardmodellen der Fall ist. Economies of Scale bzw. Fixkosten der Produktion führen in diesen Modellen im Gegensatz zu Standardmodellen nicht zu Verlusten, sondern können gerade die oligopolistische Industriestruktur determinieren, wenn freier Markteintritt und eine non-profit-Bedingung angenommen werden. Der höhere Kalibrierungsaufwand der oligopolistischen Interaktionen wird deshalb zumindest mit der Möglichkeit, auch nicht linear-homogene Produktionsfunktionen zu berücksichtigen, belohnt, auch wenn die Spezifikation von Economies of Scale selbst kein unerhebliches empirisches Problem darstellt. Wir stellen im folgenden Normans (1990) Oligopolansatz vor, der sowohl Präferenzunterschiede als auch alternative Marktstrukturen berücksichtigt. Da die zugrunde

liegende Theorie mittlerweile in mikroökonomischen Lehrbüchern dargestellt ist, verzichten wir auf eine ausführliche und explizit formale Darstellung.

Dieser Oligopolansatz geht von einer bestimmten Anzahl identischer Firmen in einer Industrie aus und nimmt an, daß jedes Unternehmen einen monopolistischen Spielraum im Hinblick auf die von ihm produzierte Produktart hat, sich aber mit allen Herstellern ähnlicher Produkte, in einem oligopolistischen Wettbewerb befindet. Die Strategiemengen der Oligopolisten enthalten nur die Absatzmengen der von ihnen produzierten Güter. Das Modell stellt notwendigerweise ein Cournot-Mengenanpasser-Modell dar, da Preiswettbewerb im einfachen Bertrand-Modell das Ergebnis vollkommener Konkurrenz erzeugen würde. Die Produktdifferenzierung wird gemäß dem Ansatz von Dixit und Stiglitz (1977) über einer der Nachfragefunktion dualen CES-Preisindex-Funktion mit den Argumenten der individuellen Produktpreise und der Anzahl der Unternehmen abgebildet. Dieser Ansatz geht davon aus, daß jedes Unternehmen nur ein Produkt produziert, deren Preise über diese CES-Funktion die totale Nachfragefunktion determinieren. Unter der oft getroffenen Annahme einer totalen Preiselastizität von -1 lassen sich die individuellen Nachfragefunktionen der Unternehmen und damit auch das Cournot-Nash-Gleichgewicht sehr einfach bestimmen. Dabei hat man eine Einschätzung über die anzunehmenden institutionellen Markteintrittsbarrieren zu treffen.

Geht man von der Annahme einer gegebenen Zahl von Unternehmen in einer Industrie aus, ist die Bestimmung des mark-up-factors wesentlich für die Kalibrierung des Modells. Im Gleichgewicht ergibt sich gemäß der Amoroso-Robinson-Relation eine Beziehung zwischen dem individuellen Preis des Unternehmens ( $p_i$ ), der individuellen (d.h. vom Unternehmen empfundenen) Nachfrageelastizität  $\varepsilon$  und den Grenzkosten der Produktion ( $MC$ ). Im Gleichgewicht muß die Elastizität, die den Zuschlag determiniert, die Bedingung

$$\varepsilon = -\frac{1+\rho}{1+s_i\rho} \quad (5)$$

erfüllen, wobei  $\rho$  wiederum den Elastizitätsparameter der CES-Funktion und  $s_i$  den Marktanteil des Unternehmens  $i$  darstellen. Berücksichtigt man weiter einen Produktzoll  $t$ , so erhalten wir nach einfacher Umformung den Gleichgewichtspreis als

$$(1-t)p_i = \frac{1+\rho}{\rho} \frac{1}{1-s_i} MC. \quad (6)$$

Die beiden Brüche in Gleichung (6) geben den Mark-up-Factor an, der sowohl von der Intensität der Produktdifferenzierungsmöglichkeiten - dargestellt durch den CES-Parameter  $\rho$  - als auch durch die Marktstruktur - dargestellt durch den Marktanteil  $s_i$  - bestimmt wird. Sind die öli-

gopolistischen Interaktionen vernachlässigbar, d.h.  $s_j = 0$ , fällt der zweite Bruch weg und die Gleichung gibt das Gleichgewicht eines Chamberlin-Modells unvollkommener Konkurrenz wieder. Geht man von homogenen Produkten aus, d.h.  $\rho \rightarrow \infty$ , fällt der erste Bruch weg und wir erhalten die einfache Cournot-Gleichgewichtsbedingung.

Da der Mark-up-Factor empirisch kaum zu beobachten sein wird, benötigt man für die Kalibrierung dieses Oligopolmodells neben der Kalibrierung der CES-Funktion die Anzahl der sich im Markt befindenden Unternehmen. Hierfür ist allerdings eine Hilfskonstruktion notwendig, da das dargestellte Oligopolmodell von identischen Unternehmen ausgegangen war, um unter Ausnutzung dieser Symmetrieeigenschaft die Gleichgewichtsbedingung explizit darstellen zu können. Die Konzentration einer Industrie läßt sich - beispielsweise in Abhängigkeit vom Umsatz, der Zahl der Beschäftigten, etc. - anhand des Herfindahl-Index dokumentieren. Der Herfindahl-Index wird ermittelt als Summe der quadrierten Marktanteile einer Industrie.  $n$  identische Unternehmen bedingen einen Herfindahl-Index von  $\sum (1/n^2) = 1/n$ . Entsprechend gibt der Kehrwert jedes Herfindahl-Index die gesuchte Zahl von Unternehmen an, die das gleiche Konzentrationsmaß wie die wirklich in dieser Industrie operierenden Unternehmen bedingen.

Diese Maßzahl wird in der Arbeit von Gasiorok, Smith und Venables (1992) anhand einer Pareto-Verteilung auf Plausibilität geprüft; die Autoren geben an, daß sie aufgrund der groben Clustierung mancher Konzentrationsdaten eine Modifikation vorgenommen haben. Sind valide Konzentrationsdaten nicht verfügbar, bleibt nur übrig, über dezidierte Industriestudien Aufschlüsse über die Art der Industriestruktur zu gewinnen. Für manche Industrien liegen solche Studien vor und demonstrieren, daß in Industrien, die einen ähnlichen Herfindahl-Index aufweisen, die Wettbewerbsintensitäten deutlich variieren können. Der Herfindahl-Index sollte deshalb nicht ohne genaue Prüfung verwendet werden. Ein Vergleich der Industrierenditen kann geeignet sein, Inkonsistenzen zu signalisieren. Die Möglichkeit, unvollkommenen Wettbewerb ohne Markteintritt zu modellieren, hängt deshalb entscheidend von den zur Verfügung stehenden Konzentrationsdaten und den für eine Kalibrierung brauchbaren Branchenstudien ab.

Der Ansatz über die Wettbewerbsintensität geht von einer gegebenen Anzahl von Unternehmen einer Industrie aus, die im Gleichgewicht Renten realisieren. Nimmt man hingegen an, daß die Unternehmen frei in jede Industrie eintreten können, ergibt sich die Anzahl  $n$  aus der Null-Gewinn-Bedingung. In jeder Industrie befinden sich dann genau soviel Unternehmen, wie diese Industrie ohne Verluste gerade tragen kann. Wesentlich für die Existenz eines nicht unendlichen  $n$  sind Skalenerträge bzw. Fixkosten, die eine natürliche Markteintrittsbarriere definieren und gewährleisten, daß potentielle Konkurrenten durch Verluste vom Markteintritt glaubhaft abgeschreckt werden.

Hat man diese Aufgaben gelöst und die Ausgangssituation kalibriert, kann die Simulation gestartet werden. Die angesprochenen Modelle simulieren die Integration der europäischen Märkte als eine Zollsenkung. Aufgrund der höheren Preisreagibilität von Oligopolisten kommt Norman (1990) in seinen Simulationen zu dem Ergebnis, daß die Einkommenseffekte in einem Oligopolmodell signifikant stärker als in einem Armington-Modell ausfallen und daß dieser Unterschied umso größer ist, je enger das Oligopol ist.

Obwohl der Kalibrierungsaufwand höher ist als in konventionellen Modellen, ist es zunächst verwunderlich, warum die Entwicklung von Modellen unvollkommenen Wettbewerbs erst in den Kinderschuhen steckt. Es wäre sicherlich auch für andere Fragestellungen als für die einer Handelsliberalisierung aufschlußreich, Simulationen auf Basis solcher Modelle durchzuführen. So kann man sich vorstellen, daß die Simulation einer globalen Klimapolitik dann realistischere Ergebnisse produziert, wenn man berücksichtigt, daß der Energieproduktionssektor oligopolistisch strukturiert ist. Auch rekurren viele Partialmodelle, die die Industriestruktur bestimmter Branchen erklären wollen, auf das oben dargestellte Oligopolmodell. Ihr Erklärungserfolg ist die Basis zur Entwicklung der EAG-Modelle gewesen.

Die wesentliche Einschränkung scheint deshalb nicht in den zusätzlichen Kalibrierungskosten zu liegen, sondern in der Verfügbarkeit von brauchbaren Konzentrationsdaten und Branchenstudien. Sind die Unternehmen in ihrer Konzentration zu grob geclustert, ist der Herfindahl-Index, der sich aus dieser groben Verteilung ergibt, zu verzerrt. Deshalb ist zu erwarten, daß die Verwendung von Modellen unvollkommener Konkurrenz determiniert ist durch die Verfügbarkeit von Unternehmensstatistiken, die für die zu modellierenden Industrien zur Verfügung stehen.

## 4. Dynamische Modelle

### 4.1 Hintergrund

Die ersten Ansätze, dynamische Aspekte in allgemeine Gleichgewichtsmodelle einzubeziehen, wurden im Rahmen von Planungsmodellen für Entwicklungsländer entwickelt.<sup>15</sup> Die statischen Input-Output-Modelle beinhalteten nur exogen vorgegebene Endnachfragevektoren, und es war naheliegend zumindest die Nachfrage nach Investitionsgütern zu endogenisieren, um wenigstens den für Wachstumsprozesse wichtigen Bereich der Kapitalakkumulation zu erfassen. Dazu wurden statischen Input-Output-Modelle miteinander verknüpft, indem man den Investitionsvektor in den Nachfragevektor und die Kapitalkoeffizienten der nächsten Periode einsetzt. Diese Modelle haben aber keinen Preismechanismus, über den Angebot und Nachfrage sich ausgleichen.

Wird ein EAG-Modell vollständig dynamisiert, so sind entweder größere Anforderungen an die Komplexität der Modelle gestellt, oder es müssen restriktivere Verhaltensannahmen eingeführt werden. Dynamische EAG-Modelle ersetzen die exogenen Hypothesen z.B. an das Spar- und Investitions-, oder Ressourcenextraktionsverhalten durch entscheidungstheoretisch fundierte Spar- und Investitions- bzw. Extraktionsfunktionen. So können intertemporale Substitutionsmöglichkeiten sowohl von Konsumenten als auch von Produzenten explizit berücksichtigt werden. Darüber hinaus wird die gleichgewichtige Akkumulation von Kapitalgütern durch Ausgleich von Angebot und Nachfrage auf einem Kapitalmarkt ermittelt und ist somit nicht mehr rein angebotsseitig bestimmt, wie das bei den statischen Modellen durch die automatische Anpassung der Investitionen an das Sparverhalten der Fall ist.

In allen Fällen muß das Verhalten der Konsumenten, der Unternehmen und der Ressourcenbesitzer über ein Modell der Erwartungsbildung abgeleitet werden. Die dafür gängigsten Annahmen über intertemporale Entscheidungen sind

- rationale Erwartungen,
- adaptive Erwartungen, sowie
- myopische Erwartungsbildung.

Bei der ersten Verhaltensannahme sind im Optimierungsproblem des Wirtschaftssubjektes nicht nur die Variablen der gegenwärtigen, sondern auch die Variablen aller zukünftigen Perioden ex-

---

<sup>15</sup> Eine Übersicht dieser Ansätze ist in Robinson (1989) enthalten.

akt oder als Erwartungswerte enthalten. Das Entscheidungsproblem ist damit in der Zeit nicht mehr separabel. Bei adaptiven Erwartungen ist nur die Vergangenheit relevant für die Entscheidungen der Agenten, während bei myopischem Verhalten die Wirtschaftssubjekte davon ausgehen, daß sich die Entscheidungsparameter im Zeitablauf nicht ändern.

Einfachere sequentiell dynamische Modelle, d.h. Modelle die in jeder Periode als statisches Gleichgewicht lösbar sind, können keine explizit intertemporale, bzw. nur eine stark vereinfachte intertemporale Entscheidungsstruktur haben, denn die Entscheidungen der Agenten in einer Periode dürfen nicht von Parametern zukünftiger Perioden abhängen. Dies impliziert letztendlich, daß alle Agenten sich myopisch verhalten, oder höchstens adaptive Erwartungen haben. Trotzdem können Aspekte des Wirtschaftswachstums modelliert werden, wenn die Konsequenzen der auf myopischem Verhalten basierenden Agenten in nachfolgenden Perioden zum Tragen kommen.

Ein Modell, das zwar nicht die Konsumententscheidungen dynamisch formuliert, das aber Kapitalakkumulation und Ressourcenextraktion modellendogen behandelt, ist das GREEN-Modell der OECD (Burniaux et al. 1992b).<sup>16</sup> Es hat eine sequentiell dynamische Struktur, bei der jedes Periodengleichgewicht unabhängig berechnet werden kann, bei dem aber die Entscheidungen einer Periode  $t$  die Parameter der folgenden Periode  $t+1$  bestimmen. Dieses Modell erlaubt, die temporären Ein-Perioden-Gleichgewichte in einer immer noch recht komplexen Struktur zu bestimmen, ohne die Rechenkapazitäten zu überfordern. Gleichzeitig können wichtige intertemporale Aspekte durch die Sequenz von statischen Gleichgewichten untersucht werden. Die häufig geforderte Übersichtlichkeit der Modellstruktur bleibt dadurch erhalten. Allerdings können intertemporale Substitutionsentscheidungen nicht explizit modelliert werden.

Jene Ansätze dagegen, die vorausschauendes Konsum- und Investitionsverhalten berücksichtigen, können nicht sequentiell gelöst werden, da die Entscheidungen in Periode  $t$  einerseits die Parameter in den Folgeperioden bestimmen, andererseits aber auch von deren erwarteter Entwicklung abhängig sind. Das in diesen Ansätzen beschriebene dynamische System ist also interdependent und muß simultan gelöst werden. Um dennoch die Übersichtlichkeit der

---

<sup>16</sup> GREEN ist benannt nach General Equilibrium ENvironmental model. Es ist ein multi-sektorales, multi-regionales, dynamisches berechenbares Gleichgewichtsmodell mit 12 Regionen, 11 Produktionssektoren, 15 Primärfaktoren, und 4 Konsumgütern. Die Sektoraufteilung ist konzentriert auf die verschiedenen Energieträger und die zwischen ihnen bestehenden Substitutionsbeziehungen. Deshalb sind neben 8 Energiesektoren nur Landwirtschaft, energie-intensive Industrie sowie andere Industrien und Dienstleistungen eingeführt worden. In ähnlicher Weise enthalten die 15 Primärfaktoren alleine 4 Energiefaktoren. Dieses Modell konzentriert sich auf die langfristigen internationalen Aspekte der CO<sub>2</sub>-Politik auf Kosten einer detaillierten Sektorstruktur der Volkswirtschaft.

Modellstruktur zu bewahren, erfordern die vollständig dynamischen Modelle eine grobere sektorale Disaggregation.

Im folgenden werden die Kapitalakkumulation und das Ressourcenextraktionsmodell von GREEN dargestellt, da sie exemplarisch sind für die Möglichkeit, in einer vergleichsweise einfachen Struktur dynamische intersektorale Allokation zu erklären. Es wird sich zeigen, daß selbst diese einfache myopische Modellvariante noch große Anforderungen sowohl an die Modellierung stellt, als auch einen großen Bedarf an Daten verursacht und eine komplexe Kalibrierung des Modells verlangt. Danach wird in Kapitel 4.3 ein Überblick über die vollständig dynamischen Ansätze gegeben.

## 4.2 Das GREEN-Modell

Das GREEN-Modell wurde entwickelt, um die langfristigen Auswirkungen von unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Politiken auf Emissionen und wirtschaftliche Entwicklung zu untersuchen.<sup>17</sup> Eine solche Fragestellung sollte mit Hilfe eines mehrsektoralen Wachstumsmodells analysiert werden, wobei die sich für die empirische Analyse ergebenden Beschränkungen in Bezug auf die Verfügbarkeit von empirisch bestimmbar Parametern als auch die limitierte Rechenkapazität von Computern, bzw. die Verfügbarkeit von effizienten Lösungsalgorithmen, berücksichtigt werden müssen. Deshalb ist GREEN nicht ein vollständig dynamisches Modell, sondern sozusagen ein Kompromiß, der sich aus der gegebenen Fragestellung ergeben hat.

Um eine sequentielle Struktur des Modells zu erhalten, wurde für die Investitionsentscheidungen und die Ressourcenextraktion myopisches Verhalten angenommen. Die Konsumnachfrageseite des Modells ist dagegen atemporal, d.h. intertemporale Aspekte sind hier vollkommen ignoriert worden. Die Aufteilung des Periodeneinkommens wird unabhängig vom zukünftigen Einkommen und unabhängig von den zukünftigen Preisen getroffen. Die Sparscheidung der Konsumenten wird genauso wie die Konsumentscheidung behandelt. Dabei wird der Preis für Sparen willkürlich mit dem Preisindex der Konsumgüter gleichgesetzt, so daß es keinerlei Zusammenhang zwischen Zinsen und Sparen gibt. Alternativ hätte man auch eine exogene Sparquote annehmen können. Eine solche Determinierung der gesamtwirtschaftlichen Ersparnis legt letztendlich ein zinsunabhängiges gesamtwirtschaftliches Investitionsvolumen fest.

<sup>17</sup> Einige Simulationsergebnisse des GREEN-Modells sind dargestellt in Burniaux et al. (1992a), Oliveira-Martins et al. (1992), Nicoletti/Oliveira-Martins (1992).

## Kapitalakkumulation

Die gesamtwirtschaftliche Kapitalakkumulation folgt einer einfachen Akkumulationsfunktion, nach der der Kapitalstock einer Periode  $t$  ( $K_t$ ) bestimmt wird durch den nicht abgeschriebenen Kapitalstock der Vorperiode  $(1 - \delta_{t-1})K_{t-1}$  und die Investitionen der Periode  $t-1$  ( $Z_{t-1}$ ). Dabei ist die Abschreibungsrate in Periode  $t$  gegeben durch  $\delta_t$ .

$$K_t = (1 - \delta_{t-1})K_{t-1} + Z_{t-1} \quad (7)$$

Da die gesamtwirtschaftlichen Investitionen auf der Ersparnisseite schon determiniert sind, wenn man von ausländischen Transfers und dem Staat absieht, ist diese Dynamik schon fast trivial. Insbesondere ließe sich nichts über die intertemporalen sektoralen Anpassungsprozesse mehr aussagen. Deshalb wurde eine gewisse Kapitalmobilität zwischen Sektoren eingeführt, die es erlaubt, daß die einzelnen Sektoren mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten wachsen können.

Dazu wurde der Kapitalstock in einen neuen und einen alten aufgeteilt. In jedem Sektor kann der Kapitalstock über die sektorspezifischen Abschreibungsraten hinaus abgebaut werden, indem das alte Kapital auf einem "Gebrauchtkapitalmarkt" verkauft wird. Gleichzeitig können dann jene Sektoren, die das Kapital kaufen, schneller Kapital akkumulieren als das durch die gesamtwirtschaftliche Ersparnis vorgegeben ist. Dabei wird angenommen, daß gebrauchtes, altes Kapital und neues Kapital homogen sind. Die Konsequenz ist, daß in schrumpfenden Sektoren kein neues Kapital akkumuliert werden kann, daß aber in den wachsenden Sektoren das neu gekaufte Gebrauchtkapital die gleichen Eigenschaften wie neues Kapital und damit eine höhere Produktivität aufweist. Dies ist im Zusammenhang mit technischem Fortschritt von großer Bedeutung, wie unten gezeigt wird. Die sektorale Kapitalakkumulation wird demnach bestimmt durch

$$K_{it} = (1 - \delta_i)K_{i,t-1} + Z_{i,t-1} - \Delta_i \quad (8)$$

wobei  $\Delta_i$  das Angebot an "Gebrauchtkapital" des Sektors  $i$  in Periode  $t$  ist.<sup>18</sup> Die sektoralen Angebote an Kapital werden auf alle Sektoren verteilt, so daß die aggregierte Investition  $I_{t-1}$  gerade der Summe der sektoralen Neuinvestitionen und den Käufen von "Gebrauchtkapital" entspricht.

$$\sum_i \Delta_i = Z_{t-1} - \sum_i Z_{i,t-1} \quad (9)$$

Das Angebot von alten Kapitalgütern eines Sektors  $i$  zum Zeitpunkt  $t$ ,  $\Delta_i$ , wird bestimmt durch die interne Kapitalverzinsung innerhalb dieses Sektors relativ zur Verzinsung des neuen Kapitals,

<sup>18</sup> Die gesamtwirtschaftliche Abschreibungsrate ist dann bestimmt durch die mit den jeweiligen Kapitalstöcken gewichteten sektoralen Abschreibungsraten.

d.h. dem Preis des neuen Kapitals, der Abschreibungsrate und einer sektorspezifischen Elastizität der Desinvestition ( $\kappa_i$ ). Die Angebotsfunktion lautet dann

$$\Delta_i = f(RR_i, \delta_i, k_i) = \begin{cases} 0 & \text{für } RR_i = 1 \\ \delta_i K_i^\alpha (1 - RR_i^{\kappa_i}) & \text{für } RR_i < 1 \end{cases} \quad (10)$$

$$RR_i = \begin{cases} 1 & \text{für } K_i \geq \delta_i K_i^\alpha \\ \frac{r_i^{K_i}}{r^{K_i}} < 1 & \text{für } K_i < \delta_i K_i^\alpha \end{cases} \quad (11)$$

Das Angebot an gebrauchtem Kapital, bzw. die Desinvestition innerhalb eines Sektors, ist nach (10) eine nichtlineare Funktion der relativen internen Verzinsung gegenüber dem Kapitalmarktzins. Da die Elastizität der Desinvestition ( $\kappa_i$ ) willkürlich mit 0,7 angesetzt wurde, wurde gewissermaßen ein Bremsen für das Schrumpfen von Sektoren eingebaut, die z.B. Kosten der Irreversibilität des Transfers von Kapital zwischen Sektoren repräsentieren soll.

Die Nachfrage nach Investitionen, bzw. nach Kapitalgütern, wird innerhalb einer genesteten Struktur aus der Gewinnmaximierung abgeleitet, wobei zwischen altem und neuem Kapital unterschieden wird. Dies ist notwendig, wenn die Auswirkungen des exogen vorgegebenen technischen Fortschritts über die Bruttoinvestitionen realisiert werden sollen und nicht automatisch auf den gesamten Kapitalstock wirken. Die optimalen Inputkoeffizienten, die von der Technologie und der Zusammensetzung des Kapitals in einer Periode abhängen, ergeben sich als die gewichteten Mittel der Inputkoeffizienten auf der Basis von altem und neuem Kapital. Mit Hilfe dieses Ansatzes besitzen schrumpfende Sektoren kein neues Kapital und damit auch keine neue Technologie. Gleichzeitig liegt im temporären Gleichgewicht die interne Verzinsung des Kapitals unterhalb des Preises für neues Kapital. Umgekehrt in den wachsenden Sektoren; wenn die Kapitalnachfrage größer als der Kapitalbestand ist, wird das zusätzliche Kapital mit der neuen Technologie versehen sein und die Verzinsung ist gleich dem Gleichgewichtspreis für neues Kapital. Im dynamischen Anpassungsprozeß führt die Elastizität der Desinvestition dann zu einem langsamen Schrumpfen der Sektoren mit zu großem Kapitalstock über mehrere Perioden hinweg und neben der gesamtwirtschaftlichen Kapitalakkumulation auch zu einer Umstrukturierung der sektoralen Kapitalstöcke, die über die reinen Wachstumseffekte hinausgeht.

In diesem Modell der Kapitalakkumulation muß also die gesamtwirtschaftliche Investition immer noch atemporal bestimmt werden durch die Sparsentscheidungen der Haushalte. Dafür ist die sektorale Verteilung der Investitionsströme von der Profitabilität der einzelnen Sektoren abhängig.

Im Steady-State ist dann die Verzinsung der sektoralen Kapitalstöcke gleich, wenn aber eine Perturbation, z.B. durch die Änderung eines Politikparameters erfolgt, wird es im Zuge der Anpassung an ein neues Steady-State über mehrere Perioden hinweg temporäre Gleichgewichte geben, die sektoral unterschiedliche Kapitalverzinsungen aufweisen.

### Ressourcenextraktion

Ein weiteres Phänomen, das explizit dynamischer Modellierung bedarf, ist die Analyse des Abbaus von natürlichen Ressourcen. Wie im Fall der Investitionsentscheidung würde eine vollständig intertemporale Darstellung ein Modell der Erwartungsbildung über die zukünftige Preisentwicklung, insbesondere der Zinssätze, voraussetzen, um eine Form der Hotelling-Regel für den Ressourcenextraktionsmechanismus einführen zu können. In GREEN wurde wiederum ein Kompromiß gewählt, bei dem trotz myopischen Verhaltens eine dynamische Anpassung erfolgen kann.<sup>19</sup> Statt wie in der Hotelling-Regel die Ressourcenpreisentwicklung durch den Zinssatz zu bestimmen, wurde das Ressourcenangebot und die Reserven preisabhängig gemacht, so daß sowohl die Abbauraten als auch die Prospektion durch Knappheitspreise bestimmt werden.

Das Modell unterscheidet zwischen "nachgewiesenen Reserven" (proven reserves) und "unbekannten Reserven" (yet-to-find reserves). Während in jeder Periode die gesamten Reserven - nachgewiesene und unbekannte - exogen vorgegeben sind, können sie sich die nachgewiesenen Reserven im Zeitablauf ändern. Einerseits werden nachgewiesene Reserven extrahiert und verbraucht, andererseits werden bisher unbekannte Reserven gefunden und somit zu nachgewiesenen Reserven. Das Angebot an Ressource  $i$  in Periode  $t$  ( $Q_{i,t}$ ) wird demnach als lineare Funktion der nachgewiesenen Reserven ( $RES_{i,t}$ ) modelliert, und die neu gefundenen Reserven ( $NRES_{i,t}$ ) als lineare Funktion der unbekannten Reserven ( $YTFR_{i,t}$ ) dargestellt.

$$Q_{i,t} = r_i \cdot RES_{i,t} \quad (12)$$

$$NRES_{i,t} = d_i \cdot YTFR_{i,t} \quad (13)$$

Der Ressourcenbestand in Periode  $t$  läßt sich aus (12) und (13) berechnen und ist von den Reserven und dem Verbrauch in der Vorperiode abhängig.

$$RES_{i,t} = (1 - r_i) \cdot RES_{i,t-1} + d_i \cdot YTFR_{i,t-1} \quad (14)$$

<sup>19</sup> GREEN scheint das einzige dynamische berechenbare allgemeine Gleichgewichtsmodell zu sein, das explizit Exploration und Ressourcenextraktion modelliert.

Die Verknüpfung mit den ökonomischen Entscheidungen erfolgt dadurch, daß entweder der Parameter  $d_i$  - die Prospektionsrate - oder die unbekanntenen Reserven von dem Preis der Ressource abhängen, d.h.

$$d_i(P_i) = \Omega_i \cdot P_i^{\omega_i} \quad (15)$$

bzw.

$$YFR_i(P_i) = Y_i \cdot P_i^{v_i} \quad (16)$$

wobei  $\omega_i$  bzw.  $v_i$  die Preiselastizitäten der Prospektionsrate und der unbekanntenen Reserven sind.<sup>20</sup> In der ersten Modellvariante verändern sich die unbekanntenen Reserven nicht, aber die nachgewiesenen Reserven nehmen zu, weil die Profitabilität verstärkter Exploration steigt. In der zweiten Variante steigen die unbekanntenen Reserven mit dem Preis und führen indirekt zu einer Zunahme der nachgewiesenen Reserven bei sozusagen konstanter Exploration.

Die Kalibrierung dieses Ressourcenmodells erfolgt in zwei Schritten. Zunächst wird der zeitinvariante Parameter  $d_i$  mit Hilfe von aus der Literatur entnommenen mittelfristigen Energieszenarien berechnet, die auf einem nicht durch Politikinterventionen beeinflussten Preispfad beruhen. Im zweiten Schritt werden die Preiselastizitäten abgeleitet, indem aus den gleichen Energieszenarien die Differenz des Referenzpreispfades zu dem Hoch- bzw. Niedrigpreispfad und die Differenz der Prospektionsraten herangezogen werden. Die untere Preiselastizität - und in vergleichbarer Weise die obere Preiselastizität - ist dann

$$w_i^d = \frac{\log d_i^{low} - \log d_i^{ref}}{\log P_i^{low} - \log P_i^{ref}} \quad (17)$$

Die Schwäche dieses Ressourcenmodells liegt darin, daß es nicht explizit Explorations- bzw. Extraktionsverhalten enthält, sondern den Ressourcennutzungspfad im Referenzgleichgewicht quasi exogen vorgibt, indem die Energieprognosen reproduziert und in den Parametern  $d_i$  und  $r_i$  widerspiegelt werden. Da der Untersuchungsgegenstand des GREEN-Modells aber die Beeinflussung der Preise der verschiedenen fossilen Ressourcen ist, ist es ausreichend, die durch diese Preisänderungen verursachten Abweichungen der Ressourcennutzung von dem Referenzpfad abzubilden. Dies wird durch die Einführung der intertemporal preisabhängigen Ressourcenangebotsfunktion erreicht. Wie im Falle der Kapitalakkumulation konnte dadurch die sequentielle Struktur der intertemporalen Gleichgewichte erhalten bleiben.

<sup>20</sup>  $\Omega_i$  und  $Y_i$  sind Skalierungsparameter, die in die Kalibrierung eingehen.

### 4.3 Vollständig dynamische EAG-Modelle

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von EAG-Modellen entwickelt, die eine vollständige Dynamik aufweisen, d.h. die Ersparnis- und Investitionsentscheidungen der Individuen als intertemporales Entscheidungsproblem modellieren. Im folgenden werden die wichtigsten Charakteristika und Anwendungsgebiete dieser Ansätze beschrieben.

#### Intertemporale Investitionsentscheidung

Das Investitionsverhalten der Firmen wird gemäß dem Anpassungskostenmodell der Investitionsfunktion modelliert (Hayashi, 1982). Dieses Modell unterscheidet zwischen den friktionsfrei anpaßbaren bzw. nicht akkumulierbaren Produktionsfaktoren  $L(t)$  und  $V(t)$  und dem akkumulierbaren Kapitalgut  $K(t)$ , das über Investitionen  $Z(t)$  gebildet und mit einer konstanten Rate  $\delta$  abgeschrieben wird.<sup>21</sup> Die Investitionen sind mit realen Kosten  $\Omega(Z(t))$  verbunden, die in Einheiten des Kapitalgutes ausgedrückt werden.<sup>22</sup> Die Firmen maximieren den Marktwert ihrer Anteile. Unter vereinfachenden Annahmen entspricht dieser dem Barwert der erwarteten zukünftigen cash-flows (Dixon et al., 1992). Somit wird mit  $p^k(t)$  als Preis für den akkumulierbaren Faktor das Firmenverhalten eines bestimmten Sektors zum Zeitpunkt  $\tau$  durch folgendes Programm beschrieben:<sup>23</sup>

$$\begin{aligned} & \max_{Z^N(t), L^N(t)} \int_0^{\infty} \left\{ F(K^N(t), L^N(t)) \cdot p^x(t) - W(t) \cdot L^N(t) - p^k(t) \cdot [Z(t) - \Omega(Z(t))] \right\} \cdot e^{-R(t)(t-\tau)} dt \\ \text{s. t. } & \dot{K}^N(t) = Z(t) - \delta \cdot K^N(t) \\ \text{s. t. } & K^N(\tau) = K^N \end{aligned} \quad (18)$$

In der obigen Formulierung ist das Programm separabel in zwei miteinander verbundene Teilprobleme. Erstens wird zu jedem Zeitpunkt bei gegebenem Kapitalbestand über den optimalen Einsatz der nicht akkumulierbaren Produktionsfaktoren entschieden. Dieses statische Teilproblem entspricht dem Entscheidungsproblem der Firmen in den statischen EAG-Modellen. Seine Lösung ordnet jedem Kapitalbestand  $K(t)$  einen bestimmten Einzahlungsüberschuß zu. Zweitens wird der Kapitalbestand über Investitionen so angepaßt, daß der Barwert der erwarteten Einzahlungsüberschüsse abzüglich der jeweiligen Investitionskosten maximiert wird. Die Lösung dieses dynamischen Teilproblems bestimmt die zeitliche Entwicklung der aggregierten Kapitalnachfrage, die von den Preisen und dem Zinssatz abhängig ist.

<sup>21</sup> Die Ausdehnung des Modells auf mehrere Kapitalgüter ist durchaus möglich (Malakellis, 1992).

<sup>22</sup> Eine Diskussion alternativer Spezifikationen der Investitionskostenfunktion findet sich bei Mc Laren (1992).

<sup>23</sup> Zu Zwecken der Übersichtlichkeit wurde der Faktor  $V^N(t)$  vernachlässigt.

## Intertemporale Konsum-Ersparnis-Entscheidung

Das Verhalten der Konsumenten wird im allgemeinen durch zwei Modellvarianten abgebildet. Die einfachere Formulierung geht von einem repräsentativen Konsumenten aus, der eine intertemporal separable Nutzenfunktion mit konstanter Zeitpräferenzrate über einen unendlichen Planungshorizont maximiert. Dieses Modell vereinfacht insofern, als individuelle Lebenszyklusentscheidung, wie z.B. Vererbung oder Altersvorsorge nicht explizit berücksichtigt werden können. Das ist hingegen bei der zweiten Modellvariante, dem Überlappende-Generationen-Modell möglich. Hier wird die Gesamtmenge der Konsumenten in Haushalte verschiedener Altersstufen aufgeteilt. Die Haushalte sehen sich jeweils einem exogen bestimmten Lebenslauf ausgesetzt. Sie treten zu einem bestimmten Zeitpunkt ins Berufsleben ein, bekommen eine bestimmte Anzahl von Kindern, die zu einem späteren Zeitpunkt den Haushalt verlassen und einen eigenen Haushalt gründen. Nachdem die Haushalte das Pensionsalter erreicht haben, leben sie ausschließlich von ihren Ersparnissen bzw. von staatlicher Altersfürsorge. Das Entscheidungsproblem der Haushalte besteht nun darin, zu jedem Zeitpunkt ihres Lebens die Ersparnisse und das Arbeitsangebot so zu planen, daß der Lebenszeitnutzen unter Berücksichtigung eines Vererbungsmotivs maximiert wird.

Im Vergleich der beiden Modellvarianten stellt das Überlappende-Generationen-Modell die detailgetreuere Formulierung dar. Demgegenüber steht seine erhöhte Komplexität durch die Unterteilung in verschiedene Generationen.<sup>24</sup> Der Anwender dynamischer EAG-Modelle muß sich also für die eine oder die andere Modellformulierung entscheiden.<sup>25</sup> Unter der Annahme eines altruistischen Vererbungsmotivs führen beide Formulierungen zu grundsätzlich gleichen Ergebnissen und die einfachere Modellierung kann als verkürzte Form des Überlappende-Generationen-Modells interpretiert werden (Blanchard, Fischer, 1989, S. 139).<sup>26</sup> Das Überlappende-Generationen-Modell muß jedoch angewandt werden, wenn tiefere Einblicke in die individuelle Lebenszyklusplanung vonnöten sind, z.B. bei der Frage nach der intergenerativen Verteilungswirkung einzelner Politiken, bei der Untersuchung der Effizienz verschiedener Sozialversicherungssysteme oder der Auswirkung bestimmter demographischer Entwicklungen auf die Kapitalbildung und die Finanzierung der Sozialversicherung.

<sup>24</sup> Zur Darstellung einer realistischen Lebensspanne muß der Haushaltssektor bei einer jährlichen Schrittweite (s.u.) in 50-60 Generationen unterteilt werden. D.h. der repräsentative Konsument im vereinfachten Modell wird durch 50-60 Generationen im Überlappende-Generationen-Modell ersetzt.

<sup>25</sup> Ein dritter Weg, der von einigen Modellierern gegangen wird, besteht in einer vereinfachten Version des Überlappende-Generationen-Modells, in der sich die Haushalte nicht einem bestimmten Lebenslauf ausgesetzt sehen, sondern nur zu jedem Zeitpunkt eine exogene Sterbewahrscheinlichkeit in ihr Kalkül einbeziehen (Bovenberg, 1992, Keuschnigg, Kohler, 1992).

<sup>26</sup> Zur Diskussion alternativer Vererbungsmotive siehe Bernheim (1987).

Im folgenden wird aus Platzgründen nur die einfache Modellierung des Konsumentenverhaltens skizziert.<sup>27</sup> Ein repräsentatives Individuum maximiert seine intertemporal separable Nutzenfunktion unter der Nebenbedingung, daß die Veränderung seines Vermögens zu jedem Zeitpunkt der Summe aus Lohn- und Kapitaleinkommen abzüglich Konsumausgaben entspricht:

$$\max_{C^N(t)} \int_0^T \frac{1}{1-\sigma} \cdot C^N(t)^{1-\sigma} \cdot e^{-\rho(t-\tau)} dt$$

s. t.  $\dot{A}(t) = W(t) \cdot l^{max} + A(t) \cdot R(t) - p^g(t) \cdot C^N(t)$  (19)

$A(t)$  ist das Kapitalvermögen des Individuums,  $\sigma$  das Arrow-Pratt-Maß der relativen Risikoaversion,  $\rho$  die Zeitpräferenzrate und  $l^{max}$  die maximal verfügbare Arbeitszeit. Die Entscheidung des Konsumenten läßt sich wie im Fall der Investitionsentscheidung in einen statischen und einen dynamischen Teil aufspalten: Im statischen Teil bestimmt der repräsentative Konsument für jeden Zeitpunkt die optimale Zusammensetzung von  $C^N(t)$ . Dieses Teilproblem entspricht der Nutzenmaximierung im statischen Modell. Im dynamischen Teil verteilt der Konsument dieses zusammengesetzte Konsumgut auf die einzelnen Zeitpunkte.<sup>28</sup> Die Lösung des dynamischen Teils bestimmt die gleichgewichtige Ersparnis, die abhängig von allen Preisen und vom Zinssatz ist. Damit wird auch die zeitliche Entwicklung des aggregierten Kapitalangebots als endogene Lösung eines intertemporalen Optimierungskalküls ermittelt.

### Das Gleichgewicht

Das oben beschriebene Verhalten der Akteure bestimmt einen Zeitpfad gleichgewichtiger Relativpreise und Güter- bzw. Faktormengen, der von den kalibrierten Modellparametern und exogen vorgegebenen Variablen abhängig ist. Die Kalibrierung der Modellparameter erfolgt üblicherweise mit Hilfe der Annahme, das Modell befinde sich im Ausgangszustand im Steady-State. Ausgehend von diesem kalibrierten Gleichgewicht lassen sich dann wie in den statischen Modellen die Auswirkungen einer Veränderung bestimmter exogener Variablen untersuchen. Hierbei können zunächst die langfristigen Auswirkungen betrachtet werden, indem der neue Steady State berechnet und mit dem Ausgangsgleichgewicht verglichen wird. Darüber hinaus kann auch die Übergangsphase vom Ausgangsgleichgewicht auf das neue Steady-State abgebildet werden, wenn das zugrundeliegende Modell sattelpunktstabil ist. In diesem Fall ist der dynamische An-

<sup>27</sup> Eine detaillierte Beschreibung des Überlappende-Generationen-Modells findet sich bei Cazes et al. (1992).

<sup>28</sup> Die Aufteilung des Problems ist möglich, wenn  $C^N(t)$  eine linear homogene Funktion der einzelnen Teilgüter ist.

passungspfad eindeutig.<sup>29</sup> Er läßt sich dann für verschiedene Zeitpunkte während der Übergangsperiode sichtbar machen. Dazu muß das kontinuierliche System durch ein System von Differenzgleichungen approximiert werden, wobei die Genauigkeit der Approximation durch die Schrittweite zwischen den einzelnen Zeitpunkten bestimmt werden kann (Codsi et al., 1991).

Durch die dynamische Formulierung lassen sich im Gleichgewicht auch die intertemporalen Aspekte staatlicher Entscheidungen darstellen. In einem offenen Land entscheidet die Regierung nicht nur über die Höhe der Steuern und öffentlichen Ausgaben, sondern auch über ihre Nettokreditaufnahme beim privaten Sektor und im Ausland. Die Nettokreditaufnahme stellt ein typisches intertemporales Finanzierungsproblem dar und kann demzufolge in einem statischen Modell nur unzureichend berücksichtigt werden. In einem dynamischen Modell kann hingegen die exogene Budgetrestriktion durch die schwächere Nebenbedingung ersetzt werden, die verlangt, daß der Gegenwartswert der erwarteten Steuereinnahmen dem der künftigen Staatsausgaben zuzüglich der Nettokreditaufnahme im Ausgangsszenario entsprechen muß. Somit können die Auswirkungen der staatlichen Nettokreditaufnahme sowohl auf die Kapitalbildung und die internationalen Kapitalströme als auch auf die Wohlfahrt der Individuen modellkonsistent berücksichtigt werden.<sup>30</sup>

### **Anwendungsgebiete vollständig dynamischer EAG Modelle**

Vollständig dynamische EAG-Modelle wurden seit ihrer Einführung zu Beginn der 80er Jahre zur Untersuchung zahlreicher Fragestellungen angewandt. Dabei konnten neue wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, sowohl in der Überprüfung der Ergebnisse, die zuvor in statischen Modellen gewonnen wurden, als auch bei der Anwendung der EAG-Technik auf völlig neue Fragestellungen, die ihrer Natur nach nur in einem dynamischen Modell sinnvoll untersucht werden können. Hier werden einige Beispiele dieser Anwendungsmöglichkeiten vorgestellt, ohne eine auch nur annähernd vollständige Übersicht über die bestehenden Anwendungen "echter" dynamischer EAG-Modelle geben zu wollen.<sup>31</sup>

<sup>29</sup> Sattelpunktstabilität ist in den Modellen mit einem repräsentativen Konsumenten durch die Annahme rationaler Erwartungen gesichert (Dixon et al., 1992). Im Überlappende-Generationen-Modell können hingegen unbestimmbare Anpassungspfade nicht von vorneherein ausgeschlossen werden (Kehoe, 1989, Kehoe, Levine, 1990). Stattdessen muß die Eigenschaft der Sattelpunktstabilität anhand der jeweiligen Modellspezifikation überprüft werden (Kehoe, 1991).

<sup>30</sup> Vgl z.B. Bovenberg (1992). Pereira (1988) endogenisiert die Verschuldungspolitik des Staates als Wohlfahrtsmaximierungsproblem und ersetzt die Nebenbedingung einer konstanten Nettokreditaufnahme durch die optimale Nettokreditaufnahme.

<sup>31</sup> Eine ausführliche Übersicht zumindest über die älteren vollständig dynamischen EAG-Modelle findet sich bei Pereira, Shoven (1988).

*Steuermodelle:* EAG-Modelle, die sich mit den Allokations- und Wohlfahrtswirkungen verschiedener Besteuerungssysteme befassen, sind durch die dynamische Formulierung in der Lage, auch die Steuerwirkungen auf die gleichgewichtige Kapitalallokation zu berücksichtigen. So wird z.B. untersucht, ob eine Steuer eher die Einkommensentstehung oder die Einkommensverwendung belasten soll (Auerbach, Kotlikof, 1987a; Auerbach et al. 1983; Broer, Westerhout, 1993), welche Wohlfahrtseffekte die Integration der Körperschaftsteuer mit sich bringt (Pereira, 1988; Balfard et al., 1985), ob eine Förderung der Kapitalbildung durch Senkung der Zinsbesteuerung oder durch eine Subvention auf Neuinvestitionen stattfinden soll (Auerbach, Kotlikof, 1987a; Bovenberg, Goulder, 1989; Goulder, Summers, 1987; Delorme et al. 1993; Bovenberg 1992) oder welche internationalen Auswirkungen eine Änderung der Kapitalbesteuerung mit sich bringt (Delorme et al., 1993).

*Handelsmodelle:* Auch Handelsmodelle können durch die dynamische Formulierung sinnvoll erweitert werden. So hat die Einführung von Handelshemmnissen Auswirkungen auf die intertemporale Kapitalallokation eines Landes und damit dessen relative Faktorausstattung. Zum einen führen die Anpassungskosten der Investitionsfunktion zu einer verzögerten Anpassung an die durch Handelshemmnisse veränderten Relativpreise. Damit sind die langfristigen Einkommenseffekte der Handelsbeschränkung höher als die kurzfristigen, was zu einer Erhöhung der Ersparnisse in der kurzen Frist führt (Gavin, 1991). Zum anderen können intergenerative Verteilungseffekte zu einer veränderten Ersparnis führen (Engel, Kletzer, 1990). Diese Aspekte der Handelspolitik können in vollständig dynamischen EAG-Modellen, wie in Goulder, Eichengreen (1989) oder wie in dem Überlappende-Generationen-Modell von Keuschnigg, Kohler (1992) untersucht werden.

*Umweltmodelle:* Es existieren auch dynamische Ansätze, die sich mit derselben Thematik wie das GREEN-Modell beschäftigen (Jorgensen, Wilcoxon, 1990; Mc Kibbin, Wilcoxon, 1992). Diesen liegt jedoch nicht ein so detailliertes Ressourcenextraktionsmodell zugrunde wie dem GREEN-Modell.

*Weitere Anwendungen:* Die dynamische Formulierung stellt jedoch nicht nur eine Erweiterung bestehender statischer EAG-Modelle dar, ihr erschließen sich auch völlig neue Anwendungsgebiete. Als Beispiel seien hier Modelle genannt, welche die Auswirkung der erwarteten demographischen Entwicklung auf die Kapitalbildung und auf die Finanzierung der Sozialversicherungen untersuchen (Auerbach, Kotlikof, 1987b; Cazes, et al., 1992).

### **Zur deterministischen Modellformulierung**

Die dynamischen EAG-Modelle sind, wie oben erwähnt, ausschließlich deterministisch formuliert. Die Realität, die durch diese Modelle numerisch beschrieben werden soll, ist jedoch durch die

Existenz von Risiko bei jeder persönlichen Entscheidung gekennzeichnet. Daher sollte untersucht werden, inwiefern sich die Aussagen der Modelle durch eine realitätsgetreuere stochastische Formulierung verändern würden. Einige Anhaltspunkte liefern dabei die nachfolgenden Überlegungen.

Zunächst würde durch eine stochastische Formulierung der Zeitpfad der Systemvariablen geändert. Er verlief nun ebenfalls stochastisch, wobei die Anpassungskosten der Investitionsfunktion den Einfluß der exogenen Störvariablen über mehrere Perioden verschleppen und ihn somit in geglättete Schwankungen der realen Variablen um einen deterministischen Trend überführen würden. Die deterministische Modellformulierung kann demnach bestenfalls als zufallsbereinigte Näherung für eine stochastische Ökonomie interpretiert werden. Dazu darf der Zeitpfad, den das deterministische Modell voraussagt, nicht wesentlich vom Trend des stochastischen Modells abweichen.

Auch in den vollständig dynamischen EAG-Modellen wird der Markt für Finanzierungstitel vernachlässigt. Diese Vereinfachung kann bei einer stochastischen Formulierung nicht aufrechterhalten werden.<sup>32</sup> Dort umfaßt das intertemporale Entscheidungsproblem nicht nur die Höhe der Ersparnisse, sondern auch die Zusammenstellung des optimalen Portfolios.<sup>33</sup> Finanzierungstitel, die ein höheres systematisches Risiko aufweisen, müßten im Gleichgewicht eine höhere Risikoprämie abwerfen. Ein deterministisches Modell, das diesen Zusammenhang nicht berücksichtigt, tendiert dazu, die Nachfrage nach Firmenanteilen aus riskanteren Sektoren überzubewerten. Dieser Tendenz kann im deterministischen Modell durch die Einführung einer sektorspezifischen Risikoprämie entgegengewirkt werden. Diese Risikoprämie muß auch das unterschiedliche Anpassungspotential der einzelnen Sektoren durch die unterschiedlichen Anpassungskosten berücksichtigen.<sup>34</sup>

<sup>32</sup> Siehe auch Bovenberg, Goulder (1991).

<sup>33</sup> Das entsprechende Optimierungsprogramm wurde von Merton (1971) gelöst, allerdings nur für eine Renditeentwicklung gemäß einem stochastischen Prozeß erster Ordnung. Wie oben ausgeführt, folgen die realen Variablen beim Vorliegen von Anpassungskosten jedoch einem Zeitpfad höherer Ordnung.

<sup>34</sup> Einen überzeugenden Weg wählen Goulder, Summers (1987), die die Risikoprämien aus der Bewertung einzelner Sektoren durch das Capital-Asset-Pricing-Modell ableiten.

## 5. \*Schlußbemerkungen

Ein Durchbruch zur numerischen Bestimmung ökonomischer Gleichgewichte wurde zu Beginn der siebziger Jahre mit den Arbeiten von Scarf (1973) und Kuhn (1968) erzielt. Die von ihnen entwickelten Algorithmen wurden seitdem von verschiedenen Autoren modifiziert und im Hinblick auf die zum Auffinden der Gleichgewichtslösung erforderliche Computerzeit erheblich verbessert, so daß das größte Problem der empirischen allgemeinen Gleichgewichtsanalyse gegenwärtig nicht mehr in der Entwicklung und Implementierung von Lösungsalgorithmen besteht, sondern in der Verfügbarkeit einer mikroökonomisch konsistenten Datenbasis und in der Unsicherheit über die numerischen Werte wesentlicher Verhaltensparameter. Dieses Problem wird umso größer, je stärker die Modelle disaggregiert werden.

Für stärker disaggregierte Modelle kann mit viel Aufwand eine solche Datenbasis realistischerweise nur für ein Jahr erstellt werden. Da darüber hinaus die Verhaltensgleichungen den allgemeinen Gleichgewichtsrestriktionen des Modells genügen müssen, ist eine ökonometrische Schätzung von stärker disaggregierten Modellen praktisch ausgeschlossen. Es bleibt nur, in einem deterministischen Verfahren die Verhaltensparameter derart zu bestimmen (kalibrieren), daß die Referenzlösung des Modells das empirische Ausgangsgleichgewicht in den Daten exakt reproduziert. Der grundlegende Nachteil dieses Verfahrens liegt darin, daß die Vereinbarkeit von alternativen Modellspezifikationen, funktionalen Formen und Parameterwerten mit den Daten nicht anhand von statistischen Methoden getestet werden kann. Wegen der mangelnden Verfügbarkeit und Qualität von Daten und den unsicheren Informationen über das Verhalten der Akteure müssen die numerischen Simulationsergebnisse mit entsprechender Vorsicht interpretiert werden.

Diese Probleme und Beschränkungen bei der Modellierung von EAG-Modellen legen nahe, daß es für diese Modelle einen Trade-off zwischen der Größe, d.h. ihrer sektoralen, gütermäßigen, oder regionalen Differenzierung, und der Robustheit und Überzeugungskraft gibt. Je größer das Modell, desto mehr willkürliche Annahmen über wichtige Parameter müssen in Kauf genommen werden, und desto stärker setzen die Ergebnisse sich der Kritik aus. Je kleiner das Modell, desto überzeugender ist es aufgrund von nachprüfbaren exogenen Parametern, aber desto weniger Fragestellungen kann es zufriedenstellend beantworten. Bei der Modellierung von EAG-Modellen kommt es deshalb darauf an, die richtige Balance im Grad der Disaggregation zu finden. Die Tendenz scheint dabei im Augenblick eher zu den kleineren, problemorientierten Modellen zu gehen, die aber mit der Notwendigkeit erkaufte wird, für jede Fragestellung ein spezielles Modell zu entwerfen. Wichtige Entwicklungen in dieser Richtung bilden dabei EAG-Modelle, bei denen unvollständige Konkurrenz beziehungsweise intertemporale Entscheidungen endogenisiert werden.

Die ersten EAG-Modelle mit unvollständiger Konkurrenz basieren auf Oligopolmodellen mit Mengenanpassern. Damit kommt man der Realität vieler Industriesektoren weitaus näher als es mit der herkömmlichen Annahme vollkommener Konkurrenz möglich war. Das größte Problem solcher Modelle besteht im Augenblick darin, die theoretische Struktur mit den vorhandenen Daten in Einklang zu bringen. So gibt es nur beschränkte Informationen aus der Industrieökonomik über technologische Parameter von Industrien, bzw. im Idealfall von einzelnen Unternehmen. Darüber hinaus können die für komplexere Oligopolmodelle notwendigen Verhaltensannahmen kaum verifiziert werden, so daß üblicherweise als einfachste Variante Cournot-Verhalten unterstellt wird. Da asymmetrische Strukturen nicht modelliert werden können, muß mit Hilfe einiger Tricks eine möglichst äquivalente symmetrische Struktur erzeugt werden.

Dynamische EAG-Modelle erlauben im Grunde, zwei wichtige Fragestellungen empirisch zu beleuchten: Welche Dynamik haben Strukturveränderungen im Zeitablauf, d.h. wie paßt sich eine Wirtschaft in ihrer sektoralen Struktur nach exogenen Schocks - seien sie politikinduziert oder vollkommen exogen - an? Die zweite Frage ist, inwieweit die explizite Berücksichtigung von intertemporalen Entscheidungen von Haushalten und Unternehmen zu anderen Resultaten führt als die komparativ statische Analyse in statischen Modellen, und darüber hinaus, welche Anpassungspfade zum neuen Steady-State sich ergeben.

Anhand des GREEN der OECD wurde gezeigt, wie im Rahmen eines sequentiell dynamischen Ansatzes auf einer relativ niedrigen Aggregationsebene langfristige sektorale Struktur Anpassungen abgebildet werden können. Dies wurde möglich durch die extrem einfache Verhaltensannahme von myopischen Erwartungen. Die Sequenz von statischen Gleichgewichten wird durch preisabhängige Investitions- und Ressourcenextraktionsentscheidungen erzeugt und vermag den Zusammenhang zwischen Kapitalakkumulation, Ressourcenextraktion und sektoraler sowie internationaler Allokation darzustellen.

Die wesentliche Stärke der vollständig dynamischen Modelle liegt in der entscheidungstheoretisch fundierten Formulierung des Investitions- und Sparverhaltens. Dadurch ermöglichen sie die Einführung eines Kapitalmarktes zur Bestimmung der gleichgewichtigen Kapitalakkumulation und des Zinssatzes. Darüber hinaus erlauben sie nicht nur eine komparativ-statische Untersuchung, sondern auch Aussagen über die kurz- und mittelfristigen Auswirkungen exogener Schocks. So kann z.B. die unterschiedliche Anpassungsflexibilität einzelner Sektoren aufgrund unterschiedlicher Anpassungskosten berücksichtigt werden, oder es lassen sich in einem Überlappende-Generations-Modell intergenerative Verteilungswirkungen sichtbar machen. Auch können Unterschiede zwischen einer angekündigten und einer überraschenden Politikänderung untersucht werden.

Zwei wichtige Punkte der intertemporalen Entscheidungsfindung können die dynamischen Modelle (noch) nicht adäquat berücksichtigen, die Erwartungsbildung und die Entscheidungsfindung bei Risiko. Dazu müßten die bisher nur deterministischen Modelle durch stochastische ersetzt werden. Auch werden die EAG-Modelle durch die Einführung intertemporaler Substitutionsmöglichkeiten und die erforderliche simultane Lösung erheblich komplexer und umfangreicher, was die Interpretation und Beurteilung der Ergebnisse erschwert. Das gilt insbesondere, falls in das Modell auch noch makroökonomische Komponenten eingebaut werden, wie z.B. bei Mc Kibbin, Wilcoxon, 1992, die einen monetären Sektor und z.T. liquiditätsbeschränktes Verhalten einführen.<sup>35</sup>

Fragestellungen, die einer Analyse im Rahmen eines Gleichgewichtsmodells bedürfen, können zunehmend auch empirisch im Rahmen von EAG-Modellen analysiert werden. Die hier dargestellten neueren Entwicklungen im Bereich von unvollständiger Konkurrenz und von dynamischen Modellen zeigen, daß der Anwendungsbereich von EAG-Modellen immer weiter wird. Gleichzeitig geht diese Erweiterung aber auch mit einer Spezialisierung einher. Die einzelnen Modellvarianten basieren zwar noch auf einer weitgehend gemeinsamen allgemeinen Modellstruktur, aber die konkrete Ausformulierung unterscheidet sich dann merklich. Deshalb wird der zeitaufwendige Teil der Arbeit mit EAG-Modellen, die Erstellung einer konsistenten Datenbasis und die Kalibrierung, immer bedeutsamer. Dies bedeutet, daß letztlich der Erkenntniswert solcher Modelle an den Kosten ihrer Erstellung gemessen werden muß. Diese sind nicht gering, wenn man sieht, mit welcher großer Zahl an Spezialisten aus verschiedenen Fachrichtungen Modelle wie z.B. das GREEN-Modell erstellt worden sind.

---

<sup>35</sup> Siehe hierzu die Kritik von Parsell, et al., (1989), die zur Einführung nicht entscheidungstheoretisch fundierter Komponenten in Simulationsmodelle schreiben: "... it becomes much more difficult to explain, why the results of a simulation look the way they do; it becomes virtually impossible to assess the relative merits of different models; and finally, their introduction provide an almost unlimited opportunity to indulge in data mining."

## Literaturverzeichnis

- Armington, P. (1969): "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production". IMF Staff Papers, Vol. 16, S. 159-178.
- Auerbach, Alan, Laurence J. Kotlikof, Jonathan Skinner (1983): "The Efficiency Gains From Dynamic Tax Reform", International Economic Review, 44, S. 81-100.
- Auerbach, Alan, Laurence J. Kotlikof, (1987a): Dynamic Fiscal Policy, Cambridge (MA).
- Auerbach, Alan, Laurence J. Kotlikof (1987b): "Tax Aspects of Policy Towards Aging Populations: Canada and the United States", NBER Working Paper, 3405, Cambridge (MA)
- Ballard, Charles L., Don Fullerton, John B. Shoven, John Whalley (1985): "A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation". University of Chicago Press, Chicago.
- Bandara, J. S. (1991), "Computable General Equilibrium Models for Development Policy Analysis in LDCs". Journal of Economic Surveys, Vol. 5, S. 1-69.
- Benjamin, N., S. Devarajan, R. J. Weiner (1989): "The 'Dutch' Disease in a Developing Country: Oil Reserves in Cameroon". Journal of Development Economics, Vol. 30, S. 71-92.
- Bernheim, B. Douglas 1987:, "Ricardian Equivalence: An Evaluation of Theory and Evidence", NBER Working Paper No. 2330, Cambridge (MA) .
- Blanchard, Olivier Jean, Stanley Fischer 1989: Lectures on Macroeconomics, Cambridge (MA).
- Bourguignon, Francois, William H. Branson, Jaime de Melo (1989): "Macroeconomic Adjustment and Income Distribution: A Macro-Micro Simulation Model." OECD Development Center Technical Paper No. 1. OECD Paris.
- Bovenberg, A. Lans 1992: "Investment-Promoting Policies in Open Economies: The Importance of Intergenerational and International Distributional Effects", Center for Economic Research Discussion Paper No. 9220, Tilburg .
- Bovenberg, A. Lans, Lawrence Goulder 1989: "Promoting Investment under International Capital Mobility: An Intertemporal General Equilibrium Analysis", NBER Working Paper No. 3139, Cambridge (MA).
- Bovenberg, A. Lans, Lawrence Goulder (1991): "Introducing Intertemporal and Open Economy Features in Applied General Equilibrium Models", De Economist, No.139, S. 186-203.
- Broer, D. P., E.W.M.T. Westerhout (1993): "Taxation in an Intertemporal General Equilibrium Model of a Small Open Economy", Economic Modelling, Vol. 10, S. 64-80.
- Burniaux, Jean-Marc, John P. Martin, Giuseppe Nicoletti, Joaquim Oliveira Martins (1992a): "The Costs of Reducing CO<sub>2</sub> Emissions: Evidence from GREEN". Economics Department Working Papers No.115, OECD, Paris

- Burniaux, Jean-Marc, John P. Martin, Giuseppe Nicoletti, Joaquim Oliveira Martins (1992b): "GREEN - A Multi-Sector, Multi-Region General Equilibrium Model for Quantifying the Costs of Curbing CO<sub>2</sub> Emissions: A technical Manual". Economics Department Working Papers No.116, OECD, Paris.
- Cazes, Sandrine, Thierry Chauveau, Jaques Le Cacheux, Rahim Loufir (1992): "An O. G. Model of the French Economy: Application to the Long Run Prospects of the Public Pension Scheme", revised version of OFCE Document de travail, no. 92-5, Paris.
- Codsi, George, K.R. Pearson, Peter J. Wilcoxon (1991): "General Purpose Software for Intertemporal Modelling", Impact Project Preliminary Working Paper No. IP-51, Melbourne .
- Delorme, Françoise, Lawrence H. Goulder, Philippe Thalmann (1993): "The International Spillovers of Capital Income Taxation", OECD Economics Department Working Paper No. 127, Paris .
- Dervis, Kemal, Jaime de Melo, Sherman Robinson (1982): General Equilibrium Models for Development Policy. Cambridge: Cambridge University Press.
- Devarajan, Shantayanan, Jaime de Melo (1987): "Adjustment with a Fixed Exchange Rate: Cameroon, Côte d'Ivoire, and Senegal." World Bank Economic Review, Vol. 1. The World Bank. Washington, D.C., S. 447-487.
- Dixit, Avinash, Stiglitz, Joseph E. (1977): "Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity", American Economic Review, Vol. 67, S. 297-308.
- Dixon, Peter B., Brian R. Parmenter, Alan E. Powell, Peter J. Wilcoxon (1992): "Notes and Problems in Applied General Equilibrium Economics", Amsterdam .
- Engel, Charles, Kenneth Kletzer (1990): "Tariffs and Saving in a Model with New Generations", Journal of International Economics, Vol. 28, S. 71-91.
- Frisch, R. (1959): "A Complete Scheme for Computing all Direct and Cross Demand Elasticities in a Model with Many Sectors". Econometrica, Vol. 27, S. 177-196.
- Gasiorek, Michael, Smith, Alasdair, Venables, Anthony (1991), "Completing the internal market in the EC: factor demands and comparative advantage", in: L.A. Winters, A. Venables (Hrsg.), European integration: trade and industry, Cambridge University Press.
- Gasiorek, Michael, Smith, Alasdair, Venables, Anthony (1992): "Trade and Welfare; A General Equilibrium Model", CEPR Discussion Paper No. 672.
- Gavin, Michael (1991): "Tariffs and the Current Account: On the Macroeconomics of Commercial Policy", Journal of Economic Dynamics and Control, Vol. 15, S. 27-52.
- Goulder, Lawrence H., Barry Eichengreen (1989): "Trade Liberalization in General Equilibrium: Intertemporal and Inter-Industry Effects", NBER Working Paper No. 2965, Cambridge (MA).
- Goulder, Lawrence H, Lawrence H. Summers (1987): "Tax Policy Asset Prices and Growth: A General Equilibrium Analysis", NBER Working Paper, 2128, Cambridge (MA) .

- Harland, Jan, Norman, Victor (1992): "Global Production Effects of European Integration", CEPR Discussion Paper No. 669.
- Harrison, Greg (1986): "A General Equilibrium Analysis of Tariff Reductions." In: T.N. Srinivasan, J. Whalley (Eds.), *General Equilibrium Trade Policy Modeling*, The MIT Press, Cambridge, MA.
- Hayashi, Fumio (1982): "Tobin's Marginal  $q$  and Average  $q$ : A Neoclassical Interpretation", *Econometrica*, Vol. 50, S. 213-224.
- Jorgensen, Dale W., Peter J. Wilcoxon (1990): "Global Change, Energy Prices, and U.S. Economic Growth", *IER Discussion Paper No. 1511*, Cambridge (MA).
- Kehoe, Timothy J. (1989): "Intertemporal General Equilibrium Models", in: Frank Hahn (Eds.), *The Economics of Missing Markets, Information and Games*, Oxford, S. 363-393.
- Kehoe, Timothy J., "Computation and Multiplicity of Equilibria", in Hugo Sonnenschein, Werner Hildenbrand (Hrsg.) (1991): *Handbook of Mathematical Economics*, Vol. IV, Amsterdam, S. 2049-2143.
- Kehoe, Timothy J. David K. Levine (1990): "Indeterminacy in Applied Intertemporal General Equilibrium Models", in: Lars Bergman, Dale W. Jorgenson, Erno Zalai: *General Equilibrium Modeling and Economic Policy Analysis*, Cambridge (MA) .
- Keuschnigg, Christian, Wilhelm Kohler (1992): "Dynamic Effects of Tariff Liberalization: An Intertemporal CGE Approach", *Universität Bonn - Sonderforschungsbereich 303 Discussion Paper No. A-386*, Bonn.
- Kuhn, H. W. (1968): "Simplicial Approximations of Fixed Points." *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol. 61, S. 1238-1242.
- Lau, Lawrence J. (1984): "Comments on Mansur and Whalley". In: Herbert Scarf, John B. Shoven (Hrsg.), *Applied General Equilibrium Analysis*. New York: Cambridge University Press, S. 69-127.
- Lluch, Constantino, Alan A. Powell, Ross A. Williams (1977): "Patterns in Household Demand and Saving," Washington, D.C.: The World Bank.
- Malakellis, Michael (1992): "An Intertemporal Applied General Equilibrium Model Based on Orani", *Impact Project Preliminary Working Paper No. OP-72*, Clayton
- Malakellis, Michael (1992): "Solving a Large-Scale Intertemporal Applied General Equilibrium Model", *Impact Project Preliminary Working Paper No. OP-74*, Clayton
- Mansur, Ahsan, John Whalley (1984): "Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration and Data." In: H. Scarf, J.B. Shoven (Hrsg.) *Applied General Equilibrium Analysis*. New York: Cambridge University Press, S. 69-127.
- Mc Kibbin, Warwick J., Peter J. Wilcoxon (1992): "The Global Costs of Policies to Reduce Greenhouse Gas Emissions", *Brookings Discussion Papers in International Economics No. 97*, Washington D.C. .

- Mc Laren, Keith R. (1992): "The Use of Adjustment Cost Investment Models in Intertemporal Computable General Equilibrium Models", Impact Project Preliminary Working Paper No. IP-48, Melbourne
- Merton, Robert C. (1971): "Optimum Consumption and Portfolio Rules in a Continuous-Time Model", *Journal of Economic Theory*, Vol. 3, , S. 373-413.
- Nicoletti, Giuseppe, Joaquim Oliveira Martins (1992): "Global Effects of the European Carbon Tax". Economics Department Working Papers No.125, OECD, Paris.
- Norman, Victor (1990), "Assessing Trade and Welfare Effects of Trade Liberalization. A Comparison of Alternative Approaches to CGE Modelling With Imperfect Competition", in: *European Economic Review*, Vol. 34, S. 725-751.
- Oliveira-Martins, Joaquim, Jean-Marc Burniaux, John P. Martin, Giuseppe Nicoletti (1992): "The Costs of Reducing CO<sub>2</sub> Emissions: A Comparison of Carbon Tax Curves with GREEN", Economics Department Working Papers No.118, OECD, Paris.
- Parsell, Bruce F., Alan A. Powell, Peter J. Wilcoxon (1989): "The Reconciliation of Computable General Equilibrium and Macroeconomic Modelling: Grounds for Hope?", Impact Project Preliminary Working Paper No. IP-44, Melbourne .
- Pereira, Alfredo M., und John B. Shoven (1988): "Survey of Dynamic Computational General Equilibrium Models for Tax Policy Evaluation", *Journal of Policy Modeling*, Vol.10, Nr.3, 401-436.
- Pereira, Alfredo M. (1988): "Corporate Tax Integration in the United States: A Dynamic General Equilibrium Analysis", Dissertation, Stanford
- Piggott, John, John Whalley (1985): "UK Tax Policy and Applied General Equilibrium Analysis". Cambridge: Cambridge University Press.
- Piggott John, John Whalley (1991): "Public Good Provision Rules and Income Distribution -Some General Equilibrium Calculations." In: J. Piggott, J. Whalley (Eds.), *Applied General Equilibrium*. Physica-Verlag Heidelberg, S. 25-34.
- Pyatt, Graham, Jeffery I. Round (1985): "Social Accounting Matrices. A Basis for Planning". Washington, D.C.: The World Bank.
- Robinson, Sherman (1989): "Multisectoral Models". In H. Chenery und T.N. Srinivasan (Hrsg.): *Handbook of Development Economics*. Chpt. 18, Elsevier Science Publishers.
- Robinson, Sherman (1991): "Macroeconomics, Financial Variables, and Computable General Equilibrium Models". *World Development*, Vol. 19, S. 1509-1525.
- Scarf, Herbert (1973): "The Computation of Economic Equilibria", New Haven.
- Shoven, John Brayton, J. Whalley (1984): "Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey", *Journal of Economic Literature*, Vol. 22, S. 1007-1051.

- Slemrod, Joel (1983): "A General Equilibrium Model of Taxation with Endogenous Financial Behavior". In: Martin Feldstein (Hrsg.): "Behavioral Simulation Methods in Tax Policy Analysis. University of Chicago Press, Chicago, 427-454.
- Taylor, Lance (1990): "Structuralist CGE Models". In: L. Taylor (Ed.), Socially Relevant Policy Analysis. : The MIT Press, Cambridge, MA.
- Whalley, John (1985): "Trade Liberalization Among Major World Trading Areas". The MIT Press., Cambridge, MA: