

Fehr, Hans; Wiegard, Wolfgang

**Working Paper**

## Numerische Gleichgewichtsmodelle: Grundstruktur, Anwendungen und Erkenntnisgehalt

Tübinger Diskussionsbeiträge, No. 75

**Provided in Cooperation with:**

University of Tuebingen, Faculty of Economics and Social Sciences, School of Business and Economics

*Suggested Citation:* Fehr, Hans; Wiegard, Wolfgang (1996) : Numerische Gleichgewichtsmodelle: Grundstruktur, Anwendungen und Erkenntnisgehalt, Tübinger Diskussionsbeiträge, No. 75, Eberhard Karls Universität Tübingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Tübingen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/104851>

**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.*

**Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen**

Numerische Gleichgewichtsmodelle  
Grundstruktur, Anwendungen und  
Erkenntnisgehalt

Hans Fehr  
Wolfgang Wiegard



**Tübinger Diskussionsbeiträge**

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Numerische Gleichgewichtsmodelle  
Grundstruktur, Anwendungen und  
Erkenntnisgehalt

Hans Fehr  
Wolfgang Wiegard

Diskussionsbeitrag Nr. 75  
Juli 1996

Wirtschaftswissenschaftliches Seminar  
Mohlstraße 36, D-72074 Tübingen

Für einige sehr hilfreiche Anregungen bedanken wir uns bei Niels Kleis Frederiksen. Dank gilt auch der Europäischen Kommission, die unsere Arbeit im Rahmen des „Human Capital and Mobility Programme“ (Nr. ERBCHRX-CT94-0493) unterstützt.

## 1. Überblick

Der Anspruch unseres Beitrags ist bescheiden. Wir wollen einen Überblick über numerische Gleichgewichtsmodelle geben. Die Literatur zu dieser Forschungsrichtung ist in den letzten Jahren derart umfangreich geworden, daß wir uns auf einige ausgewählte Aspekte beschränken müssen<sup>1</sup>. Im nächsten Abschnitt findet sich zunächst ein kurzer Rückblick, der die Entwicklung numerischer Gleichgewichtsanalysen von ihren Anfängen bis heute wiedergibt. Der dritte Abschnitt enthält dann eine etwas genauere Beschreibung der Grundstruktur und der Anwendungsmöglichkeiten dieser Modelle. Dabei wird zwischen statischen, sequentiell dynamischen und vollständig dynamischen Ansätzen unterschieden. Im letzten Abschnitt schließlich soll nach dem Erkenntnisgehalt numerischer Gleichgewichtsanalysen gefragt werden. Welche neuen Einsichten eröffnen sie; was sind ihre Vorteile, was ihre Schwächen; lohnt sich der ganze Aufwand überhaupt? Unser Beitrag richtet sich an solche Leser, die mit diesen Ansätzen nicht vertraut sind; für die Experten bieten wir nichts Neues.

## 2. Rückblick

In der Literatur finden sich unterschiedliche Bezeichnungen für den hier zur Diskussion stehenden Forschungsansatz. Einige Autoren sprechen von numerischen, andere von rechenbaren (computable), wieder andere dagegen von empirischen oder angewandten (applied) Gleichgewichtsmodellen. Gemeint ist immer dasselbe; numerisch oder rechenbar klingt lediglich etwas zurückhaltender als angewandt oder empirisch. Die Bezeichnung „numerische“ oder „rechenbare“ Gleichgewichtsmodelle deutet zunächst nur darauf hin, daß ökonomische Gleichgewichte numerisch berechnet werden. Dazu benötigt man numerische Werte, also Zahlen, für sämtliche exogenen Variablen des Modells (Anfangsbestände, Parameter der Nutzen- und Produktionsfunktionen, Steuersätze etc.) und man produziert Zahlen für die endogenen Variablen (Preise, Mengen, Wohlfahrtsindizes etc.). Naheliegenderweise wählt man für die exogenen Variablen nicht irgendwelche, sondern möglichst realistische Werte. Dann besteht Grund zu der Hoffnung, daß auch die berechneten Zahlen realistisch oder empirisch relevant sind – vorausgesetzt natürlich, daß das gewählte ökonomische Modell die relevanten Zusammenhänge einigermaßen realistisch abbildet. Bei etwas großzügiger Interpretation lassen sich numerische Gleichgewichtsanalysen dann auch als ökonomische Experimente verstehen. Bevor bestimmte Politikmaßnahmen durchgeführt werden – Steuerreformen, „Sparpakete“, Rentenreformen oder was auch immer –, möchte man ihre Auswirkungen kennen. Numerische Gleichgewichtsmodelle erlauben es nun gerade, Politikanalysen in kontrollierter Umgebung durchzuführen und ihre vermuteten Konsequenzen zunächst

---

<sup>1</sup>Mittlerweile liegen zahlreiche Überblicksaufsätze vor, die zum Teil andere Schwerpunkte setzen, z.B. BERGMAN (1990), BORGES (1986), GOTTFRIED et al. (1990), HIRTE und WIEGARD (1988), KEHOE und KEHOE (1994), KLEPPER et al. (1995), PEREIRA und SHOVEN (1988), SHOVEN und WHALLEY (1984, 1992), SHOVEN (1983).

auf dem Computer zu berechnen.

Numerische Gleichgewichtsmodelle existieren eigentlich seit es Gleichgewichtstheorien gibt. Die numerischen Beispiele bei RICARDO, MILL, MARX, TAUSSIG und vielen anderen großen Ökonomen sind ja nichts anderes als numerische Gleichgewichtslösungen. Aus heutiger Sicht mögen ihre Modelle rudimentär und nicht ganz vollständig gewesen sein, aber es waren zweifellos Gleichgewichtsmodelle. Später wurden auch einfache Walrasianische Gleichgewichtsmodelle numerisch gelöst. GRAHAM (1948) hat es hier zu einer wahren Meisterschaft gebracht. In den 60er Jahren hat vor allem HARBERGER (1962, 1966, 1968) „realistische“ numerische Berechnungen für die Effizienz- und Überwälzungswirkungen von Körperschaft- und Kapitaleinkommensteuern in einfacheren Gleichgewichtsmodellen vorgelegt. Da die numerischen Lösungen dieser Modelle mit „der Hand“ ermittelt wurden, mußte ihre Dimension notwendigerweise beschränkt bleiben.

Schon vorher, nämlich 1960, hatte LEIF JOHANSEN in seinem Werk „A multi-sectoral study of economic growth“ ein numerisches Gleichgewichtsmodell mit 20 Produktionssektoren entwickelt, dessen Lösung den Einsatz eines Computers erforderte. Aber auch JOHANSENS Ansatz unterlag noch bestimmten Beschränkungen. Zum einen berechnete er – wie HARBERGER im übrigen auch – nur eine Annäherung an die tatsächliche Gleichgewichtslösung, indem er ein log-lineares Modell löste, also die relativen Änderungen der endogenen Variablen als lineare Funktionen der relativen Änderungen der exogenen Variablen darstellte. Streng genommen ist eine solche Approximation nur für hinreichend „kleine“ Politikmaßnahmen aussagekräftig. Zum anderen war das JOHANSEN-Modell kein konsistentes Gleichgewichtsmodell im Walrasianischen Sinne. Beide „Mängel“ sind im übrigen heute behoben, allerdings nicht gemeinsam, sondern weitgehend getrennt voneinander<sup>2</sup>.

Ein qualitativer Durchbruch bei der numerischen Berechnung ökonomischer Gleichgewichte erfolgte erst Ende der 60er Jahre durch die Pionierarbeiten von HERBERT SCARF (1967, 1969, 1973). In Erweiterung des Brouwer'schen Fixpunkt-Theorems legte SCARF einen konstruktiven Existenzbeweis in Form eines Algorithmus vor, der – Stetigkeit der Überschußnachfragefunktionen und Gültigkeit des Walras-Gesetzes vorausgesetzt – jede Lösung eines Walrasianischen Gleichgewichtsmodells auch tatsächlich findet. Damit war prinzipiell auch die numerische Lösung höher-dimensionaler konsistenter Gleichgewichtsmodelle möglich geworden. Allerdings war der Scarf-Algorithmus vergleichsweise langsam. Bei 30 oder 40 simultan zu lösenden Überschußnachfragefunktionen konnten selbst auf leistungsfähigen Großrechenanlagen ohne weiteres Lösungszeiten von mehreren Stunden auftreten. Dies rief natürlich sofort einige Spezialisten der numerischen Mathematik und der Operations Research auf den Plan, die in kurzer Zeit wesentlich effiziente-

---

<sup>2</sup>So verwendet das australische ORANI-Modell (DIXON et al., 1982) eine verfeinerte JOHANSEN-Methode der Log-Linearisierung, die auch für nicht-marginale Parameteränderungen gültig ist. Auf der anderen Seite behalten z.B. KELLER (1980) oder – in neuerer Zeit – BOVENBERG (1988, 1989) und AUERBACH (1989a, b) die Log-Linearisierung bei, legen aber vollständig spezialisierte und konsistente statische oder dynamische Gleichgewichtsmodelle zugrunde.

re Lösungsalgorithmen entwickelten. Zu nennen sind etwa die Algorithmen von MERRILL<sup>3</sup> oder VAN DER LAAN und TALMAN (1979).

Parallel zur technischen oder handwerklichen Seite des Problems – der Konstruktion schnellerer Lösungstechniken – vollzog sich eine andere, ökonomisch interessantere Entwicklung. Während SCARF, MERRILL und andere primär an den Rechentechniken interessiert waren, richtete sich das Forschungsinteresse der Scarf-Schüler JOHN SHOVEN und JOHN WHALLEY auf die empirische Anwendung der Gleichgewichtstheorie. In Erweiterung der zwei-sektoralen Harberger-Modelle wurden die Effizienz- und Inzidenzwirkungen der Kapitaleinkommensbesteuerung in den USA für 12 oder mehr Produktionssektoren berechnet (SHOVEN und WHALLEY, 1972; SHOVEN, 1976). Es folgten andere Anwendungen im Bereich der Besteuerung und des internationalen Handels, auf die im nächsten Abschnitt noch kurz eingegangen wird. Die Arbeiten von SHOVEN und WHALLEY stellen – jedenfalls nach unserer Auffassung – die eigentliche Geburtsstunde der angewandten Gleichgewichtsanalyse dar.

In den 24 Jahren seit 1972 haben die numerischen Gleichgewichtsmodelle eine rasant Entwicklung ausgelöst und eine beeindruckende Erfolgsstory geschrieben. Dabei verschoben sich die Gewichte gegenüber den Anfangsjahren allerdings erheblich. Die Faszination, die Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre von den Lösungsalgorithmen ausging, ist verschwunden. Numerische Lösungstechniken gehören heute (fast) ebenso zum Handwerk, wie die analytische Lösung von Lagrange-Ansätzen oder Hamilton-Funktionen. Tatsächlich werden die Algorithmen von SCARF, MERRILL oder VAN DER LAAN und TALMAN heute kaum noch verwendet. Schon kurz nachdem diese Fixpunkt-Algorithmen ein gewisses Reifestadium erreicht hatten, stellte man nämlich fest, daß traditionelle und in der Physik oder der numerischen Mathematik seit langem eingesetzte Verfahren zur Lösung nicht-linearer Gleichungssysteme – Newton-Methoden oder Gauss-Seidel-Algorithmen – durchaus gleichwertige Lösungsalternativen darstellen. Zwar ist die Konvergenz dieser Algorithmen nicht gesichert; in der Praxis treten Konvergenzprobleme jedoch selten auf, da alle Funktionen in der Regel „well behaved“ sind. Dafür sind diese Standardalgorithmen außerordentlich schnell; Lösungen werden oft schon nach wenigen Iterationen gefunden. Im übrigen existieren mittlerweile einige „black-box“ Lösungspakete – am bekanntesten ist sicherlich das MPSGE-Paket von THOMAS RUTHERFORD (1994) –, die dem Benutzer jegliche Rechenarbeit abnehmen.

Während die rechentechnischen Probleme an Bedeutung verloren haben, hat der ökonomische Gehalt der numerischen Gleichgewichtsmodelle ständig zugenommen. Waren die ersten Shoven-Whalley-Modelle noch höher-dimensionale Erweiterungen der statischen  $2 \times 2 \times 2$ -Modelle vom Harberger-Typ<sup>4</sup>, wurden ab Mitte der

---

<sup>3</sup>Vgl. MERRILL (1972) oder die einfachere Darstellung in SHOVEN und WHALLEY (1992, chapter 3).

<sup>4</sup>Das Piggott-Whalley-Modell für England (PIGGOTT und WHALLEY, 1985) unterscheidet auf der Haushaltsseite z.B. 100 Haushaltstypen und auf der Unternehmensseite 33 Produktionssektoren.

80er Jahre zunehmend auch dynamische numerische Gleichgewichtsmodelle entwickelt. Heute werden die meisten neueren theoretischen Modelle entweder zu illustrativen Zwecken oder als empirische Anwendung auch numerisch gelöst. Das gilt etwa für Modelle vom Ramsey-Typ, Modelle mit überlappenden Generationen, endogene Wachstumsmodelle oder Real-Business-Cycle-Modelle. Dieser Modellvielfalt entspricht, daß numerische Gleichgewichtsanalysen für fast alle wirtschafts- und finanzpolitisch relevanten Fragestellungen vorliegen. Auch verwenden mittlerweile die meisten internationalen Organisationen – Weltbank, Internationaler Währungsfond, OECD, Europäische Kommission usw. – numerische Gleichgewichtsmodelle zur Politikbewertung, entweder in Ergänzung oder als Alternative zu den traditionellen makro-ökonomischen Modellen. Verwiesen sei z.B. auf die numerischen Gleichgewichtsmodelle der OECD zur Analyse von CO<sub>2</sub>-Reduktionsstrategien oder von Agrarmarktreformen im Rahmen der Uruguay-Runde des GATT<sup>5</sup>. Indiz für die Bedeutung der numerischen oder angewandten Gleichgewichtsmodelle ist auch, daß das *Journal of Economic Literature* diesen Modellen seit 1991 eine eigene Klassifikationsnummer (D 58: Computable and other Applied General Equilibrium Models) zugewiesen hat.

Es wäre vermessen - und zeitraubend –, einen auch nur einigermaßen vollständigen Überblick über die unterschiedlichen Modellansätze und Anwendungen versuchen zu wollen. Wir beschränken uns deshalb auf einen Überblick über die Modelle, bei denen wir uns besser auszukennen glauben.

### 3. Einblick

#### 3.1 Aufbau und Grundstruktur numerischer Gleichgewichtsmodelle

Numerische Gleichgewichtsmodelle weisen die Grundstruktur aller Gleichgewichtstheorien auf. Die Verhaltensweisen der relevanten Akteure (Haushalte, Unternehmen, ggf. Staat) werden aus einem Optimierungskalkül abgeleitet und die unabhängig voneinander getroffenen individuellen Entscheidungen über Märkte so koordiniert, daß sich ein Gleichgewichtszustand einstellt. Das ist nicht von vornherein gleichbedeutend damit, daß alle Märkte geräumt sind. Einige wenige Modelle, etwa KEHOE und SERRA-PUCHE (1983), analysieren auch ein numerisches Gleichgewichtsmodell mit endogener Arbeitslosigkeit. In den weitaus meisten Beiträgen wird allerdings doch von geräumten Märkten ausgegangen.

Um Gleichgewichte numerisch berechnen zu können, müssen bestimmte funktionale Formen von Nutzenfunktionen, von Produktionsfunktionen und ggf. von weiteren Funktionen unterstellt werden. Grundsätzlich kommen dabei alle möglichen Spezifikationen in Frage, die die üblichen Konvexitäts- bzw. Konkavitätseigenschaften erfüllen. In der Regel werden jedoch vergleichsweise einfache funktionale Formen als Kombinationen von COBB-DOUGLAS, CES (constant elasticity of substitution), LES (linear expenditure system) Funktionen usw. angenommen. Dies impliziert

---

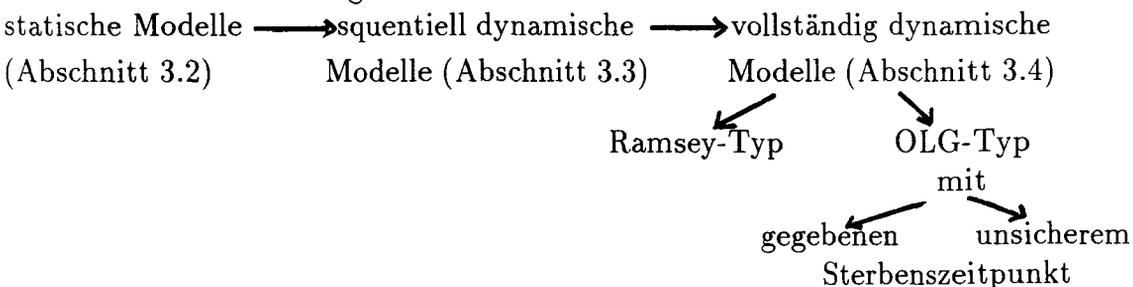
<sup>5</sup>Vgl. BURNIAUX et al. (1992), OECD (1990) oder GOLDIN et al. (1993).

natürlich eine mehr oder weniger starke Einschränkung des Gültigkeitsbereichs der Ergebnisse.

Neben den funktionalen Formen sind zusätzlich noch Werte für die exogenen Variablen und Parameter des Modells vorzugeben, um ein Ausgangsgleichgewicht (benchmark equilibrium) zu berechnen. Dabei sind zwei Vorgehensweisen zu unterscheiden. Bei einer Modellklasse werden sämtliche exogenen Größen numerisch spezifiziert. Dabei liegt es nahe, von empirisch relevanten oder zumindest plausiblen Werten auszugehen. Natürlich drängt sich die Idee auf, die Parameter ökonometrisch zu schätzen. Dieser Weg ist allerdings außerordentlich aufwendig und wird eigentlich nur von einer Forschungsgruppe um DALE JORGENSON beschritten<sup>6</sup>. Ansonsten werden die Parameter einfach aus der Literatur übernommen. Eine zweite Gruppe von Modellen geht etwas anders vor. Hier wird parallel zum theoretischen Modell eine damit kompatible mikroökonomisch konsistente Datenbasis konstruiert, durch die alle relevanten Werte des Ausgangsgleichgewichts bestimmt sind. Die Parameter des Modells werden dann so festgelegt, daß die numerische Lösung des Gleichgewichtsmodells gerade die Ausgangswerte repliziert. Da die Datenbasis üblicherweise dem Zahlenwerk der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen entnommen ist, interpretiert man diese Replizierung des Ausgangsgleichgewichts dahingehend, daß das numerische Gleichgewichtsmodell die beobachtete Realität „erklärt“. Dabei wird ein Teil der Parameter exogen spezifiziert, d.h. aus anderen Literaturquellen übernommen, während der andere Teil endogen „kalibriert“<sup>7</sup> wird, um die Reproduktion des Ausgangsgleichgewichts sicherzustellen.

Oftmals gehört die Erstellung einer mikroökonomisch konsistenten Datenbasis zu den (zeit-)aufwendigsten Tätigkeiten der numerischen Gleichgewichtsmodellierer. Die Daten aus Input-Output-Tabellen, Einkommens und Verbrauchsstichproben, Steuerstatistiken usw. müssen aufgrund unterschiedlicher Abgrenzungen und Erhebungsperioden modifiziert und zu einer den Konsistenzbedingungen eines (statischen oder dynamischen) Gleichgewichtsmodells genügenden Datenbasis zusammengefaßt werden. Das ist mühsam, aber nicht sonderlich interessant.

In den folgenden Abschnitten sollen die Modellstruktur und einige Anwendungen von ausgewählten numerischen Gleichgewichtsmodellen etwas ausführlicher beschrieben werden. Die folgende Übersicht informiert über die behandelten Modelle:



<sup>6</sup>Exemplarisch sei nur auf die folgenden Arbeiten verwiesen: JORGENSON und YUN (1986a, b), JORGENSON und WILCOXEN (1990). Zu diesen Modellvarianten vgl. auch CONRAD (1990).

<sup>7</sup>Vgl. dazu MANSUR und WHALLEY (1984) sowie den Kommentar von LAU (1984).

### 3.2 Statische Modelle

Die Struktur der statischen Gleichgewichtsmodelle dürfte hinreichend bekannt sein. Außerdem haben wir sie auch an anderer Stelle<sup>8</sup> schon ausführlich beschrieben, so daß hier einige kurze Anmerkungen genügen sollten.

Die Konsumnachfrage der Haushalte wird in der Regel aus einem Nutzenbaum abgeleitet, dessen oberster Ast die Freizeitnachfrage ( $F$ ) und den aggregierten Konsum ( $C$ ) z.B. über eine CES-Funktion aggregiert

$$U = \left[ (1 - \alpha)^{\frac{1}{\sigma}} C^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \alpha^{\frac{1}{\sigma}} F^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1)$$

und auf dessen unterer Ebene der aggregierte Konsum z.B. über das lineare Ausgabensystem (oder irgendeine andere geeignete funktionale Form) in seine Konsumkomponenten zerlegt wird

$$C = \prod_i (C_i - \gamma_i)^{\beta_i}.$$

Dabei sind die  $\alpha, \sigma, \gamma_i, \beta_i$  Parameter, auf deren Interpretation hier aber nicht eingegangen werden soll. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auch darauf verzichtet, die Nutzenfunktionen nach Haushaltstypen und/oder nach Regionen bzw. Ländern zu indizieren.

Auf der Unternehmensseite werden häufig Produktionsfunktionen des Typs

$$Q_i = \min \left\{ \frac{1}{a_{0i}} F_i(K_i, L_i), \frac{V_{1i}}{a_{1i}}, \dots, \frac{V_{ni}}{a_{ni}} \right\} \quad (2)$$

mit

$$F_i(K_i, L_i) = \Phi \left[ \delta_i L_i^{\frac{\mu_i-1}{\mu_i}} + (1 - \delta_i) K_i^{\frac{\mu_i-1}{\mu_i}} \right]^{\frac{\mu_i}{\mu_i-1}}$$

unterstellt, wobei  $Q_i$  den Output des Sektors  $i$ ,  $K_i, L_i$  den Kapital- und Arbeitseinsatz und  $V_{ji}$  die von Sektor  $j$  bezogenen Vorleistungsgüter bezeichnen und  $\alpha_{ji}, \Phi, \delta_i$  und  $\mu_i$  wieder Parameter darstellen. Gewinnmaximierendes oder kostenminimierendes Verhalten liefert dann die Güterangebots- und Faktornachfragefunktionen. Der Preismechanismus auf den Güter- und Faktormärkten übernimmt die Koordination der einzelwirtschaftlichen Entscheidungen, wobei in Mehr-Länder-Modellen für die gehandelten Güter und die international mobilen Faktoren die Weltmärkte relevant sind. Ein-Länder-Modelle werden dagegen geschlossen, indem zusätzlich zu den inländischen Nachfrage- und Angebotsfunktionen noch ausländische Exportnachfrage- und Importangebotsfunktionen spezifiziert werden.

Sofern von vollständiger Konkurrenz auf allen Märkten ausgegangen wird, greifen Modelle für offene Volkswirtschaften durchweg auf die sog. Armington-Annahme

<sup>8</sup>Vgl. etwa HIRTE und WIEGARD (1988) oder GOTTFRIED et al. (1990)

zurück. Diese geht davon aus, daß Güter nicht nur nach ihren physischen Eigenschaften unterschieden werden, sondern auch nach dem Ort der Produktion. Französische und deutsche Weine werden demnach als unterschiedliche, wenn auch eng substituierbare Güter behandelt.

Angesichts des enormen Aufschwungs industrieökonomischer Forschung in den letzten Jahren überrascht es nicht, daß das Konkurrenzmodell durch Modelle unvollkommenen Wettbewerbs ergänzt wurde. In ihren Untersuchungen zu den Auswirkungen des Free-Trade-Agreements zwischen den USA und Kanada modellierten HARRIS (1984) sowie COX und HARRIS (1985) zunehmende Skalenerträge und unvollkommenen Wettbewerb in einigen Industriesektoren. Fragen der ökonomischen Integration bei unvollkommenem Wettbewerb in Europa wurden von NORMAN (1990), GASIOREK, SMITH und VENABLES (1991) sowie MERCENIER (1995) behandelt. Wenn unvollständige Konkurrenz mit einer Produktdifferenzierungspolitik der Unternehmen einhergeht, läßt sich ein intrasektoraler Handel modellendogen erklären, so daß auf die Armington-Annahme verzichtet werden kann.

Auf einige finanzpolitische Anwendungen der statischen numerischen Gleichgewichtsmodelle wird im Abschnitt 3.4 eingegangen. Ihr Anwendungsbereich konzentriert sich hauptsächlich auf Fragestellungen, die eine weitgehende sektorale Disaggregation des Modells erforderlich machen. Probleme der Körperschaftsbesteuerung, die Frage nach der Überlegenheit von Konsum- oder Einkommensteuern, die Auswirkungen von Abschreibungsvergünstigungen oder steuerlichen Investitionsanreizen lassen sich sinnvoll nur in dynamischen Modellen untersuchen.

### **3.3 Sequentiell dynamische Modelle**

SHOVEN und WHALLEY, die Pioniere der angewandten Gleichgewichtsökonomie, waren es auch, die die ersten dynamischen numerischen Gleichgewichtsmodelle vorlegten, gemeinsam mit ihren Mitstreitern BALLARD und FULLERTON (z.B. FULLERTON, SHOVEN und WHALLEY (1983) oder BALLARD, FULLERTON, SHOVEN und WHALLEY (1985) ). Ihr Beitrag, der Anfang der 80er Jahre noch als großer Fortschritt gelten konnte, muß allerdings als mittlerweile überholt bezeichnet werden. Aus diesem Grund lohnt es auch nicht, auf diese Modellklasse ausführlicher einzugehen. Eine kurze Skizze des Grundansatzes und seiner Problematik sollten ausreichen.

Eine dynamische Komponente wurde durch zwei einfache und naheliegende Erweiterungen des statischen Ein-Perioden-Modells eingeführt. Zum einen wurde angenommen, daß die Ausstattungen der Haushalte mit Zeiteinheiten mit einer exogen spezifizierten, konstanten Wachstumsrate zunehmen. Zum anderen wurde auf den Nutzenbaum (1) ein zusätzlicher Ast gestülpt, auf dem zwischen heutigem aggregierten Konsum (einschließlich Freizeit) und einem Aggregat von zukünftigem Konsum entschieden wird. Damit ist implizit die Ersparnishöhe einer Periode bestimmt, an die sich die Kapitalbildung des Unternehmenssektors passiv anpaßt. Eine eigenständige Investitionsrechnung des Unternehmenssektors wird nicht formuliert; auf der Produktionsseite bleibt es beim statischen Entscheidungskalkül.

Die Dynamik des Modells wird also allein von der Haushaltsseite her bestimmt. Dies wäre noch akzeptabel. Kritisch ist allerdings die unterstellte Erwartungsbildung bei den intertemporalen Konsumententscheidungen. Unterstellt werden nämlich sog. myopische Erwartungen. Die Haushalte gehen davon aus, daß die Preise der laufenden Periode auch in allen nachfolgenden Perioden gelten. Diese Erwartungen erfüllen sich aber nur im langfristigen Wachstumsgleichgewicht, in dem die Sachkapitalbildung mit derselben Rate wächst wie die Zeitausstattung. Während des Anpassungspfades von einem Wachstumsgleichgewicht zum anderen ändern sich die Preise jedoch laufend. In jeder Periode müssen die Haushalte deshalb ihr intertemporales Optimierungsproblem wiederholen. Dabei begehen sie aber immer wieder denselben Fehler, indem sie die in der neuen Periode geltenden Preise wieder für die gesamte Zukunft erwarten. Die Konsumenten lernen nichts dazu, sie halten systematisch an ihren Irrtümern fest. Der Vorteil der Annahme myopischer Erwartungen liegt eigentlich nur im rechentechnischen Bereich. Da von unveränderten Preisen ausgegangen wird, lassen sich die temporären Marktgleichgewichte sequentiell berechnen. Der Anpassungspfad besteht aus einer Aneinanderreihung von Ein-Perioden-Gleichgewichten, die durch die Kapitalakkumulation verknüpft sind. Diesen rechentechnischen Vorteilen stehen aber massive ökonomische Nachteile gegenüber.

Derart naive Erwartungsbildungshypothesen passen nicht nur schlecht in ein Jahrzehnt, das wesentlich durch Modelle rationaler Erwartungen geprägt wurde, die daraus abgeleiteten Politikempfehlungen sind auch mit allergrößter Vorsicht aufzunehmen. Wenn sich die Haushalte nicht in für sie optimaler Weise an veränderte Rahmenbedingungen anpassen, hat dies unter Umständen einen beträchtlichen Einfluß auf den Verlauf des Anpassungspfades und die ermittelten Wohlfahrtsergebnisse. BALLARD und GOULDER (1985) und BALLARD (1987) haben den Übergang von einer Einkommensbesteuerung zur Konsumbesteuerung simuliert. Verbessert sich die Voraussicht der Konsumenten und antizipieren sie zukünftige Preisentwicklungen, vermindern sich die potentiellen Wohlfahrtsgewinne der untersuchten Steuerreform. Bei Annahme rationaler Erwartungen fallen die Wohlfahrtsgewinne im Vergleich zu myopischen Erwartungen um etwa 10 Prozent niedriger aus. Entscheidend für dieses Ergebnis ist jedoch die Annahme, daß es zu einem sofortigen Steuerregimewechsel kommt. Berücksichtigt man dagegen etwa eine Ankündigungsphase oder simuliert einen zeitlich gestreckten Übergang zur Konsumsteuer, so führen unterschiedliche Erwartungsbildungshypothesen zu wesentlich stärkeren Unterschieden bei den Wohlfahrtsergebnissen. Hinzu kommt, daß bestimmte Politikmaßnahmen bei myopischen Erwartungen überhaupt nicht sinnvoll untersucht werden können. Selbst gesetzlich fixierte (also glaubhafte) zukünftige Steueränderungen bleiben völlig ohne Einfluß auf die intertemporalen Konsumententscheidungen der Haushalte. Auch weigern sie sich zur Kenntnis zu nehmen, daß die laufende Verschuldungspolitik des States in Zukunft zu höheren Steuern oder niedrigeren Ausgaben führen muß. All das ist natürlich unter methodischen Gesichtspunkten äußerst dubios und unbefriedigend. Die vollständig dynamischen Simulationsmodelle weisen diese Mängel

nicht auf. Ihnen wenden wir uns jetzt zu.

### 3.4 Vollständig dynamische Modelle

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit einer Modellklasse, deren theoretische Struktur am weitesten fortgeschritten ist. In den letzten Jahren haben gerade in diesem Bereich die interessantesten Neuentwicklungen stattgefunden. Die vollständig dynamischen Gleichgewichtsmodelle unterscheiden sich vor allem durch zwei zentrale Merkmale von den zuvor behandelten sequentiell dynamischen Ansätzen. Erstens liegt den intertemporalen Entscheidungen aller Wirtschaftssubjekte nun eine rationale Erwartungsbildung zugrunde. Zweitens werden auch die Investitionsentscheidungen des Unternehmenssektors explizit aus einem intertemporalen Optimierungskalkül abgeleitet. Darüber hinaus wird von Anpassungskosten bei der Installation des neuen Kapitalstocks ausgegangen. Ersparnisbildung und Investitionsentscheidungen werden dann über funktionierende Kapitalmärkte koordiniert. Da das grundlegende Institutionskalkül allen Varianten der vollständig dynamischen Gleichgewichtsmodelle gemeinsam ist, soll es vorab im nächsten Unterabschnitt erläutert werden. Unterschiede existieren allerdings hinsichtlich der Modellierung der Haushaltsseite. Die sog. Ramsey-Modelle gehen von der Fiktion eines unendlich lebenden repräsentativen Konsumenten aus. Dem steht das Modell überlappender Generationen (OLG) gegenüber, das von einem endlichen Lebenshorizont ausgeht und eine Abfolge sich periodenweise überlappender Generationen betrachtet. Die OLG-Modelle selbst unterteilen sich dabei wieder in zwei Teilgruppen, von denen die eine von einem gegebenen, die andere von einem unsicheren Sterbenszeitpunkt ausgeht. Die Modellierung der Haushaltsseite in diesen unterschiedlichen Varianten wird in den nachfolgenden Abschnitten skizziert. Schließlich erläutern wir noch einige Aspekte der Modellierung des Staates und des Auslandes und gehen dann auf Möglichkeiten der numerischen Lösung von dynamischen Modellen ein. Zwar sind die numerischen Lösungstechniken – wie schon oben erwähnt – vom ökonomischen Standpunkt aus weitgehend uninteressant. Da bei den vollständig dynamischen Gleichgewichtsmodellen jedoch gewisse numerische Probleme auftreten können, erscheint eine kurze Erläuterung gerechtfertigt.

Erwähnt sei noch einmal, daß unser Überblick selektiv ist. Zum einen berücksichtigen wir keine Modelle mit stochastischen Einflüssen, die vor allem in der Real-Business-Cycle Literatur eine wichtige Rolle spielen. Einen Einstieg in diese Methodik und einen kurzen Überblick zu aktuellen Arbeiten hierzu liefern ALTIG et al. (1995) sowie HEINEMANN (in diesem Band). Zum anderen ist das Bevölkerungs- bzw. Produktivitätswachstum in allen nachfolgend diskutierten Arbeiten exogen vorgegeben. Ausgeklammert werden damit alle endogenen Wachstumsmodelle, in denen Reformen der Fiskalpolitik auch die langfristige Wachstumsrate beeinflussen. Stellvertretend seien hier etwa die Arbeiten von LUCAS (1990), JONES et al. (1993) oder DEVEREUX und LOVE (1994) genannt.

### 3.4.1 Mikroökonomische Fundierung der Investitionsnachfrage

Während in den sequentiell dynamischen Modellen die Höhe der Ersparnisbildung das Investitionsvolumen determiniert, wird in vollständig dynamischen Modellen die Investitionsnachfrage aus dem intertemporalen Optimierungskalkül der Unternehmen abgeleitet. Inzwischen verwenden nahezu alle Arbeiten die von TOBIN (1969) entwickelte  $Q$ -Theorie der Investitionen. Sie besagt, daß Investitionen solange getätigt werden, wie der damit verbundene Anstieg des Marktwertes des Unternehmens die Wiederbeschaffungskosten des physischen Kapitalstocks übersteigt.  $Q$  bezeichnet das Verhältnis des Marktwertes zu den Wiederbeschaffungskosten des Kapitalstocks. HAYASHI (1982) hat diese Investitionstheorie aus dem Optimierungskalkül der Firma unter Berücksichtigung von Anpassungskosten abgeleitet und die Bedingungen aufgezeigt, unter welchen das durchschnittliche und das marginale  $Q$  übereinstimmen. Schließlich hat SUMMERS (1981a) ein modifiziertes  $Q$  entwickelt, das vergleichsweise detaillierte steuerliche Regelungen auf der Unternehmensseite berücksichtigt.

Da dieser Ansatz vielleicht weniger geläufig ist, sollen im folgenden die einzelnen Schritte zur Herleitung der Investitionsfunktion etwas ausführlicher nachvollzogen werden. Die wichtigste Annahme ist dabei, daß die Manager der repräsentativen Firma im Ausgangszeitpunkt  $t$  den Unternehmenswert  $V_t$  maximieren. Um diesen zu bestimmen, beginnen wir mit einer einfachen Arbitragebedingung auf dem Kapitalmarkt:

$$(1 - t_s^d)DIV_s + (1 - t_s^g)(V_{s+1} - V_s - \tilde{V}_s) = (1 - t_s^r)r_s V_s. \quad (3)$$

Investoren kaufen dann Firmenanteile, wenn sie damit einen größeren oder zumindest denselben Ertrag erwirtschaften können wie bei alternativen Anlagen. Die linke Seite der Gleichung (3) zeigt den Ertrag nach Steuern, den die Firmeneigner in der Periode  $s$  erhalten. Er setzt sich zusammen aus den Dividendenauszahlungen  $DIV_s$ , die mit dem Steuersatz  $t_s^d$  belastet werden sowie den Kursgewinnen für die Altaktionäre, die einer Wertzuwachssteuer unterworfen werden. Die Bemessungsgrundlage für diese Steuer ist der Kursgewinn in der Periode  $s$  abzüglich der Einnahmen aus Neuemissionen von Aktien  $\tilde{V}_s$ . Die rechte Seite zeigt den Nettoertrag an, den ein Investor erhält, der am Ende der Periode  $s - 1$  den Betrag  $V_s$  in festverzinslichen Wertpapieren zum Zinssatz  $r_s$  angelegt hat. Der Zinssteuersatz in diesem Fall beträgt  $t_s^r$ .

Durch Vorwärtssubstitution der Gleichung (3) – unter Beachtung der Transversalitätsbedingung, welche eine explosive Entwicklung von  $V_t$  ausschließt – erhält man einen Ausdruck für den Firmenwert in der Ausgangsperiode  $t$ ,

$$V_t = \sum_{s=t}^{\infty} \left\{ \left( \frac{1 - t_s^d}{1 - t_s^g} \right) DIV_s - \tilde{V}_s \right\} R_s \quad \text{mit} \quad R_s = \prod_{j=t}^s \left[ 1 + \left( \frac{1 - t_j^r}{1 - t_j^g} \right) r_j \right]^{-1} \quad (4)$$

der gleich der abdiskontierten Summe der an die Anteilseigner strömenden Zahlungen ist. Als nächstes muß die Dividenden- und Finanzierungspolitik der Firma

spezifiziert werden. Wir nehmen an, daß die Firma konstante Anteile ihrer Nettoinvestitionen durch Emission von Aktien und Schuldtiteln finanziert und den verbleibenden Betrag durch einbehaltene Gewinne abdeckt. Bei dieser Modellierung wird also die Dividendenauszahlung über die folgende Identität endogenisiert<sup>9</sup>:

$$DIV_s + I_s + T_s = \Pi_s + \tilde{B}_s + \tilde{V}_s. \quad (5)$$

Die Firma erzielt danach Einnahmen aus dem Cash-flow  $\Pi_s$  und der Neuausgabe von Schuldtiteln  $\tilde{B}_s$  und Aktien  $\tilde{V}_s$ . Diese werden verwendet für Dividenden, Investitionen  $I_s$  und die Begleichung der Körperschaftsteuerschuld  $T_s$ . Der Cash-flow ergibt sich als Differenz zwischen Produktionswert  $Y_s$  und der Entlohnung des Produktionsfaktors Arbeit sowie den Zinszahlungen für Schuldtitel gemäß

$$\Pi_s = Y_s - w_s L_s - r_s B_s. \quad (6)$$

Die Bemessungsgrundlage der Körperschaftsteuer erhält man, indem vom Cash-flow noch die Abschreibungen und ein Teil der Investitionsausgaben abgezogen wird, so daß sich die Steuerschuld als

$$T_s = \tau_s [\Pi_s - \delta K_s - e_s I_s], \quad (7)$$

ergibt, wobei  $\tau_s$  den Körperschaftsteuersatz,  $\delta$  die Rate der ökonomischen Abschreibung und  $e_s$  den Anteil der Investitionsausgaben bezeichnet, der steuerlich abzugsfähig ist<sup>10</sup>.

Für die Dividendenauszahlung ergibt sich nun der folgende Ausdruck

$$DIV_s = (1 - \tau_s)\Pi_s + \tau_s(\delta K_s + e_s I_s) - (1 - \alpha - \beta)I_s - (\alpha + \beta)\delta K_s. \quad (8)$$

Die Parameter  $\alpha$  und  $\beta$  geben die Anteile der Nettoinvestitionen an, die jeweils durch Aktien und Schuldtitel finanziert werden<sup>11</sup>. Schließlich nehmen wir an, daß die Produktionstechnologie durch

$$Y_s = F(K_s, L_s) - \Phi(I_s, K_s) \quad (9)$$

beschrieben wird. Der Output wird also durch den Einsatz von Kapital und Arbeit produziert; allerdings verursachen die Investitionen Anpassungskosten in Form von Outputverlusten. Das Unternehmen muß also einen Teil seiner Ressourcen für die

---

<sup>9</sup>Alternativ kann man auch ein konstantes Dividendenauszahlungsverhältnis unterstellen und die Neuemissionen endogen bestimmen, vgl. dazu etwa GOULDER und SUMMERS (1989) oder KEUSCHNIGG (1991a).

<sup>10</sup>Wir unterstellen also zur Vereinfachung, daß sich ökonomische und steuerliche Abschreibungsrate nicht unterscheiden.

<sup>11</sup>Grundsätzlich wäre es natürlich auch möglich, den Verschuldungsgrad optimal zu bestimmen, indem etwa Agency-Kosten modelliert werden, vgl. dazu etwa BROER und WESTERHOUT (1993) oder HUTTON und KENC (1995).

Installation des neuen Kapitals einsetzen – man denke bspw. an Mitarbeiterschulung – und kann daher weniger Output produzieren<sup>12</sup>. Die Installationsfunktion  $\Phi(\cdot)$  sei linear homogen in  $K_s$  und  $I_s$  und konvex in  $I_s$ , so daß die marginalen Investitionskosten mit der Investitionshöhe ansteigen.

Die Firmenmanager maximieren den Wert der Firma  $V_t$  durch Einsatz von Arbeit und Investitionen unter Berücksichtigung der Kapitalakkumulationsbedingung

$$K_{s+1} = (1 - \delta)K_s + I_s. \quad (10)$$

Die dazugehörige Hamiltonfunktion in Gegenwartswerten lautet somit

$$\mathcal{H}_s = \left\{ \left( \frac{1 - t_s^d}{1 - t_s^g} \right) DIV_s - \tilde{V}_s + q_{s+1}(I_s - \delta K_s) \right\} R_s, \quad (11)$$

wobei  $q_{s+1}$  den Schattenpreis des Kapitalstocks bezeichnet, der die marginale Bewertung der Zustandsvariablen  $K_{s+1}$  angibt. Für ein Optimum müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein

$$\frac{\partial \mathcal{H}_s}{\partial L_s} = 0 \quad \frac{\partial \mathcal{H}_s}{\partial I_s} = 0 \quad \frac{\partial \mathcal{H}_s}{\partial K_s} = -(R_s q_{s+1} - R_{s-1} q_s).$$

Nach Einsetzen der Gleichung (8) und Differentiation erhält man nach einigen Umformungen

$$F_{L_s} = w_s \quad (12)$$

$$(1 - t_s^g)[q_{s+1} - \alpha] = (1 - t_s^d)[1 - \alpha - \beta + (1 - \tau_s)\Phi_{I_s} - \tau_s e_s] \quad (13)$$

$$(1 - t_s^r)r_s q_s = (1 - t_s^d) \left\{ (1 - \tau_s)[F_{K_s} - \Phi_{K_s} - r_s \beta] + \tau_s \delta - (\alpha + \beta)\delta \right\} + (1 - t_s^g) \left\{ (1 - \delta)q_{s+1} - q_s + \alpha \delta \right\}. \quad (14)$$

Diese notwendigen Bedingungen haben eine klare ökonomische Interpretation. Gleichung (12) besagt, daß die optimale Arbeitsnachfrage in jedem Zeitpunkt durch die Gleichheit von Grenzprodukt und Reallohnsatz charakterisiert ist. Gleichung (13) steuert die optimale Investitionshöhe. Firmen werden solange investieren, bis die marginalen Erträge der Investition gleich den marginalen Kosten sind. Die marginalen Erträge bestehen in der Zunahme des Firmenwertes bei einer zusätzlichen Kapitaleinheit abzüglich des durch Neuemission finanzierten Anteils, der den Neuktionären zufließt. Diese Wertsteigerung wird mit dem Gewinnsteuersatz belastet. Die Kosten einer zusätzlichen marginalen Investition für die Aktionäre bestehen in

---

<sup>12</sup>Alternativ könnten auch Teile der neuen Kapitalgüter im Rahmen der Installation direkt verbraucht werden, vgl. BOVENBERG (1988, 1989).

den verminderten Dividendenzahlungen, die im eckigen Klammerausdruck auf der linken Seite erscheinen. Zunächst wird der Anteil  $1 - \alpha - \beta$  durch einbehaltene Gewinne finanziert. Hinzu kommen die marginalen Anpassungskosten, die jedoch ebenso wie der Anteil  $e_s$  von der Steuerbemessungsgrundlage abgezogen werden können. Dividendensteuern vermindern die Kosten der Anteilseigner entsprechend. Gleichung (14) stellt sicher, daß Investoren indifferent sind zwischen Anlagen in Finanzkapital und Sachkapital. Die linke Seite gibt die Nettoverzinsung am Ende der Periode  $s$  an, wenn ein Investor in der Vorperiode den Betrag  $q_s$  in Finanzkapital angelegt hat. Derselbe Betrag wird auch bei einer Anlage in Sachkapital erwirtschaftet. Die rechte Seite von Gleichung (14) zeigt den Nettoertrag aus erhöhten Dividendenausschüttungen und Kurssteigerungen der Aktien. Durch Umstellung und Vorwärtssubstitution erhält man daraus den marginalen Wert einer zusätzlichen Einheit des Kapitalstocks im Ausgangszeitpunkt  $t$  gemäß

$$q_t = \sum_{s=t}^{\infty} (1 - \delta)^{s-t} \left\{ \left( \frac{1 - t_s^d}{1 - t_s^g} \right) \left[ (1 - \tau_s) \{ \cdot \} + \tau_s \delta - (\alpha + \beta) \delta \right] + \alpha \delta \right\} R_s. \quad (15)$$

Wie nicht anders zu erwarten, ergibt sich der Wert einer Kapitaleinheit aus der abdiskontierten Summe der zusätzlichen Nettoprofiten, welche Altaktionären und neuen Anteilseignern in allen künftigen Perioden zufließen. HAYASHI (1982) hat außerdem gezeigt, daß unter gewissen Bedingungen das (unbeobachtbare) marginale  $q_t$  gleich dem durchschnittlichem (beobachtbarem)  $Q$  ist:

$$q_t = Q_t = \frac{V_t}{K_t}. \quad (16)$$

Somit kann das marginale  $q_t$  auch als Preis der Eigenkapitalanteile definiert werden. Um nun eine analytische Lösung für die Investitionsnachfrage zu erhalten, unterstellen wir die folgende Anpassungskostenfunktion

$$\Phi(I_s, K_s) = \frac{b}{2} \left( \frac{I_s}{K_s} - \delta \right)^2 K_s, \quad (17)$$

mit  $b$  als Anpassungskostenparameter. Installationskosten fallen also nur dann an, wenn die Investitionsquote von der ökonomischen Abschreibungsrate des Kapitalstocks abweicht. Bleibt der Kapitalstock über die Jahre konstant, so ergeben sich auch keinerlei Anpassungskosten. Als nächstes wird Gleichung (17) in (13) eingesetzt und nach der Investitionsquote aufgelöst

$$\frac{I_s}{K_s} = \delta + \frac{1}{(1 - \tau_s)b} \left[ \left( \frac{1 - t_s^g}{1 - t_s^d} \right) (Q_{s+1} - \alpha) - (1 - \alpha - \beta - \tau_s e_s) \right]. \quad (18)$$

Ein Investitionsanreiz über den natürlichen Kapitalverschleiß hinaus besteht also genau dann, wenn die Steigerung des Firmenwertes aus der zusätzlich investierten

Kapitaleinheit die Anschaffungskosten nach Steuern übersteigt. Die Investitionsrate ist dabei umso geringer, je höher die Anpassungskosten sind, d.h. je größer der Parameter  $b$  ist. Hohe Anpassungskosten führen also zu einer zeitlichen Streckung der Investitionen. Diese Eigenschaften sind ganz entscheidend für die Wohlfahrts- effekte von Steuerreformen. Eine beschränkte intersektorale Kapitalmobilität aufgrund von Anpassungskosten dämpft einerseits die Anpassung der sektoralen Kapitalstöcke, gleichzeitig reagieren jedoch die Kapitalpreise gemäß Gleichung (15) umso heftiger. Die Effizienz- und Verteilungskonsequenzen einer bestimmten Politikreform werden dadurch erheblich beeinflusst.

### 3.4.2 Die Konsum-Ersparnis-Entscheidung auf der Haushaltsseite

Das Verhalten der Konsumenten kann durch verschiedene Modellvarianten abgebildet werden. Ist man nur an den Effizienz- und nicht an den Verteilungseffekten einer Politikreform interessiert, so verwendet man die auf RAMSEY (1928) zurückgehende einfachere Formulierung mit einem repräsentativen Agenten, der seine Nutzenfunktion über einen unendlichen Planungshorizont maximiert. Demgegenüber lassen sich in OLG-Modellen sowohl die Effizienz- als auch die interpersonellen und intergenerativen Verteilungswirkungen ermitteln. Dazu stehen grundsätzlich zwei Alternativen zur Auswahl. Basierend auf den Arbeiten von SAMUELSON (1958), und DIAMOND (1965) unterstellt die Mehrzahl der numerisch spezifizierten OLG-Modelle eine identische Lebenszeit für alle Generationen. Einige neuere Studien verwenden jedoch auch den Ansatz von BLANCHARD (1985), in dem der Sterbezeitpunkt nicht bekannt ist und lediglich über die erwartete Lebenszeit optimiert werden kann. Im folgenden werden die zentralen Bestandteile sowie die Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten kurz diskutiert.

#### Ramsey-Modelle mit einem repräsentativen Agenten

In Modellen mit repräsentativen Agenten wird die Konsum-, Arbeitsangebots- und Sparentscheidung für die einzelnen Perioden denkbar einfach abgeleitet. Der Haushalt maximiert seine intertemporal separable Nutzenfunktion im Zeitpunkt  $t$  unter der Nebenbedingung, daß der Gegenwartswert des Finanz- und Humankapitals für aggregierten Periodenkonsum ausgegeben wird:

$$\max U_t = \frac{\sigma}{\sigma - 1} \sum_{s=t}^{\infty} \frac{1}{(1 + \rho)^{s-t}} C_s^{(\sigma-1)/\sigma} \quad \text{u.d.N.B.} \quad \sum_{s=t}^{\infty} p_s C_s R_s = W_t. \quad (19)$$

Der Parameter  $\sigma$  bezeichnet die intertemporale Substitutionselastizität,  $\rho$  die Zeitpräferenzrate und  $C_s$  ein aggregiertes Konsumgut, dessen optimale Zusammensetzung wie im statischen Modell bestimmt wird. In der Budgetbeschränkung ist  $p_s$  der Preisindex des aggregierten Konsumgutes,  $R_s$  definiert wieder den Diskontierungsfaktor und  $W_t$  den Gegenwartswert der gesamten Ausstattung, d.h.

$$W_t = (1 + r_s)A_t + \sum_{s=t}^{\infty} (w_s \bar{F} - T_s^h) R_s \quad \text{wobei} \quad R_s = \begin{cases} 1 & s = t \\ \prod_{j=t+1}^s (1 + r_j)^{-1} & s > t. \end{cases} \quad (20)$$

$A_t$  ist das Finanzkapital in der Anfangsperiode,  $\bar{F}$  die gesamte periodische Zeitausstattung und  $T_s^h$  eine Lump-sum Steuer, die hier zur Vereinfachung unterstellt wird. Aus den Bedingungen erster Ordnung zur Lösung dieses Optimierungsproblems erhält man zunächst die Bewegungsgleichung für das Konsumaggregat

$$C_s = \left( \frac{p_t \prod_{j=t+1}^s (1 + r_j)}{p_s (1 + \rho)^{s-t}} \right)^\sigma C_t. \quad (21)$$

Ein Anstieg der künftigen Zinssätze erhöht den künftigen Konsum relativ zum laufenden Konsum, ein künftiger Preisanstieg wirkt genau umgekehrt. Setzt man nun Gleichung (21) in die Budgetbeschränkung ein, so erhält man die folgende Konsumfunktion

$$C_t = \Gamma_t W_t / p_t \quad \text{wobei} \quad \Gamma_t = \left[ \sum_{s=t}^{\infty} \left( \frac{p_t}{p_s} \right)^{\sigma-1} (1 + \rho)^{\sigma(t-s)} R_s^{1-\sigma} \right]^{-1}. \quad (22)$$

Die marginale Konsumneigung  $\Gamma_t$  ist damit eine Funktion aller laufenden und künftigen Konsumgüterpreise sowie der Zinssätze. Der Vorteil besteht nun darin, daß ausgehend von einem Steady-state Zustand das Optimierungsproblem nur einmal gelöst werden muß. Die Nachfrage muß nicht über unterschiedliche Haushalte aggregiert werden, wodurch sich der technische Aufwand erheblich vereinfacht. Hinzu kommt, daß die Konvergenz zum neuen Steady-state wesentlich schneller erfolgt als im Modell mit überlappenden Generationen. Auf der Angebotsseite kann somit eine stärkere sektorale Disaggregation vorgenommen werden. Dieser Modelltyp wird daher vor allem für Besteuerungsprobleme verwendet, bei denen die intertemporalen und intersektoralen Allokationswirkungen untersucht werden. LARRY GOULDER hat ein solches Simulationsmodell aufgebaut und auf zwei Länder erweitert, so daß auch Umverteilungseffekte verschiedener Steuerpolitiken zwischen Ländern erfaßt werden können, vgl. etwa GOULDER und SUMMERS (1989), GOULDER und EICHENGREEN (1992), GOULDER und THALMANN (1993) sowie BOVENBERG und GOULDER (1993).

### OLG-Modelle vom Auerbach-Kotlikoff Typ

Modelle mit überlappenden Generationen bilden die Nachfrageseite wesentlich detaillierter ab als Modelle mit einem repräsentativen Agenten. In einer Periode leben zwei oder mehr Generationen unterschiedlichen Alters, deren Lebenszeit begrenzt und denen der jeweilige Todeszeitpunkt bekannt ist. AUERBACH et al. (1983) und AUERBACH und KOTLIKOFF (1987) haben erstmals den vollständigen Anpassungspfad für ein derartiges Modell berechnet<sup>13</sup>. Da nun unterschiedliche Haushalte in

<sup>13</sup>SUMMERS (1981b) hat zwar als erster das Modell numerisch spezifiziert, aber lediglich einen Vergleich der Steady-states durchgeführt.

jeder Periode den Lebenszeitnutzen unter Berücksichtigung ihrer Lebenszeitbudgetbeschränkung maximieren, wird zusätzlich der Index  $i$  eingeführt, welcher das Alter der Generation zum Zeitpunkt  $t$  angibt, d.h.

$$\max U_{i,t} = \frac{\sigma}{\sigma - 1} \sum_{a=i}^T \frac{1}{(1 + \rho)^{a-i}} C_{a,s}^{(\sigma-1)/\sigma} \quad \text{u.d.N.B.} \quad \sum_{a=i}^T p_s C_{a,s} R_s = W_{i,t}. \quad (23)$$

Der Zeitindex  $s = t + a - i$  bezeichnet dabei künftige Zeitpunkte. Eine Generation stirbt also im Alter von  $T$  Jahren. Ebensoviele unterschiedliche Generationen leben auch in jeder Periode. Die Konsumfunktion lautet dann

$$C_{i,t} = \Gamma_{i,t} W_{i,t} / p_t \quad \text{mit} \quad \Gamma_{i,t} = \left[ \sum_{a=i}^T \left( \frac{p_t}{p_s} \right)^{\sigma-1} (1 + \rho)^{\sigma(i-a)} R_s^{1-\sigma} \right]^{-1}. \quad (24)$$

Aufgrund der beschränkten Lebenszeit unterscheidet sich die marginale Konsumneigung zwischen den einzelnen Generationen innerhalb einer Periode. Nach einer Politikveränderung in Periode  $t$  muß also für alle in dieser Periode lebenden und für die künftig geborenen Generationen das Verhalten neu bestimmt werden. Nachfrage- bzw. Angebotsentscheidungen der Haushalte sind also sowohl perioden- als auch generationenspezifisch. Innerhalb einer Periode müssen daher die individuellen Entscheidungsvariablen der einzelnen Generationen aggregiert werden, um die gesamtwirtschaftlichen Größen zu erhalten. Dies ist ein vergleichsweise aufwendiges Verfahren, allerdings kann damit das Lebenszyklusverhalten ziemlich genau abgebildet werden. Wegen der komplexen Struktur auf der Haushaltsseite wird die Unternehmensseite zumeist nur durch einen Sektor abgebildet<sup>14</sup>. Es liegt auf der Hand, daß derartige Modelle vornehmlich für Fragestellungen verwendet werden, bei welchen die intergenerative Umverteilung im Vordergrund steht. Untersuchungen zur Problematik der Rentenversicherungssysteme oder zur Staatsverschuldung werden fast durchweg mit diesen Modellen durchgeführt.

### OLG-Modelle vom Blanchard Typ

Diese Variante kann man als Kompromiß zwischen den beiden bisher beschriebenen Extremfällen interpretieren. Nun stirbt in jeder Periode ein Anteil  $\theta$  einer jeden Generation und gleichzeitig wird wieder eine neue Generation mit  $\theta$  Individuen geboren. Grundsätzlich handelt es sich also um einen Spezialfall des Modells mit überlappenden Generationen. Während im AUERBACH-KOTLIKOFF Modell lediglich die letzte Generation eine Sterbewahrscheinlichkeit von eins hat, ist sie in diesem Modell für alle Generationen identisch. Die nicht altersspezifische Sterbewahrscheinlichkeit hat zweierlei Konsequenzen, welche die Aggregation entscheidend erleichtern. Einerseits impliziert sie eine demographische Struktur, bei der zwar in jeder Periode unendlich viele Generationen leben, die Gesamtbevölkerung

<sup>14</sup>Eine Ausnahme stellt etwa GRAVELLE und KOTLIKOFF (1995) dar. Allerdings werden hier nur zwei langfristige Wachstumsgleichgewichte verglichen.

jedoch immer auf eins normiert bleibt. Andererseits haben alle zu einem Zeitpunkt lebenden Generationen dieselbe noch verbleibende Lebenserwartung von  $\theta^{-1}$  Perioden. Somit ist die marginale Konsum- bzw. Arbeitsangebotsentscheidung in einer Periode nicht mehr altersabhängig. Jeder Haushalt  $i$  maximiert im Zeitpunkt  $t$  die folgende Nutzenfunktion

$$\max U_{i,t} = \frac{\sigma}{\sigma - 1} \sum_{a=i}^{\infty} \left( \frac{1 - \theta}{1 + \rho} \right)^{s-i} C_{a,s}^{(\sigma-1)/\sigma} \quad \text{u.d.N.B.} \quad \sum_{a=t}^{\infty} p_s C_{a,s} \tilde{R}_s = W_{i,t}. \quad (25)$$

Auch in der Budgetbeschränkung verändert die Sterbewahrscheinlichkeit die Diskontierung künftiger Ein- und Ausgabenströme. Dies ist auf die faire Versicherung der Individuen zurückzuführen, die wie ein Pensionsfond funktioniert, der sofort mit seinen Auszahlungen beginnt: Im Todesfall erhält die Versicherung das gesamte verbleibende Vermögen des gestorbenen Haushalts einschließlich der Verzinsung. Insgesamt erzielt sie daher Einnahmen in Höhe von  $A_s(1 + r_s)\theta$ , wobei  $A_s$  nun das aggregierte Vermögen der Volkswirtschaft zum Zeitpunkt  $s$  bezeichnet. Die Versicherung leitet nun diese Erträge an die "Überlebenden" weiter und zwar proportional zu deren Vermögensbestand. Die "Versicherungsprämie" beträgt daher

$$\frac{A_s(1 + r_s)\theta}{(1 - \theta)A_s} = \frac{1 + r_s}{1 - \theta} \theta. \quad (26)$$

Ein "überlebender" Haushalt erhält daher für seine Ersparnisse neben der üblichen Verzinsung noch die Prämienzahlung der Versicherung, d.h.

$$1 + r_s + \frac{1 + r_s}{1 - \theta} \theta = \frac{1 + r_s}{1 - \theta} = \frac{\tilde{R}_{s-1}}{\tilde{R}_s}. \quad (27)$$

Als Konsumfunktion erhält man nun wieder

$$C_{i,t} = \Gamma_t W_{i,t} / p_t \quad \text{mit} \quad \Gamma_t = \left[ \sum_{a=i}^{\infty} \left( \frac{p_t}{p_s} \right)^{\sigma-1} (1 + \rho)^{\sigma(i-a)} \tilde{R}_s^{1-\sigma} \right]^{-1}. \quad (28)$$

Die Vorteile dieses Modelltyps liegen klar auf der Hand: Einerseits leben unendlich viele Generationen innerhalb einer Periode, so daß die intergenerativen Umverteilungseffekte einer Politik berücksichtigt werden, gleichzeitig kann man jedoch direkt die aggregierten Gleichungen auf der Haushaltsseite für die Simulation verwenden. Dadurch ist es möglich, die Unternehmensseite detaillierter zu modellieren. Aus dem Umkreis des Kopenhagener EPRU Institutes stammen mehrere Simulationsmodelle, welche mit dem BLANCHARD-Ansatz arbeiten, vgl. FREDERIKSEN (1994, 1996), JENSEN et al. (1994, 1996), JENSEN (1996) sowie KEUSCHNIGG und KOHLER (1995, 1996). Sie weisen durchwegs mehrere Produktionssektoren aus, einige davon berücksichtigen zusätzlich Lohnsetzung durch Gewerkschaften auf dem Arbeitsmarkt oder heterogene Haushalte innerhalb einer Generation (vgl. etwa JAMES, 1995).

Die Verwendung der aggregierten Variablen auf der Haushaltsseite hat jedoch auch seine Kosten. Nachteilig wirkt sich vor allem aus, daß eine explizite Behandlung einzelner Generationen von vornherein ausgeschlossen ist, sobald dies die Aggregation beeinträchtigt. Eine ganze Reihe von Problemstellungen kann deshalb mit diesem Modelltyp nicht behandelt werden. Dazu gehört bspw. ein progressives Steuersystem mit individuellen marginalen Steuersätzen, eine explizite Modellierung des Zusammenwirkens von staatlichem und privatem Altersversicherungssystemen oder etwa eine endogene Humankapitalbildung. Schließlich können mit diesem Ansatz im Gegensatz zum AUERBACH-KOTLIKOFF Modell keine demographischen Entwicklungen abgebildet werden. Da die Bevölkerung immer konstant bleibt, können wichtige Fragestellungen etwa hinsichtlich der künftigen Belastungen durch das Rentensystem oder im Bereich Generational Accounting gar nicht erfaßt werden.

### **3.4.3 Der Staatliche Sektor und die Berücksichtigung des Auslandes**

Dynamische Simulationsmodelle weisen auch gegenüber statischen Modellen einige Besonderheiten auf, was die Abbildung des staatlichen Sektors und des Auslandes betrifft. Die Regierung muß nun nicht mehr die periodische, sondern die intertemporale Budgetbeschränkung erfüllen. Der Gegenwartswert der künftigen Steuereinnahmen muß daher gleich sein dem aktuellen Schuldenstand und dem Gegenwartswert der künftigen Staatsausgaben. Die Regierung kann Defizite anhäufen und Überschüsse erwirtschaften, solange diese Bedingung erfüllt ist. Wird einmal von selbstfinanzierten Steuersenkungen abgesehen, so geht eine Steuersenkung in der laufenden Periode immer mit einer Steuererhöhung in der Zukunft einher. Die Analyse von öffentlichen Defiziten und den daraus resultierenden Verteilungskonsequenzen wird daher erst in dynamischen Modellen möglich. Gleiches gilt natürlich auch für umlagefinanzierte Rentensysteme, deren Wirkungsweise bekanntlich ganz ähnlich ist.

Die Effekte staatlicher Politikreformen in einer geschlossenen Volkswirtschaft können sich sehr stark von denen einer offenen Volkswirtschaft unterscheiden. Einerseits können über die Terms-of-Trade und über internationale Kapitalbewegungen ganz neue Übertragungskanäle auftreten, andererseits sind neben den langfristigen intergenerativen nun auch internationale Verteilungswirkungen zu beachten. Zunehmend werden daher Simulationsmodelle entwickelt, die diesen Aspekten Rechnung tragen. Zweierlei Arten von Modellen kann man dabei unterscheiden: Bei kleinen offenen Volkswirtschaften wird das Ausland nicht explizit modelliert, sondern nur der Zinssatz exogen vorgegeben, bei großen offenen Volkswirtschaften wird das Ausland symmetrisch zum Inland modelliert und der Zinssatz auf dem internationalen Kapitalmarkt endogen bestimmt. Zu beachten ist die unterschiedliche Mobilität zwischen Finanzkapital und physischem Kapital. In der Regel ist Finanzkapital international vollkommen mobil, während die Mobilität von physischem Kapital auch international durch Anpassungskosten eingeschränkt ist. Der Weltzinssatz ist dann immer einheitlich, jedoch können die nationalen Grenzprodukte des Kapitals infolge hoher Anpassungskosten während der Übergangszeit beträchtlich divergieren. Wie

schon in der geschlossenen Volkswirtschaft hat dies natürlich ganz entscheidende Konsequenzen für die kurz- und mittelfristige Inzidenzwirkung verschiedener Steuerreformen. Verschiedentlich werden in- und ausländische Kapitalgüter als unvollständige Substitute behandelt. Entweder wird diese Variante wie bei PERRAUDIN und PUJOL (1991) quasi ad hoc modelliert oder man erhält die optimale Portfoliozusammensetzung aus der Maximierung einer Portfoliopräferenzfunktion, die in die Nutzenfunktion eingebettet wird, vgl. die oben genannten GOULDER Modelle sowie BETTENDORF (1995). Dieser Ansatz liefert zwar Differenzen zwischen dem in- und ausländischem Zinssatz, ob damit allerdings internationale Risikoprämien geeignet abgebildet werden, erscheint zumindest fraglich. Konsistent können unterschiedliche Risikoeigenschaften nur in einem explizit stochastischen Modellrahmen modelliert werden.

#### **3.4.4 Die Implementierung des theoretischen Modells**

Bevor das Simulationsmodell numerisch gelöst werden kann, sind zunächst die Parameter der Angebots- und Nachfrageseite festzulegen. Eine Kalibrierung aus einem mikrokonsistenten Datensatz wie bei den statischen Modellen erfolgt in der Regel nur bei Studien mit einem repräsentativen Agenten. Bei Modellen mit überlappenden Generationen ist die Vorgehensweise genau umgekehrt. Hier werden die zentralen Verhaltens-, Technologie- und Steuerparameter sowie die periodischen Zeitbudgets vorgegeben, um ein Ausgangsgleichgewicht zu bestimmen. Dabei ist es sinnvoll, zwei Gleichgewichtskonzepte zu unterscheiden. Intratemporale Gleichgewichte zeichnen sich dadurch aus, daß bei gegebenen Erwartungen für die künftigen Preise alle Märkte innerhalb einer Periode geräumt sind. Im intertemporalen Gleichgewicht (Steady state) entwickelt sich die Volkswirtschaft entlang eines gleichgewichtigen Wachstumspfad, die Pro-Kopf Variablen bleiben dadurch über die Zeit konstant. Die numerische Lösung eines intertemporalen Gleichgewichtmodells erfolgt daher in drei Stufen, vgl. etwa AUERBACH und KOTLIKOFF (1987, 46-50). Zunächst wird das intertemporale Gleichgewicht vor und nach dem Politikeingriff berechnet. Die langfristigen Gleichgewichte sind relativ einfach zu ermitteln, da hier die künftigen (Lead-) Werte der einzelnen Variablen gleich den laufenden Werten gesetzt werden. Allerdings kann das Endgleichgewicht nicht immer unabhängig von der vorausgehenden Übergangsphase berechnet werden<sup>15</sup>. Erst die dritte Stufe, nämlich die Berechnung des Übergangspfades zwischen altem und neuem intertemporalem Gleichgewicht, wird von der Annahme rationaler Erwartungen entscheidend geprägt. Die intratemporalen Gleichgewichte entlang des Anpassungspfades müssen nun für alle Perioden simultan bestimmt werden. Zuerst wird ein Vektor mit den Erwartungswerten der zentralen Leadvariablen Kapitalstock, Arbeitsangebot und dem jeweils endogenen Steuersatz zwischen dem alten und dem neuen Steady state aufgespannt. Basierend auf diesen Erwar-

---

<sup>15</sup>Wird bspw. einer temporäre Steuersenkung mittels Staatsverschuldung finanziert, so ist die Höhe der Staatsverschuldung im neuen intertemporalen Gleichgewicht von Umfang und Dauer der Steuersenkung abhängig.

tungen werden dann nacheinander Vektoren für Löhne, Zinsen, Steuersätze, Gegenwartseinkommen, Konsum, Arbeitsangebot und Ersparnisse berechnet. Unter Umständen müssen noch staatliche Schuldtitel und/oder ausländische Wertpapiere berücksichtigt werden, um aus dem temporären Kapitalmarktgleichgewicht den neuen Kapitalstockvektor abzuleiten. Die Gleichgewichtslösung wird nun mit den Ausgangswerten verglichen. Wenn der Unterschied ein vorgegebenes Konvergenzkriterium überschreitet, werden die Leadvariablen bspw. nach Gauss-Seidel-Art neu bestimmt, um eine neue Gleichgewichtslösung zu berechnen. Dieses Iterationsverfahren wird solange wiederholt bis der Unterschied zwischen erwarteten und realisierten Werten vernachlässigbar wird. Der Fixpunkt dieser Iterationen ergibt den gleichgewichtigen Pfad des Modells bei rationalen Erwartungen. Sind die Gleichgewichte auf den Kapital- und Arbeitsmärkten gefunden, so muß nach dem Gesetz von Walras auch der Gütermarkt im Gleichgewicht sein.

Während Sattelpunktstabilität in Modellen mit einem repräsentativen Agenten gesichert ist, können in Modellen mit überlappenden Generationen mehrdeutige dynamische Wachstumspfade nicht von vornherein ausgeschlossen werden (vgl. KEHOE und LEVINE, 1990). Strenggenommen müßten die Stabilitätseigenschaften jeder Modellspezifikation explizit überprüft werden. Insgesamt ist dieses Problem jedoch eher für den Theoretiker von Interesse, bei praktischen Anwendungen spielt es kaum eine Rolle. Zudem hat LAITNER (1990) für das Modell von AUERBACH und KOTLIKOFF (1987) gezeigt, daß es zumindest für die gewählte Parameterkonstellation lokal stabil und eindeutig ist.

Eine ganze Reihe von Algorithmen steht inzwischen für die Neuberechnung der Leadvariablen nach einer Iteration zur Verfügung. Die meisten OLG-Studien verwenden eine Variante des von FAIR und TAYLOR (1983) verfeinerten Gauss-Seidel Verfahrens, vgl. dazu KEUSCHNIGG (1991b). Beim RAMSEY Modell werden Übergangspfad und neuer Steady-state simultan berechnet. Numerische Simulationen mit diesem Ansatz basieren daher zumeist auf der sog. "multiple-shooting" Methode, bei der die Neubestimmung der Erwartungswerte mittels eines Newton Verfahrens erfolgt; vgl. etwa LIPTON und SACHS (1982). Schließlich gibt es noch das bereits oben genannte Verfahren der Log-Linearisierung. Dieses hat den Vorteil, daß eine analytische Lösung des Modells möglich wird und damit der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen und den strukturellen Modellparametern sichtbar wird.

### **3.5 Einige finanzpolitische Anwendungen**

Der Anwendungsbereich numerischer Gleichgewichtmodelle ist mehr oder weniger unbeschränkt. Jedes wirtschaftspolitische Problem, das einer theoretischen Analyse zugänglich ist, kann natürlich auch numerisch gelöst werden. Allerdings ist nicht alles, was möglich ist, auch sinnvoll. Wir werden darauf noch zurückkommen.

In diesem Abschnitt beschränken wir uns auf die Wiedergabe einiger finanzpolitisch relevanter Anwendungen von numerischen Gleichgewichtmodellen. Dabei soll hier nur verdeutlicht werden, welcher Art die untersuchten Fragestellungen sind und

welche Ergebnisse herausgearbeitet wurden. Eine kritische Auseinandersetzung mit diesen Modellen und ihren Ergebnissen steht dann im Mittelpunkt des letzten Abschnitts unsere Beitrags. Einmal mehr ist unsere Auswahl äußerst selektiv. Selbst von den finanzwissenschaftlichen Anwendungen kann nur ein kleiner Teil behandelt werden. Auf numerische Gleichgewichtsanalysen, die sich mit handelspolitischen Themen, mit agrarökonomischen Fragestellungen oder was auch immer beschäftigen, kann gar nicht erst eingegangen werden.

### **3.5.1 Effizienz- und Verteilungswirkungen von Steuerreformen**

Besteuerungsanalysen standen von Anfang an im Mittelpunkt numerischer Gleichgewichtsanalysen. Dabei hängt es von der zu untersuchenden Problemstellung ab, ob ein statisches oder ein dynamisches Gleichgewichtsmodell zugrundegelegt ist. Wenn man an den intergenerativen Verteilungswirkungen von Steuerreformen interessiert ist, scheiden dynamische Modelle vom RAMSEY-Typ von vornherein aus. Die OLG-Modelle von AUERBACH-KOTLIKOFF sind aufgrund ihres Aggregationsniveaus dagegen weniger geeignet, wenn es um die Analyse steuerlich bedingter intersektoraler Verzerrungen geht. Interpersonelle Verteilungswirkungen sind in den vollständig dynamischen Modellen nur mit außerordentlich hohem zusätzlichem Aufwand zu untersuchen. Dasselbe gilt, wenn es um die internationalen Umverteilungswirkungen von Steuerreformen geht. Die Problemstellung einerseits, das Erkenntnisinteresse andererseits bestimmen also ganz wesentlich die Auswahl der Art des numerischen Gleichgewichtsmodells.

So sind FEHR, ROSENBERG und WIEGARD (1995) an den Effizienz- und (internationalen) Umverteilungswirkungen der Umsatzsteuerharmonisierung in Europa interessiert. Zugrundegelegt wurde ein statisches Gleichgewichtsmodell mit 8 unterschiedlichen Ländern bzw. Regionen und jeweils 14 produzierten Gütern innerhalb eines Landes. Vor allem zwei Gründe waren ausschlaggebend für die Wahl eines statischen numerischen Gleichgewichtsmodells. Zum einen werden Investitionen umsatzsteuerlich nicht getroffen<sup>16</sup>, so daß Reformen innerhalb des Umsatzsteuersystems nur von geringem Einfluß auf die Investitionstätigkeit sind und nur geringe Wachstumswirkungen aufweisen dürften. Zum anderen sind dynamische Modelle im Mehr-Länder-Fall und bei einer vergleichsweise großen Zahl von Produktionssektoren außerordentlich schwierig numerisch zu lösen. Die zentralen Ergebnisse dieser Studie lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen: Die mit einer Reform der Umsatzbesteuerung in Europa einhergehenden internationalen Umverteilungseffekte sind quantitativ wesentlich wichtiger als die Effizienzwirkungen. Letztere sind bei allen untersuchten Reformmaßnahmen – dem seit 1993 geltenden Übergangssystem, dem für 1997 in Aussicht genommenen (aber jetzt nicht mehr aktuellen) Übergang zum Ursprungslandprinzip mit einem grenzüberschreitenden Vorsteuerabzug und dem von einigen Ökonomen empfohlenen Übergang zum Vorumsatzabzug – äußerst gering. In den meisten Fällen betragen die Effizienzgewinne oder -verluste nicht mehr

---

<sup>16</sup>Dies gilt allerdings nicht, wenn ein Vorsteuerabzug bei Steuerbefreiungen ausgeschlossen ist; vgl. dazu GOTTFRIED (1992).

als ein Prozent der nationalen Umsatzsteueraufkommen im Ausgangsgleichgewicht. Eine ganz ähnliche Struktur weist das Modell von HIRTE (1996) auf, allerdings stehen hier die unterschiedlichen Vorschläge für den künftigen bundesdeutschen Finanzausgleich im Mittelpunkt der Analyse.

Natürlich wurden auch die personellen Verteilungswirkungen von Steuern schon früh im Rahmen numerischer Gleichgewichtsmodelle untersucht. Sofern dies auf der Grundlage statischer Modelle erfolgte, waren die Unterschiede zu den traditionellen Inzidenzanalysen, in denen Verhaltensreaktionen vernachlässigt wurden, relativ unbedeutend (vgl. etwa DEVARAJAN et al. (1980)). Werden personelle Verteilungswirkungen im Rahmen von life-cycle Modellen untersucht, sind dynamische numerische Gleichgewichtsmodelle allerdings unverzichtbar. Da die vollständigen dynamischen Modelle bislang keine intragenerativen Verteilungsanalysen erlauben, gehen FULLERTON und ROGERS (1993) von einem sequentiell dynamischen Gleichgewichtsmodell aus. Sie konstruieren zwölf Lebenszeiteinkommensklassen und integrieren diese in ein Simulationsmodell, das sich durch seine detaillierte Steuer- und Produktionsstruktur auszeichnet. Um die Effizienz- und Verteilungswirkungen zu ermitteln, werden die einzelnen Steuern durch geeignete Lump-sum Transfers ersetzt. Diese langfristige Perspektive eröffnet nun eine ganze Reihe neuer Einsichten hinsichtlich der Inzidenzwirkungen einzelner Steuern. So stellt sich etwa die Körperschaftsteuer ebenso als regressiv heraus wie die Konsumsteuern.

Sequentiell dynamische Gleichgewichtsmodelle wurden Anfang der 80er Jahre zunächst auch zugrunde gelegt, um die Vorteilhaftigkeit einer Integration von Einkommens- und Körperschaftsteuer oder den Übergang von einer Einkommensbesteuerung zu einer Konsumsteuer zu untersuchen<sup>17</sup>. Die Frage nach der Vorteilhaftigkeit einer Konsumsteuer gegenüber einer Einkommenssteuer läßt sich jedoch in sequentiell dynamischen Modellen nicht sonderlich sinnvoll untersuchen, da von vornherein von „dummen Bürgern“ ausgegangen wird<sup>18</sup>. Die erhofften positiven Wirkungen auf Ersparnisse und damit Investitionen und Wachstum werden quantitativ anders ausfallen, wenn die Individuen die künftige Entwicklung richtig antizipieren. Die erste quantitative Abschätzung der Wohlfahrtseffekte eines Übergangs zur Konsumbesteuerung mit Hilfe eines vollständig dynamischen Gleichgewichtsmodells geht auf SUMMERS (1981b) zurück. Er formulierte ein Lebenszyklusmodell mit 50 überlappenden Generationen innerhalb einer Volkswirtschaft mit einem Produktionssektor. Der Übergang zu einer Konsumsteuer würde nach seinen Berechnungen einen langfristigen Einkommensanstieg um 18 Prozent und Konsumanstieg um 16 Prozent bewirken. Die wichtigsten nachfolgenden Studien relativierten diese Ergebnisse etwas. Sie berechnen explizit den Übergangspfad zum langfristigen Steady state und endogenisieren die Arbeitsangebotsentscheidung (AUERBACH et al., 1983) oder berücksichtigen zusätzlich Anpassungskosten bei der Kapitalakku-

---

<sup>17</sup>Vgl. etwa FULLERTON, SHOVEN und WHALLEY (1983); BALLARD et al. (1985); oder in neuerer Zeit im deutschsprachigen Raum RICHTER (1995).

<sup>18</sup>Bekanntlich muß nicht einmal die keynesianische Theorie dumme Bürger unterstellen; vgl. SINN (1984).

mulation. Einige neuere Studien konzentrieren sich auf die Besonderheiten kleiner offener Volkswirtschaften (KEUSCHNIGG, 1991a; BROER und WESTERHOUT, 1993), endogenisieren die Humankapitalbildung (PERRONI, 1995) oder disaggregieren die Produktionsstruktur (HUTTON und KENC, 1996). PERRAUDIN und PUJOL (1991) untersuchen eine Steuerreform in die umgekehrte Richtung. Ihr Simulationsmodell für Frankreich unterscheidet neben zwei inländischen Produktionssektoren auch zwei Haushalte, die sich durch unterschiedliche Arbeitsproduktivitäten auszeichnen. Sie interpretieren die vorliegenden Steuerharmonisierungsvorschläge innerhalb der EU als einen partiellen Übergang von Konsum- und Kapitaleinkommensteuern hin zu Lohneinkommensteuern und ermitteln daraus einen langfristigen Wohlfahrtsverlust für Frankreich von 1 Prozent des Sozialproduktes.

Mit der Steuerreform von 1986 (TRA 86) wurde das bestehende Kapitaleinkommensteuersystem der USA umfassend verändert. Einerseits wurden die nominalen Steuersätze sowohl auf der Körperschaftsebene als auch der individuellen Ebene erheblich gesenkt, gleichzeitig wurde die Bemessungsgrundlage verbreitert, indem etwa die sektorspezifischen Investitionssubventionen und eine Reihe von Steuervergünstigungen abgeschafft wurden. Da bei dieser Reform die intersektoralen Verzerrungen der Unternehmensbesteuerung („leveling the playing field“) und nicht die Investitionsdynamik im Vordergrund steht, erlauben auch sequentiell dynamische Modelle einige wichtige Einsichten. In diesen Modellen kann sowohl die sektorale Struktur der Volkswirtschaft als auch der Kapitalstock wesentlich stärker disaggregiert werden als in vollständig dynamischen Modellen. Es liegt daher auf der Hand, daß gerade diese Steuerreform sowohl mit Hilfe von sequentiell als auch vollständig dynamischen Gleichgewichtsmodellen untersucht wurde, für einen Überblick dazu vgl. HENDERSON (1991). Wir referieren hier kurz einige der Ergebnisse von Studien mit vollständig dynamischen Modellen. GOULDER und SUMMERS (1989) verwenden ein Modell mit einem repräsentativen Agenten und unterscheiden auf der Angebotsseite fünf Produktionssektoren. Sie untersuchen die intertemporalen und intersektoralen Allokationswirkungen, wenn gleichzeitig die Körperschaftsteuersätze gesenkt und die Bemessungsgrundlage aufkommensneutral verbreitert wird. Die Ergebnisse deuten darauf hin, daß durch den TRA 86 die langfristige Kapitalakkumulation eher gedämpft wurde, während gleichzeitig eine Einkommensumverteilung zugunsten der Kapitaleigentümer stattgefunden hat. Eine Quantifizierung der langfristigen Wohlfahrtseffekte des TRA 86 liefern GOULDER und THALMANN (1993). Im Vergleich zu GOULDER und SUMMERS (1989) unterscheiden sie kurz- und langlebige Kapitalgüter. Der Effizienzgewinn durch den TRA 86 beläuft sich nach ihren Berechnungen auf – je nach Parameterkonstellation – 0.3 bis 0.8 Prozent des Gegenwartwertes des Lebenszeitkonsumes. GRAVELLE und KOTLIKOFF (1995) schließlich beziffern diesen Wert auf bis zu 3 Prozent. Ihr Modell unterscheidet 55 überlappende Generationen und 11 Industriesektoren, wobei jeweils Personen- und Kapitalgesellschaften getrennt werden. Infolge der Komplexität des Modells berechnen sie nicht den Übergangspfad, sondern vergleichen lediglich die langfristigen Wachstumsgleichgewichte vor und nach der Steuerreform. Das Modell ermöglicht

jedoch eine Unterscheidung von intergenerativen Verteilungseffekten und Effizienzeffekten, indem ein geeigneter Transfermechanismus installiert wird.

Reformen, die gleichzeitig den Steuersatz senken und die Bemessungsgrundlage verbreitern, wurden in den letzten Jahren auch in einigen europäischen Ländern durchgeführt. JENSEN et al. (1994, 1996) haben die dänische Steuerreform von 1993 in einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell untersucht, das vor allem auf dem Arbeitsmarkt einige Besonderheiten aufweist. Hier sorgen Gewerkschaften für ein Lohnniveau, bei dem der Markt nicht vollständig geräumt wird. Die Ergebnisse der Steuerreform hängen nun ganz entscheidend von der Parametrisierung des gewerkschaftlichen Lohnbildungsprozesses ab. Die beiden untersuchten Szenarien in JENSEN et al. (1994) zeigen, daß als Ergebnis der Reform sowohl ein Anstieg als auch ein Absinken von Beschäftigung und Produktion möglich sind.

Wie nicht anders zu erwarten modelliert die dänische Studie eine kleine offene Volkswirtschaft, in der ausländische Kapitalzuflüsse und -abflüsse das nationale Zinsniveau konstant halten. Mit zunehmend integrierten Kapitalmärkten haben nationale Politikreformen oftmals weitreichende internationale Verteilungsimplicationen. BOVENBERG und GOULDER (1993) beleuchten diesen Aspekt, indem sie unterschiedliche Politiken zur Förderung von Investitionen in einem 2-Länder Modell simulieren. FREDERIKSEN (1994) und BETTENDORF (1994) untersuchen ähnliche Fragestellungen, allerdings in Modellen mit überlappenden Generationen. Hier treten neben den internationalen Einkommensverschiebungen noch zusätzlich intergenerative Umverteilungseffekte auf. Die Zerlegung der generationenspezifischen Gesamtwohlfahrtsveränderung in die jeweils spezifischen Einkommens- und Substitutionseffekte ist Gegenstand der Arbeit von FEHR (1995). Neben Steuerpolitiken können natürlich auch die langfristigen Wirkungen eines Abbaus von Handelshemmnissen in einem dynamischen Modell untersucht werden; vgl. dazu etwa GOULDER und EICHENGREEN (1992) sowie KEUSCHNIGG und KOHLER (1995, 1996).

Auch zum aktuellen Thema Ökosteuere reform haben in den letzten Jahren einige dynamische Simulationsstudien wichtige quantitative Abschätzungen geliefert. Hintergrund der Diskussion um die "Doppelte Dividende" einer aufkommensneutralen Ökosteuere reform ist bekanntlich die Frage, inwieweit neben den positiven Umwelteffekten noch zusätzliche Effizienzgewinne möglich werden durch den Abbau von Zusatzlasten im bestehenden Steuersystem. In den USA wurde das bereits bekannte Modell von GOULDER und SUMMERS (1989) in Hinblick auf diese neue Fragestellung umgebaut. Die genestete Produktionstechnologie ermöglicht nun Substitution zwischen verschiedenen Energieinputs sowie zwischen einem aggregierten Energiegut und anderen Inputs. Insgesamt gibt es 13 Produktionssektoren, sechs davon produzieren Energiegüter. Schließlich wurde berücksichtigt, daß die natürlichen Öl- und Gasvorräte beschränkt sind. Mit dem Abbau der natürlichen Ressourcen steigen daher auch die Produktions- und Importkosten überproportional an, so daß verstärkt synthetische Brennstoffe eingesetzt werden. Die Referenzsituation ist deshalb auch nicht wie üblich ein langfristiges Wachstumsgleichgewicht sondern ein

Anpassungspfad dorthin. GOULDER (1992, 1994, 1995) führt nun – bei aufkommensneutraler Senkung anderer verzerrender Steuern – verschiedene Ökosteuern ein und berechnet den neuen Anpassungspfad. Er kommt zu dem Ergebnis, daß eine “Doppelte Dividende” tendenziell nicht zu erwarten ist, da Steuern mit breiter Bemessungsgrundlage durch Steuern mit enger Bemessungsgrundlage ersetzt werden. GOULDER (1994) versucht noch zusätzlich die erste Dividende abzuschätzen. Er berechnet zunächst die Emissionsreduktion einer ganzen Reihe von Schadstoffen und versucht dann den daraus resultierenden Wohlfahrtsgewinn zu quantifizieren. Seine Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß der Wohlfahrtsgewinn der ersten Dividende nicht einmal ausreichen könnte, den Verlust infolge erhöhter Zusatzlasten abzudecken.

Etwas weniger pessimistisch ist die Studie von FREDERIKSEN (1996). Sie untersucht die Frage der “Doppelten Dividende” im Rahmen des Modells einer kleinen offenen Volkswirtschaft für Dänemark und kommt zu dem Ergebnis, daß sich durch Senkung der Zinseinkommensteuern möglicherweise eine doppelte Dividende erzielen ließe. Ähnlich gelagerte Fragestellungen im Bereich der Energie- und Umweltpolitik werden auch mit statischen Gleichgewichtsmodellen untersucht. So analysiert etwa die Studie von BÖHRINGER (1996) im Rahmen des Modells einer kleinen offenen Volkswirtschaft die Wohlfahrtskosten der Kohlesubventionspolitik in der Bundesrepublik bei alternativen CO<sub>2</sub> Reduktionsszenarien. BÖHRINGER et al. (1996) präsentieren ein numerisches Gleichgewichtsmodell für sechs EU Länder zu Untersuchung verschiedener multi- und unilateraler CO<sub>2</sub> Reduktionsstrategien.

### **3.5.2 Staatsverschuldung und Alterssicherung**

Neben den langfristigen Wirkungen von Steuerreformen liegt ein zweiter Forschungsschwerpunkt dynamischer Simulationsmodelle bei der Quantifizierung der intergenerativen Umverteilungswirkungen der staatlichen Fiskalpolitik. Die Höhe des periodischen Budgetdefizits ist als Indikator für die Lastverschiebung auf die nachwachsenden Generationen denkbar ungeeignet. Einerseits berücksichtigt es nicht die Entwicklung der künftigen Einnahmen und Ausgaben des Staates, andererseits hat bspw. auch eine umlagefinanzierte Rentenversicherung massive Umverteilungskonsequenzen, ohne daß dabei Defizite ausgewiesen würden. Dynamische Gleichgewichtsmodelle mit überlappenden Generationen können derartige Problemstellungen adäquat erfassen. Nach der Veränderung der Verschuldungspolitik oder des bestehenden Rentensystems wird die Reaktion der Ersparnisse, Investitionen und Steuersätze endogen berechnet. Ein Vergleich der generationenspezifischen Nutzenniveaus vor und nach der Reform zeigt dann die intergenerativen Verteilungswirkungen.

AUERBACH und KOTLIKOFF (1987) haben erstmals unterschiedliche Verschuldungspolitiken im Rahmen einer geschlossenen Volkswirtschaft untersucht. Sie simulieren u.a. verschiedene vorübergehende, schuldfinanzierte Steuersenkungsszenarien und zeigen, daß damit lediglich kurzfristig die Kapitalakkumulation gesteigert werden kann. KITTERER (1994) erweitert dieses Modell um den Aspekt öffentlicher

Investitionen und untersucht die Anpassung, wenn diese alternativ durch Steuern oder Staatsverschuldung finanziert werden. In allen Fällen verdrängt zusätzliche Staatsverschuldung langfristig immer Investitionen, so daß sich die gegenwärtig lebenden Generationen lediglich auf Kosten der künftigen verbessern. In (kleinen) offenen Volkswirtschaften funktioniert dieser Wirkungsmechanismus etwas anders. Hier kommt es zu einem Zufluß von Kapital, der im Extremfall die Zinsen unverändert läßt. Langfristig werden die Konsummöglichkeiten jedoch eingeschränkt, da nun die Zinszahlungen an das Ausland mittels Güterexporten zu finanzieren sind. JÄGER und KEUSCHNIGG (1991/1992) vergleichen die Konsequenzen einer erhöhten Staatsverschuldung in geschlossenen und offenen Volkswirtschaften. Ihre Simulationen zeigen, daß langfristigen Wohlfahrtseinbußen in einer kleinen offenen Volkswirtschaft am stärksten sind. Das Ausland kann durch die verstärkte Verschuldungspolitik des Inlandes sogar gewinnen. RAFFELHÜSCHEN und STEIGUM (1995) untersuchen die Übertragungsmechanismen einer solchen Politik in einem 2-Länder Modell mit variablem Arbeitsangebot. Die Zinszahlungen werden also nun mittels einer verzerrenden Steuer finanziert, im langfristigen Wachstumsgleichgewicht verlieren nun beide Länder. Eine ganze Reihe von Arbeiten simulieren unterschiedliche Verschuldungspolitiken in einer kleinen offenen Volkswirtschaft im Rahmen des BLANCHARD-Ansatzes. So disaggregiert MACKLEM (1993) die Angebotsseite, um das Zusammenwirken von Terms-of-Trade-Schocks und Erhöhung der Staatsverschuldung in Kanada zu untersuchen. JAMES (1994) wiederum unterscheidet auf der Nachfrageseite Haushalte mit unterschiedlichem Anlageverhalten, um neben den inter- auch intragenerative Umverteilungseffekte einer Senkung der Staatsverschuldung zu isolieren. JENSEN (1996) schließlich untersucht eine ganz ähnliche Politik mit Hilfe des schon genannten dänischen Simulationsmodells mit unvollkommenen Arbeitsmarkt.

In den meisten industrialisierten Volkswirtschaften wächst der Anteil der Rentner und älteren Generationen an der Gesamtbevölkerung. Dieser Alterungsprozeß hat zunächst einmal wichtige Auswirkungen auf gesamtwirtschaftliche Größen wie Ersparnisse, Investitionen und Wachstum. Gleichzeitig erzwingt er Reformen im System der umlagefinanzierten Rentenversicherung, die einen vollständigen oder teilweisen Übergang zum Kapitaldeckungsverfahren nahekommen. Aufgrund der sehr weitreichenden Effizienz- und Verteilungskonsequenzen wurden derartige Problemstellungen schon sehr frühzeitig im Rahmen dynamischer Simulationsmodelle untersucht. Demographische Übergangsprozesse lassen sich relativ einfach durch exogen vorgegebene, periodenspezifische Wachstumsraten der Bevölkerung in das Modell von AUERBACH und KOTLIKOFF (1987) integrieren. Von denselben Autoren stammen daher auch die ersten Pionierarbeiten zu den Allokations- und Wohlfahrtseffekten des Alterungsprozesses in den USA. Mit nahezu demselben Instrumentarium wurden später dann auch verschiedene Politikempfehlungen für Kanada (AUERBACH und KOTLIKOFF, 1992), die Niederlande (BOVENBERG et al., 1993), Norwegen (STEIGUM, 1993), die Bundesrepublik (RAFFELHÜSCHEN, 1989) und einige andere OECD Länder (AUERBACH et al., 1989) analysiert. Alle diese

Arbeiten illustrieren, daß eine künftige Anpassung des umlagefinanzierten Rentensystems unumgänglich ist. Der Übergang zum teilweisen oder gar vollständigem Kapitaldeckungsverfahren kann aber auch ohne explizite Bevölkerungsdynamik erhebliche Effizienzgewinne freisetzen, allerdings müssen dazu die älteren Generationen während der Anpassungsphase geeignet kompensiert werden; vgl. etwa RAFFELHÜSCHEN (1993), BROER et al. (1994), RAFFELHÜSCHEN und RISA (1995) oder KOTLIKOFF (1996). Eine umlagefinanzierte Sozialversicherung verdrängt wie Staatsverschuldung den langfristigen Kapitalstock. Unter Allokationsgesichtspunkten kann sie daher nur dann positiv beurteilt werden, wenn die Volkswirtschaft durch eine Überakkumulation von Kapital geprägt ist. İMROHOROĞLU et al. (1995) zeigen einen solchen Fall und ermitteln die optimale Ausmaß des Sozialversicherungssystems.

Die wichtigsten Anwendungsbereiche dynamischer allgemeiner Gleichgewichtsmodelle sind damit einigermaßen abgedeckt. Natürlich enthält dieser Überblick nur einen Bruchteil der Arbeiten, die dazu erschienen sind. Daneben werden sie noch für eine Vielzahl anderer Fragestellungen eingesetzt, man denke etwa an das Migrationsproblem im Zuge der deutschen Wiedervereinigung (RAFFELHÜSCHEN, 1994) oder die Beurteilung der neuen Methode des Generational Accounting (FEHR und KOTLIKOFF, 1995). Insgesamt läßt sich feststellen, daß die Modelle zunehmend komplexer werden. Dadurch kann natürlich die Realität besser abgebildet werden. Gleichzeitig jedoch besteht die Gefahr, daß nur noch Zahlen errechnet werden und die Erklärung derselben in den Hintergrund gedrückt wird.

#### 4. Ausblick

Zum Schluß unseres Beitrags soll die Frage nach dem Erkenntnisgehalt der numerischen Gleichgewichtsmodelle gestellt und beantwortet werden. Warum benötigt man diese Modelle überhaupt und wie erklärt sich ihre große und zunehmende Bedeutung, nicht nur in den engen Zirkeln der Wissenschaft, sondern auch als Instrument der Politikberatung?

Die naheliegende Antwort ist wohl die, daß numerische Gleichgewichtsmodelle im Gegensatz zu rein theoretischen Analysen Zahlen produzieren. Politik und Öffentlichkeit reagieren eher auf dramatische Zahlenangaben, als auf ein sorgfältiges Abwägen von Argumenten. In der Tat erregt die Meldung „Kommission erwartet Wachtsumsimpulse von 350 Milliarden DM“ von der Uruguay-Runde (FAZ vom 20.12.94) mehr Aufmerksamkeit als das in unserer Profession übliche „einerseits, andererseits“.

Auf der anderen Seite ist es immer gefährlich, die Ergebnisse komplexer Modelle auf eine einzige Zahl oder auf wenige Zahlen zu reduzieren. Zunächst einmal können die Zahlen aufgrund von Rechenfehlern schlicht und einfach falsch sein. In der Literatur gibt es dafür genügend Beispiele<sup>19</sup>. Selbst wenn die produzierten Zahlen korrekt berechnet wurden – was aber kaum nachprüfbar ist –, können

---

<sup>19</sup>Vgl. dazu etwa den Aufsatz von KAISER, WIEGARD und ZIMMERMANN (1990).

die zugrundeliegenden ökonomischen Modelle miserabel sein. In der Regel lassen sich mit schlechten ökonomischen Modellen nun einmal keine verlässlichen Zahlen produzieren. Aber selbst wenn die Modelle dem aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstand entsprechen, wenn alle exogen spezifizierten Parameter gut abgesichert sind und alle Gleichgewichtswerte korrekt berechnet wurden – was ja alles eigentlich selbstverständlich sein sollte –, sind wir aus einer ganzen Reihe von Gründen der Meinung, daß man den konkreten Zahlen kein all zu großes Gewicht beimessen sollte. FULLERTON und LYON (1986) haben gezeigt, daß schon „kleine“ Änderungen bei zentralen Parameterwerten nicht nur zu ganz anderen quantitativen Wohlfahrtseffekten, sondern sogar zu einer völlig veränderten Rangfolge von Steuerreformalternativen führen können.

Unserer Ansicht nach besteht der große Vorteil numerischer Gleichgewichtsmodelle darin, daß sich die vom Computer berechneten Zahlen selbst dann gut ökonomisch erklären lassen, wenn das zugrundeliegende ökonomische Modell kompliziert ist. Die theoretische Analyse allein führt hier ja in der Regel nicht weiter. Günstigstenfalls kann man noch die gegenläufigen Effekte isolieren, die auf einzelne Variablen wirken; oftmals ist nicht einmal das möglich. Numerische Gleichgewichtsmodelle ermöglichen es nun, durch Sensitivitätsanalysen eine Vorstellung davon zu gewinnen, welche Einflußgrößen quantitativ besonders wichtig sind, wie die Ergebnisse von Annahmen über die Parameter, über funktionale Formen oder andere Modellmerkmale abhängen. Numerische Gleichgewichtsmodelle erlauben etwa die Zerlegung der Wohlfahrtswirkungen von Steuerreformen in eine Effizienz- und in eine interpersonelle, internationale oder intergenerative Umverteilungskomponente (FEHR, 1995). Sie geben Auskunft über die sektoralen Auswirkungen finanzpolitischer Maßnahmen und die Wachstumseffekte von Verschuldungspolitikern.

Numerische Gleichgewichtsanalysen lassen sich also durchaus als bestimmte Formen von ökonomischen Experimenten interpretieren. Auf der Grundlage eines numerisch spezifizierten theoretischen Modells werden in kontrollierter Umgebung Zahlen und Ergebnisse erzeugt, die eine Einschätzung von Politikmaßnahmen ermöglichen. Die über eine numerische komparative Statik abgeleiteten Ergebnisse dienen dann einmal dazu, theoretische Einsichten in komplizierte Zusammenhänge und Modellabläufe zu gewinnen. Auf der anderen Seite läßt sich möglicherweise für empirisch relevante Parameterkonstellationen auch eine Überlegenheit einer bestimmten Reformmaßnahme gegenüber möglichen Alternativen zeigen. Die im „Computer-Labor“ herausgefundenen Ergebnisse können dann handlungsleitend für die praktische Politik sein, indem ungünstige Reformvarianten ausgeschieden und vorteilhafte Maßnahmen gewählt werden. Dabei kommt es - wie in anderen Experimenten - weniger auf die ganz konkreten Zahlen an als auf die Entdeckung von grundlegenden theoretischen Einsichten und von stabilen Wirkungszusammenhängen.

Andere Autoren scheinen allerdings einen ganz anderen Erkenntnisanspruch mit den numerischen Gleichgewichtsmodellen zu verbinden. So sind KEHOE, POLO und SANCHO (1995) etwa der Meinung, daß sich diese Modelle auch als Prognosemodelle eignen. Durch den Vergleich der Ergebnisse eines numerischen Gleichge-

wichtsmodells für Spanien mit der tatsächlich erfolgten Entwicklung untermauern sie ihre Behauptung „that this sort of model can accurately predict the changes in relative prices and resource allocation that result from a major policy change“.

Wieder andere Ökonomen dagegen stehen der ganzen Übung zurückhaltend bis skeptisch gegenüber. Bei Ökonometrikern stößt das in den weitaus meisten Modellanläsätzen verwendete Kalibrierungsverfahren auf Skepsis; Statistiker dürften den gelegentlich etwas sorglosen Umgang mit der Datenauswahl bemängeln; Theoretikern mißfällt die Verwendung von speziellen funktionalen Formen – und manchmal gibt es auch noch Ökonomen, die den neoklassischen Ansatz der numerischen Gleichgewichtsmodelle in Frage stellen.

Abgesehen vom letztgenannten Einwand, sind die meisten der anderen Kritikpunkte in gewisser Weise gerechtfertigt. Gleichwohl sehen wir in den numerischen Gleichgewichtsmodellen ein wertvolles und aussagekräftiges Instrument zur quantitativen Analyse wirtschafts- und finanzpolitischer Maßnahmen. Aber sie sind nur ein Baustein bei dem Versuch, die komplexe ökonomische Realität etwas besser zu verstehen. Sie lösen nicht all die Probleme, an denen andere Ansätze auch schon gescheitert sind. Einmal mehr halten wir es mit WHALLEY: „It is ridiculous to claim that numerical general equilibrium analysis can definitely „solve“ policy problems . . . . However, taken with the appropriate grain of salt at the right time, we believe there is enormous potential for both extending and raising the level of debate on many social issues.“ (MANSUR and WHALLEY 1984, S. 119).

## Literaturverzeichnis

- ALTIG, D.E., C.T. CARLSTROM und K.J. LANSING, 1995, Computable General Equilibrium Models and Monetary Policy Advice, *Journal of Money, Credit and Banking* 27, 1472-1493.
- AUERBACH, A.J., 1989a, Tax Reform and Adjustment Costs: The Impact on Investment and Market Value, *International Economic Review* 30, 939-962.
- AUERBACH, A.J., 1989b, The Deadweight Loss from 'Non-Neutral' Capital Income Taxation, *Journal of Public Economics* 40, 1-36.
- AUERBACH, A.J. und L.J. KOTLIKOFF, 1992, Tax Aspects of Policy toward Aging Populations, in: J.B. SHOVEN und J. WHALLEY (Hrsg.): *Canada-U.S. Tax Comparisons*, Chicago und London, 255-273.
- AUERBACH, A.J. und L.J. KOTLIKOFF, 1987, *Dynamic Fiscal Policy*, Cambridge.
- AUERBACH, A.J., L.J. KOTLIKOFF, R.P. HAGEMANN und G. NICOLETTI, 1989, The Economic Dynamics of an Ageing Population: The Case of Four OECD Countries, *OECD Economic Studies* 12, 97-130.
- AUERBACH, A.J., L.J. KOTLIKOFF und J. SKINNER, 1983, The Efficiency Gains from Dynamic Tax Reforms, *International Economic Review* 24, 81-100.
- BALLARD, C.L., 1987, Tax Policy and Consumer Foresight: A General Equilibrium Simulation Study, *Economic Inquiry* 25, 267-284.
- BALLARD, C.L., D. FULLERTON, J.B. SHOVEN und J. WHALLEY, 1985, *A General Equilibrium Model for Tax Policy Evaluation*, Chicago.
- BALLARD, C.L. und L.H. GOULDER, 1985, Consumption Taxes, Foresight, and Welfare: A Computable General Equilibrium Analysis, in: J. PIGGOTT und J. WHALLEY (Hrsg.): *New Developments in Applied General Equilibrium Analysis*, Cambridge, 253-282.
- BERGMAN, L., 1990, The Development of Computable General Equilibrium Modeling, in: L. BERGMAN, D.W. JORGENSEN und E. ZALAI (Hrsg.): *General Equilibrium Modeling and Economic Policy Analysis*, Cambridge, 3-30.
- BETTENDORF, L., 1994, *A Dynamic Applied General Equilibrium Model for a Small Open Economy*, K.U. Leuven, Leuven.
- BLANCHARD, O.J., 1985, Debt, Deficits and Finite Horizons, *Journal of Political Economy* 93, 223-247.

- BÖHRINGER, C., 1996, Allgemeine Gleichgewichtsmodelle als Instrument der energie- und umweltpolitischen Analyse, Frankfurt a.M.
- BÖHRINGER, C., M. FERRIS and T. RUTHERFORD, 1996, Alternative CO<sub>2</sub> Abatement Strategies for the European Union, erscheint in: J. BRADEN and S. PROOST (Hrsg.): Economic Aspects of Environmental Policy Making in a Federal State, Edgar Elgar Publishing.
- BORGES, A., 1986, Applied General Equilibrium Models: An Assessment of their Usefulness for Policy Analysis, OECD Economic Studies 7, 7-43.
- BOVENBERG, L.A., 1989, The Effects of Capital Income Taxation on International Competitiveness and Trade Flows, American Economic Review 79, 1045-1064.
- BOVENBERG, L.A., 1988, The Corporate Income Tax in an Intertemporal Equilibrium Model with Imperfectly Mobile Capital, International Economic Review 29, 321-340.
- BOVENBERG, L.A., D.P. BROER und E.W.M.T. WESTERHOUT, 1993, Public Pensions and Declining Fertility in a Small Open Economy: An Intertemporal Equilibrium Approach, in: B. WOLFE (Hrsg.): On the Role of Budgetary Policy During Demographic Changes, Suppl. to Public Finance 48, 43-59.
- BOVENBERG, L.A. und L.H. GOULDER, 1993, Promoting Investment under International Capital Mobility: An Intertemporal General Equilibrium Analysis, Scandinavian Journal of Economics 95, 133-156.
- BROER, D.P. und E.W.M.T. WESTERHOUT, 1993, Taxation in an Intertemporal General Equilibrium Model of a Small Open Economy, Economic Modelling 10, 64-80.
- BROER, D.P., E.W.M.T. WESTERHOUT und L.A. BOVENBERG, 1994, Taxation, Pensions and Saving in a Small Open Economy, Scandinavian Journal of Economics 96, 403-424.
- BURNIAUX, J.-M., J.P. MARTIN, G. NICOLETTI und J.O. MARTINS, 1992, GREEN - A Multi-Sector, Multi-Region General Equilibrium Model for Quantifying the Costs of Curbing CO<sub>2</sub> Emissions: A Technical Manual, OECD Working Papers 116.
- CONRAD, K., 1990, Intertemporal General Equilibrium Modelling of German Tax Reform Proposals, Finanzarchiv 48, 194-221.
- COX, D. und R. HARRIS, 1985, Trade Liberalization and Industrial Organization: Some Estimates for Canada, Journal of Political Economy 93, 115-145.

- DEVARAJAN, S., D. FULLERTON und R.A. MUSGRAVE, 1980, Estimating the Distribution of Tax Burdens: A Comparison of Different Approaches, *Journal of Public Economics* 13, 155-182.
- DEVEREUX, M. und D.R. LOVE, 1994, The Effects of Factor Taxation in a two-sector Model of Endogenous Growth, *Canadian Journal of Economics* 17, 509-536.
- DIAMOND, P., 1965, National Debt in a Neoclassical Growth, *American Economic Review* 55, 1126-1150.
- DIXON, P.B., B.R. PARMENTER, J. SUTTON und D.P. VINCENT, 1982, ORANI - A Multisectoral Model of the Australian Economy, Amsterdam.
- FAIR, R.C. und J.B. TAYLOR, 1983, Solutions and Maximum Likelihood Estimations of Dynamic Nonlinear Rational Expectations Models, *Econometrica* 51, 1169-1185.
- FEHR, H., 1995, Welfare Effects of Investment Incentive Policies: A Quantitative Assessment, EPRU Working Papers Series 1995-19, Economic Policy Research Unit, Copenhagen Business School.
- FEHR, H. und L.J. KOTLIKOFF, 1995, Generational Accounting in General Equilibrium, NBER Working Paper 5090, Cambridge.
- FEHR, H., C. ROSENBERG und W. WIEGARD, 1995, Welfare Effects of Value-Added Tax Harmonization in Europe - A Computable General Equilibrium Analysis, Berlin u.a.O.
- FREDERIKSEN, N.K., 1996, Green Taxes on Business and Revenue Recycling, mimeo, Copenhagen Business School.
- FREDERIKSEN, N.K., 1994, A Dynamic General Equilibrium Simulation Model for Fiscal Policy Analysis, EPRU Economic Studies No. 1, Economic Policy Research Unit, Copenhagen Business School.
- FULLERTON, D. und A.B. LYON, 1986, Uncertain Parameter Values and the Choice among Policy Options, *Journal of Public Economics* 30, 109-116.
- FULLERTON, D. und D.L. ROGERS, 1993, Who Bears the Lifetime Tax Burden? Washington.
- FULLERTON, D., J.B. SHOVEN und J. WHALLEY, 1983, Replacing the U.S. Income Tax with a Progressive Consumption Tax: A Sequenced General Equilibrium Approach, *Journal of Public Economics* 20, 3-23.

- GASIOREK, M., A. SMITH und A. VENABLES, 1991, Completing the Internal Market in the EC: Factor Demands and Comparative Advantage, in: L.A. WINTERS und A. VENABLES (Hrsg.): European Integration: Trade and Industry, Cambridge, 9-33.
- GOLDIN, I., O. KNUDSEN und D. VAN DER MENSBRUGGHE, 1993, Trade Liberalisation: Global Economic Implications, OECD, Paris.
- GOTTFRIED, P., 1992, Die verdeckten Effizienzwirkungen der Umsatzsteuer, Frankfurt am Main u.a.O.
- GOTTFRIED, P., E. STÖSS und W. WIEGARD, 1990, Applied General Equilibrium Tax Models: Prospects, Examples, Limits, in: H.-G. PETERSEN und J.K. BRUNNER (Hrsg.): Simulation Models in Tax and Transfer Policy, Frankfurt und New York, 205-344.
- GOULDER, L.H., 1995, Effects of Carbon Taxes in an Economy with Prior Tax Distortions: An Intertemporal General Equilibrium Analysis, *Journal of Environmental Economics and Management* 29, 271-297.
- GOULDER, L.H., 1994, Energy Taxes: Traditional Efficiency Effects and Environmental Implications, in: J. POTERBA (Hrsg.): Tax Policy and the Economy 8, Cambridge, 105-158.
- GOULDER, L.H., 1992, Carbon Tax Design and U.S. Industry Performance, in: J. POTERBA (Hrsg.): Tax Policy and the Economy 6, Cambridge, 59-104.
- GOULDER L.H. und B. EICHENGREEN, 1992, Trade Liberalization in General Equilibrium: Intertemporal and Inter-Industry Effects, *Canadian Journal of Economics* 25, 253-280.
- GOULDER, L.H. und L.H. SUMMERS, 1989, Tax Policy, Asset Prices, and Growth: A General Equilibrium Analysis, *Journal of Public Economics* 38, 265-296.
- GOULDER, L.H. und P. THALMANN, 1993, Approaches to Efficient Capital Taxation: Leveling the Playing Field vs. Living by the Golden Rule, *Journal of Public Economics* 50, 169-196.
- GRAHAM, F.D., 1948, *The Theory of International Values*, Princeton, N.Y.
- GRAVELLE, J.G. und L.J. KOTLIKOFF, 1995, Corporate Taxation and the Efficiency Gains of the 1986 Tax Reform Act, *Economic Theory* 6, 51-81.
- HARBERGER, A.C., 1968, Corporation Income Taxes, *International Encyclopedia of the Social Sciences*, New York, 538-545.

- HARBERGER, A.C., 1966, Efficiency Effects of Taxes on Income from Capital, in: M. KRZYZANIAK (Hrsg.): Effects of Corporation Income Tax, Detroit, 107-117.
- HARBERGER, A.C., 1962, The Incidence of the Corporation Income Tax, Journal of Political Economy 70, 215-240.
- HARRIS, R., 1984, Applied General Equilibrium Analysis of Small Open Economies with Scale Economies and Imperfect Competition, American Economic Review 74, 1016- 1032.
- HAYASHI, F., 1982, Tobin's Marginal q and Average q: A Neoclassical Interpretation, Econometrica 50, 213-224.
- HENDERSON, Y.K., 1991, Applications of General Equilibrium Models to the 1986 Tax Reform Act in the United States, De Economist 139, 147-167.
- HIRTE, G., 1996, Effizienzwirkungen von Finanzausgleichsregelungen, Frankfurt a.M.
- HIRTE, G. und W. WIEGARD, 1988, An Introduction to Applied General Equilibrium Modelling, in: D. BÖS, M. ROSE und CH. SEIDL (Hrsg.): Welfare and Efficiency in Public Economics, Berlin u.a.O., 167-203.
- HUTTON, J. und T. KENC, 1996, Replacing the UK Income Tax with a Progressive Consumption Tax, in: A. FOSSATI (Hrsg.): Economic Modelling under the Applied General Equilibrium Approach, Aldershot, 215-246.
- HUTTON, J. und T. KENC, 1995, Tax Policy, Corporate Finance Structure, and Growth: A Dynamic General Equilibrium Analysis, University of York.
- İMROHOROĞLU, A., S. İMROHOROĞLU und D.H. JOINES, 1995, A Life Cycle Analysis of Social Security, Economic Theory 6, 83-114.
- JÄGER, A. und C. KEUSCHNIGG, 1991/1992, The Burden of Public Debt in Open Economies, Finanzarchiv 49, 181-201.
- JAMES, S., 1994, Debt Reduction with Distorting Taxes and Incomplete Ricardianism: A Computable Dynamic General Equilibrium Analysis, in: B.P. ROBSON und W.M. SCARTH (Hrsg.): Deficit Reduction - What Pain, What Gain? Toronto, 279-319.
- JENSEN, S.E.H., 1996, Debt Reduction, Wage Formation and Intergenerational Welfare, erscheint in: D.P. BROER und J. LASSILA (Hrsg.): Pension Systems, Taxation and Public Debt in Dynamic CGE Models, Heidelberg.

- JENSEN, S.E.H., S.B. NIELSEN, L.H. PEDERSEN und P.B. SØRENSEN, 1996, Tax Policy, Housing and the Labor Market: An Intertemporal Simulation Approach, erscheint in: *Economic Modelling*.
- JENSEN, S.E.H., S.B. NIELSEN, L.H. PEDERSEN und P.B. SØRENSEN, 1994, Labor Tax Reform, Employment and Intergenerational Distribution, *Scandinavian Journal of Economics* 96, 381-401.
- JOHANSEN, L., 1960, *A Multi-Sectoral Study of Economic Growth*, Amsterdam.
- JONES, L.E., R.E. MANUELLI und P.E. ROSSI, 1993, Optimal Taxation Models of Endogenous Growth, *Journal of Political Economy* 101, 485-517.
- JORGENSEN, D.W. und K.-Y. YUN, 1986a, The Efficiency of Capital Allocation, *Scandinavian Journal of Economics* 88, 85-107.
- JORGENSEN, D.W. und K.-Y. YUN, 1986b, Tax Policy and Capital Allocation, *Scandinavian Journal of Economics* 88, 355-377.
- JORGENSEN, D.W. und P.J. WILCOXEN, 1990, Environmental Regulation and U.S. Economic Growth, *Rand Journal of Economics* 21, 314-340.
- KAISER, H., W. WIEGARD und H.G. ZIMMERMANN, 1990, Testing the Reliability of Optimal Tax Calculations, *Finanzarchiv* 48, 77-96.
- KEHOE, P.J. und T.J. KEHOE, 1994, A Primer on Static Applied General Equilibrium Models, *Quarterly Review*, Spring 1994, Federal Reserve Bank of Minneapolis.
- KEHOE, T.J. und D.K. LEVINE, 1990, Indeterminacy in Applied Intertemporal General Equilibrium Models, in: L. BERGMAN, D.W. JORGENSEN und E. ZALAI (Hrsg.): *General Equilibrium Modelling and Economic Policy Analysis*, Cambridge, 111-148.
- KEHOE, T.J., C. POLO und F. SANCHO, 1995, An Evaluation of the Performance of an Applied General Equilibrium Model of the Spanish Economy, *Economic Theory* 6, 115-141.
- KEHOE, T.J. und J. SERRA-PUCHE, 1983, A Computational General Equilibrium Model with Endogenous Unemployment: An Analysis of the 1980 Fiscal Reform in Mexico, *Journal of Public Economics* 22, 1-26.
- KELLER, W., 1980, *Tax Incidence - A General Equilibrium Approach*, Amsterdam u.a.O.
- KEUSCHNIGG, C., 1991a, The Transition to a Cash Flow Income Tax, *Swiss Journal of Economics and Statistics* 127, 113-140.

- KEUSCHNIGG, C., 1991b, How to Compute Perfect Foresight Equilibria, Diskussionsbeiträge des SFB 178, Serie II-Nr. 150, Universität Konstanz.
- KEUSCHNIGG, C. und W. KOHLER, 1996, Austria in the European Union: Dynamic Gains from Integration and Distributional Implications, *Economic Policy* 22, 155-211.
- KEUSCHNIGG, C. und W. KOHLER, 1995, Dynamic Effects of Tariff Liberalization: An Intertemporal CGE Approach, *Review of International Economics* 3, 20-35.
- KITTERER, W., 1994, Tax versus Debt Finance of Public Investment: A Dynamic Simulation Analysis, *Kredit und Kapital* 27, 163-187.
- KLEPPER G., J.-O. LORZ, F. STÄHLER, R. THIELE und M. WIEBELT, 1994, Empirische allgemeine Gleichgewichtsmodelle - Struktur und Anwendungsmöglichkeiten, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 213, 513-544.
- KOTLIKOFF, L.J., 1996, Privatization of Social Security: How it Works and Why it Matters, erscheint in: J.M. POTERBA (Hrsg.): *Tax Policy and the Economy* 10, Cambridge.
- LAITNER, J., 1990, Tax Changes and Phase Diagrams for an Overlapping Generations Model, *Journal of Political Economy* 98, 193-220.
- LAU, L.J., 1984, Comments, in: H. SCARF und J.B. SHOVEN (Hrsg.): *Applied General Equilibrium Analysis*, New York, 127-137.
- LIPTON, D. und J. SACHS, 1982, Accumulation and Growth in a Two-Country Model, *Journal of International Economics* 15, 135-159.
- LUCAS, R.E., 1990, Supply-Side Economics: An Analytical Review, *Oxford Economic Papers* 42, 293-316.
- MACKLEM, R.T., 1993, Terms-of-Trade Disturbances and Fiscal Policy in a Small Open Economy, *Economic Journal* 103, 916-936.
- MANSUR, A. und J. WHALLEY, 1984, Numerical Specification of Applied General Equilibrium Models: Estimation, Calibration and Data, in: H. SCARF und J.B. SHOVEN (Hrsg.): *Applied General Equilibrium Analysis*, New York, 69-126.
- MERCENIER, J., 1995, Can "1992" Reduce Unemployment in Europe? *Journal of Policy Modeling* 17, 1-37.
- MERRILL, O.H., 1972, Applications and Extension of an Algorithm that Computes Fixed Points of Certain Upper Semi-Continuous Point to Set Mappings, Ph.D. Thesis, Department of Industrial Engineering, University of Michigan.

- NORMAN, V., 1990, Assessing Trade and Welfare Effects of Trade Liberalization: A Comparison of Alternative Approaches to CGE Modelling with Imperfect Competition, *European Economic Review* 34, 725-751.
- OECD, 1990, Modelling the Effects of Agricultural Policies, *OECD Economic Studies* 13, Special Issue, Paris.
- PEREIRA A.M. und J.B. SHOVEN, 1988, Survey of Dynamic Computational General Equilibrium Models for Tax Policy Evaluation, *Journal of Policy Modeling* 10, 401-436.
- PERRAUDIN W. und T. PUJOL, 1991, European Fiscal Harmonization and the French Economy, *IMF Staff Papers* 38, 399-440.
- PERRONI, C., 1995, Assessing the Dynamic Efficiency Gains of Tax Reform when Human Capital is Endogenous, *International Economic Review* 36, 907-925.
- PIGGOTT, J. und J. WHALLEY, 1985, UK Tax Policy and Applied General Equilibrium Analysis, Cambridge u.a.O.
- RAFFELHÜSCHEN, B., 1994, Migration in Germany after Unification, Unveröffentlichte Habilitationsschrift, Kiel.
- RAFFELHÜSCHEN, B., 1993, Funding Social Security Through Pareto-optimal Conversion Policies, *Journal of Economics, Suppl.* 7, 105-131.
- RAFFELHÜSCHEN, B., 1989, Anreizwirkungen des Systems der sozialen Alterssicherung, Frankfurt u.a.O.: Peter Lang Verlag.
- RAFFELHÜSCHEN, B. und A.E. RISA, 1995, Reforming Social Security in a Small Open Economy, *European Journal of Political Economy* 11, 469-485.
- RAFFELHÜSCHEN, B. und E. STEIGUM, 1994, Deficit Spillovers, Labor Supply and Intergenerational Welfare, Discussion Paper 11/94, Norwegian School of Economics and Business Administration, Bergen.
- RAMSEY, F.P., 1928, A Mathematical Theory of Saving, *Economic Journal* 38, 543-559.
- RICHTER, H., 1995, Marktorientierte Neugestaltung des Einkommensteuersystems, Heidelberg.
- RUTHERFORD, T., 1994, Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem, mimeo, Department of Economics, University of Colorado.

- SAMUELSON, P.A., 1958, An Exact Consumption-loan Model of Interest, with or without the Social Contrivance of Money, *Journal of Political Economy* 66, 467-482.
- SCARF, H., 1973, *The Computation of Economic Equilibria*, New Haven und London.
- SCARF, H., 1969, An Example of an Algorithm for Calculating General Equilibrium Prices, *American Economic Review* 59, 669-677.
- SCARF, H., 1967, On the Computation of Equilibrium Prices, in: W. FELLNER (Hrsg.): *Ten Economic Studies in the Tradition of Irvin Fischer*, New York, 207-230.
- SHOVEN, J.B., 1983, Applied General Equilibrium Tax Modelling, *IMF Staff Papers* 30, 394-420.
- SHOVEN, J.B., 1976, The Incidence and Efficiency Effects of Taxes on Income from Capital, *Journal of Political Economy* 84, 1261-1283.
- SHOVEN, J.B. und J. WHALLEY, 1992, *Applying General Equilibrium*, Cambridge.
- SHOVEN, J.B. und J. WHALLEY, 1984, Applied General Equilibrium Models of Taxation and International Trade, *Journal of Economic Literature* 22, 1007-1051.
- SHOVEN, J.B. und J. WHALLEY, 1972, A General Equilibrium Calculation of the Effects of Differential Taxation of Income from Capital in the U.S., *Journal of Public Economics* 1, 281-321.
- SINN, H.-W., 1984, Rationale Erwartungen, Rationierung und Rezession – Braucht keynesianische Politik dumme Bürger? *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 199, 158-178.
- SUMMERS, L.H., 1981a, Taxation and Corporate Investment: A Q-Theory Approach, *Brookings Papers on Economic Activity* 1, 67-127.
- SUMMERS, L.H., 1981b, Capital Taxation and Accumulation in a Life Cycle Growth Model, *American Economic Review* 71, 533-544.
- STEIGUM, E., 1993, Accounting for Long-run Effects of Fiscal Policy By Means of Computable Overlapping Generations Models, in: S. HONKAPOHJA und M. INGBERG (Hrsg.): *Macroeconomic Modelling and Policy Implications*, 45-67.
- TOBIN, J., 1969, A General Equilibrium Approach to Monetary Theory, *Journal of Money, Credit and Banking* 1, 15-29.

VAN DER LAAN, G. und A.J.J. TALMAN. 1979, A Restart Algorithm for Computing Fixed Points without an extra Dimension, *Mathematical Programming* 17, 74-84.