

Das *Toronto*-Technologieprogramm

Maßnahmen, Effekte und gesamtwirtschaftliche Kosten
eines Technologieprogramms zur Erreichung des
Toronto-Emissionsziels für CO₂ in Österreich
und die vergleichbaren EU-Strategien

November 1998

Kurt Kratena
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung

Stefan Schleicher
Birgit Friedl
Universität Graz

Hans Schnitzer
Technische Universität Graz

Helfried Gartner
Wolfgang Jank
Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

Gilbert Ahamer
Klaus Radunsky
Umweltbundesamt

Das <i>Toronto</i>-Technologieprogramm für Österreich	1
Höhere Energieeffizienz in Produktion und Konsum	1
Über 200 Mrd S mehr Investitionen und bis zu 12.000 mehr Beschäftigte	1
Kosteneffiziente Finanzierungsmodelle	1
Struktur des <i>Toronto</i>-Technologieprogramms	2
Mehr Chancen für erneuerbare Energieträger	2
Höhere Effizienz bei der Energiebereitstellung	2
Höhere Effizienz bei der Energieverwendung	2
Ermittlung der Investitionskosten	3
Privat- und gesamtwirtschaftliche Kosteneffizienz	3
Reduktionsbestimmte zusätzliche Investitionsaufwendungen	3
Bewertung von 34 Maßnahmen	4
Umsetzung des Maßnahmenpakets	4
Direkte Investitionsaufwendungen für das Technologieprogramm	5
Gesamtwirtschaftliche Effekte des Technologieprogramms	6
Konzeption der Modellanalysen	6
Effekte auf Nachfrage, Produktion und Beschäftigung	7
Effekte auf die öffentlichen Budgets	9
Außenwirtschaftliche Effekte	11
Gesamtwirtschaftliche Effekte am Beispiel einer Maßnahme	12
Sektorale Effekte des Technologieprogramms	14
Struktur des Investitionsprogramms	14
Auswirkungen auf die Energienachfrage	15
Simulationen mit dem multisektoralen Modell	15
Effekte auf Produktion und Beschäftigung	16
Regionale Effekte des <i>Toronto</i>-Technologieprogramms	20
Kosten der CO₂-Reduktion im <i>Toronto</i>-Technologieprogramm	21
Literatur	23
Anhang 1 Zusammenfassung der Maßnahmen im Rahmen des <i>Toronto</i>-Technologieprogramms	25

Anhang 2 Struktur des multisektoralen Modells für die österreichische Wirtschaft	30
Anhang 3 Vergleiche mit Modellen zur Evaluierung der Effekte von CO₂-Reduktionen in der EU	36
E3ME – Energy-Environment-Economy Model for Europe	37
GEM-E3 (General Equilibrium Model for Economy-Energy-Environment)	41
Vergleich der Modellstrukturen und der wirtschaftspolitischen Aussagen	46
Anhang 4 EU-weite Reduktionsstrategien im Sinn des Kyoto-Protokolls	50
Treibhausgasemissionen der EU	50
Zusammenfassung der Klimaschutzmaßnahmen zur Erreichung des Kyoto-Reduktionsziels in der EU	51
Kosten und Nutzen der Reduktionsstrategien	57
Literatur (Anhang)	59

Das *Toronto*-Technologieprogramm für Österreich

Das *Toronto*-Technologieprogramm soll nicht nur zeigen, wie entsprechend dem *Toronto*-Ziel die österreichischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 20% gegenüber 1988 reduziert werden können, sondern auch einen kräftigen Innovationsimpuls zur Restrukturierung der österreichischen Wirtschaft in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung auslösen.

Die Basis für das *Toronto*-Technologieprogramm sind die vorgeschlagenen Maßnahmen zu einer Klimaschutzvereinbarung zwischen Bund und Ländern. Folgende Eigenschaften charakterisieren dieses *Toronto*-Technologieprogramm:

Höhere Energieeffizienz in Produktion und Konsum

- Für Produzenten und Konsumenten sollen Anreize zum Übergang auf effiziente Energietechnologien gesetzt werden.
- Damit können mit weniger Kosten und Schadstoffen die erforderlichen Energiedienstleistungen bereitgestellt werden.

Über 200 Mrd S mehr Investitionen und bis zu 12.000 mehr Beschäftigte

- Insgesamt umfaßt das vorgeschlagene Technologieprogramm über neun Jahre Investition von 99 Mrd S.
- Damit werden in der Folge Investitionsaktivitäten von über 200 Mrd S ausgelöst.
- Für den Arbeitsmarkt bewirkt dies die Nachfrage nach bis zu 12.000 zusätzlich beschäftigten Personen.

Kosteneffiziente Finanzierungsmodelle

- Ein großer Teil der vorgeschlagenen Technologieinvestitionen finanziert sich selbst durch die eingesparten Energiekosten.
- Für einen Teil des Technologieprogramms sind Anreizfinanzierungen des öffentlichen Sektors vorgesehen.
- Diesen öffentlichen Aufwendungen aus bestehenden Budgetansätzen in der Höhe von jährlich 1,4 Mrd S steht ein Vielfaches an zusätzlichen Einnahmen aufgrund der Erhöhung der wirtschaftlichen Aktivität gegenüber.

Struktur des *Toronto*-Technologieprogramms

Das vorgeschlagene Technologieprogramm basiert auf Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) und des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (BMUJF), in denen die Maßnahmen für eine Klimaschutzvereinbarung sowohl hinsichtlich der CO₂-Reduktionpotentiale als auch hinsichtlich der dafür notwendigen Investitionsaufwendungen bewertet werden.

Insgesamt ist mit diesem Maßnahmenpaket entsprechend dem Toronto-Emissionsziel eine Verminderung der österreichischen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005 um 20% gegenüber 1988 erreichbar. Das bedeutet, daß gegenüber der derzeitigen WIFO-Energieprognose für das Jahr 2005 ein Reduktionspotential von 13,7 Mio Tonnen CO₂ zu aktivieren ist.

Das gesamte Technologie-Programm samt den erwarteten Reduktionseffekten bei den CO₂-Emissionen ist im Anhang detailliert dargestellt und kann in folgenden Schwerpunkten zusammengefaßt werden:

Mehr Chancen für erneuerbare Energieträger

Vor allem durch die verstärkte Nutzung von Biomasse und Biogas und der Ausweitung der erfolgreichen Programme für Solarkollektoren soll einerseits der Marktanteil heimischer Energieträger erhöht werden und andererseits die Auslandsabhängigkeit bei fossiler Energie reduziert werden.

Höhere Effizienz bei der Energiebereitstellung

In allen thermischen Verwendungen von Energie soll grundsätzlich der Übergang auf Technologien angestrebt werden, die durch die gemeinsame Erzeugung von Wärme und Elektrizität zu einer deutlichen Erhöhung der Wirkungsgrade bei der Energiebereitstellung führen. Die diesbezüglichen Investitionsaktivitäten betreffen den Ausbau von Wärmenetzen, die Abwärmenutzung aus bestehenden Anlagen der Stromerzeugung und die Forcierung der Kraft-Wärme-Kopplung.

Höhere Effizienz bei der Energieverwendung

Empfohlen wird dabei einerseits ein Programm zur Verbesserung der thermischen Gebäudequalität sowohl im Altbau als auch im Neubau und andererseits eine umfassende Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur. Alle in diesen Bereichen vorgesehenen technologischen Innovationen führen zu zusätzlichen Wohlstandsgewinnen über mehr Qualität beim Wohnen und bei der Erfüllung von Mobilitätsdienstleistungen.

Ermittlung der Investitionskosten

Die Investitionsaufwendungen, mit denen die CO₂-Reduktionspotentiale des vorgeschlagenen Technologieprogramms erschlossen werden können, wurden anhand von verfügbaren Forschungsergebnissen abgeschätzt und hinsichtlich ihrer gesamtwirtschaftlichen Kosteneffizienz überprüft.

Die Berechnungen von UBA und BMUJF kombinieren die Angaben über spezifische CO₂-Reduktionskosten mit Angaben über die mittelfristigen Potentiale von Energieeffizienzsteigerungen und alternativen Energiequellen (z.B.: Biomasse, Windenergie).

Privat- und gesamtwirtschaftliche Kosteneffizienz

Die grundsätzliche Philosophie der Kostenschätzung besteht in einer Auswahl von im laufenden Betrieb kostenneutralen Maßnahmen, bei denen es lediglich einer Anstoßfinanzierung bedarf, da innerhalb der privatwirtschaftlich geltenden Amortisationsdauer nicht der gewünschte *return on investment* generiert werden kann. Mit der Übernahme dieser Anstoßfinanzierung und des Risikos werden die aufgelisteten Investitionen aber rentabel.

Aus diesem Grund wurden in dieser Kostenabschätzung nur die Investitionskosten berücksichtigt. Die laufenden Kosten des Betriebes werden bei diesem Zugang zur Kostenproblematik unwesentlich, da die Maßnahmen umgekehrt auch Energiekosten für den Einsatz fossiler Energie sparen. Kritisch ist lediglich die Länge der Amortisationsdauer, bezüglich der die privatwirtschaftliche und die gesamtwirtschaftliche Perspektive unterschiedliche Ergebnisse liefern.

Reduktionsbestimmte zusätzliche Investitionsaufwendungen

Ein weiterer Aspekt der Kostenabschätzungen war, nur jene Kosten zu berücksichtigen, die nach jetzigem Wissensstand tatsächlich zusätzliche Kosten im Rahmen der geplanten Klimaschutzvereinbarung sind. Dadurch fallen Maßnahmen im Verkehrsbereich aus der Kosten- und Investitionsbetrachtung weitgehend heraus, da diese Maßnahmen unabhängig von dieser Vereinbarung ohnehin getätigt und aus anderen Quellen finanziert werden. Das bedeutet nicht, daß Maßnahmen im Verkehrsbereich besonders billig im Sinne der spezifischen Kosten der CO₂-Reduktion sind - eher das Gegenteil ist der Fall - oder daß Maßnahmen in diesem Bereich für die CO₂-Reduktionspolitik unbedeutend sind.

Generell ist darauf hinzuweisen, daß die Betrachtung von Kosten eine Frage des Entscheidungshorizontes ist, den man einzubeziehen bereit ist. Die volle Anlastung aller betriebswirtschaftlichen Kosten ist dann gerechtfertigt, wenn es auf gesamtwirtschaftlicher Ebene keine relevanten Kosten gibt, auf die eine CO₂-Minderungsmaßnahme wirkt. In dem Moment, in dem eine Volkswirtschaft

durch nicht optimale Ausgangsbedingungen (z.B.: Unterbeschäftigung, strukturelle Leistungsbilanzprobleme) gekennzeichnet ist, sind auch die Auswirkungen von öffentlich mitfinanzierten CO₂-Minderungsmaßnahmen mit zu berücksichtigen. Weiters sind die Effekte auf die öffentlichen Budgets zu berücksichtigen.

Als zusätzliche Angaben enthalten die Berechnungen des UBA und des BMUJF eine Aufspaltung in notwendige Investitionsvolumina innerhalb der aufgelisteten Maßnahme und die - aus Erfahrungswerten gewonnene - dafür notwendige Anstoßfinanzierung in Form öffentlicher Förderungen.

Bewertung von 34 Maßnahmen

Mit den zahlenmäßig bewerteten 34 Maßnahmen, die eine Auswahl aus insgesamt 60 Maßnahmen darstellen, sind 15,6 Mio t CO₂ reduzierbar, das ist mehr als der für das Toronto-Ziel erforderliche Wert von 13,7 Mio t CO₂.

Die Aktivitäten zur Forcierung der Photovoltaik erfordern eine spezielle Kommentierung. Diese Aktivitäten sind wohl im Maßnahmenkatalog enthalten, wurden jedoch aus den Kostenanalysen ausgeklammert. Die Begründung dafür liegt in dem relativ geringen CO₂-Minderungspotential und den relativ hohen Kosten. Unter zukunftsorientierten technologiepolitischen Aspekten erscheint jedoch die Förderung von Photovoltaik aus anderen budgetären Quellen sinnvoll.

Umsetzung des Maßnahmenpakets

Die erfolgreiche Implementierung der 34 Maßnahmen wird nicht nur von der Bereitstellung allenfalls erforderlicher Mittel für die Anstoßfinanzierung, sondern auch von der Beseitigung von Hemmnissen abhängen, die nicht-monetärer Natur sind. Gemeint sind dabei strukturelle, institutionelle und rechtlich-administrative Barrieren, die maßnahmenspezifisch auftreten und maßnahmenspezifische Lösungen erfordern. Die Palette der Instrumente reicht von legislativen Maßnahmen über technische Vorschriften bis hin zu Beratungs- und Finanzierungshilfen.

Die für den vorliegenden Maßnahmenkatalog relevanten Hemmnisse sind im Rahmen verschiedener Arbeiten bereits im Detail untersucht worden. Entsprechende Lösungsvorschläge für deren Beseitigung finden sich in mehreren energie- und umweltpolitischen Konzepten der Österreichischen Bundesregierung. Genannt seien das Energiesparprogramm 1988, der Energiebericht 1993 und der Klimabericht 1997.

Direkte Investitionsaufwendungen für das Technologieprogramm

Das gesamte Investitionsvolumen

Die direkt dem Toronto-Technologieprogramm zurechenbaren Investitionsaufwendungen, die zur Realisierung des angesprochenen CO₂-Minderungspotentials notwendig sind, betragen pro Jahr 11 Mrd S. Zwischen 1997 und 2005, dem für dieses Technologieprogramm vorgesehenen Zeitraum, ergibt sich somit ein gesamtes Investitionsvolumen von 99 Mrd S (zu laufenden Preisen).

Die öffentliche Anstoßfinanzierung

Um diese Investitionsaktivitäten für das Toronto-Technologieprogramm zu aktivieren, ist eine öffentliche Anstoßfinanzierung von jährlich 1,44 Mrd S vorgesehen. Für die Finanzierung dieses öffentlichen Anteils am Technologieprogramm ist folgende Bedeckung vorgesehen:

- 830 Mio S Länderanteil aus der Energiesteuer
- 250 Mio S Umweltförderung des Bundes
- 360 Mio S Umschichtungen in bestehenden Budgets

Für jene Finanzierungskomponente, die Umschichtungen in bestehenden Budgets anspricht, ist vor allem eine Umwidmung in der Wohnbauförderung zugunsten der Altbautensanierung

Gesamtwirtschaftliche Effekte des Technologieprogramms

Für die Analyse der gesamtwirtschaftlichen Effekte des vorgeschlagenen Technologieprogramms wurde ein Computermodell über die makroökonomischen Zusammenhänge der österreichischen Wirtschaft entwickelt.

Konzeption der Modellanalysen

Es handelt sich um ein makroökonomisches Modell, das derart an ein multisektorales Modell gekoppelt ist, daß die gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Effekte des Technologieprogramms auf eine konsistente Weise quantifiziert werden können.

Das makroökonomische Modell ist ein traditionell keynesianisches, dynamisches Modell der österreichischen Wirtschaft mit ausgebautem öffentlichem Sektor. Bei der Modellierung der Nachfragekomponenten werden die gesamten Investitionen als endogen betrachtet. Im Technologieprogramm werden die Investitionen erhöht, dabei wird in die dynamische Investitionsleichung eingegriffen, so daß der Effekt zusätzlich ausgelöster Investitionen (Akzelerator) berücksichtigt wird.

Das Sektormodell enthält ebenfalls einen kleinen makroökonomischen Block, um als geschlossenes Modell verwendet werden zu können.

In diesem Makromodell-Block werden die Summen der Endnachfragekomponenten privater Konsum, Brutto-Anlageinvestitionen, Lagerveränderungen, öffentlicher Konsum und Exporte bestimmt. Dabei werden die Investitionen auf die Kategorien Wohnbau, sonstiger Hochbau, Tiefbau, Maschinen und Fahrzeuge aufgespalten und einzeln modelliert. In einem zweiten Schritt werden Summen der Endnachfragekategorien aufgrund von ökonometrisch modellierten Nachfragesystemen oder mit einfacheren Submodellen aufgeteilt, d.h. in Nachfrage nach bestimmten Gütern umgewandelt.

Die konsistente Ankoppelung erfolgt in der Weise, als bezüglich der Endnachfragekomponenten die Ergebnisse des Makromodells die Eingangsdaten für das Sektormodell darstellen.

Effekte auf Nachfrage, Produktion und Beschäftigung

Die Simulationen des *Toronto*-Technologieprogramms mit dem Makromodell-Block liefern bezüglich der Auswirkungen auf die Nachfrage, die Produktion und die Beschäftigung folgende Ergebnisse, die in den Tabellen 1 bis 3 zusammengefaßt sind:

- Der kurzfristige Multiplikator der direkten Investitionsaufwendungen liegt bei ca. 1,5 und der mittelfristige Multiplikator liegt aufgrund zusätzlicher Akzeleratorwirkungen bei den Investitionen über 2.
- Das bedeutet, daß mit einem Investitionsvolumen von 11 Mrd S jährlich (im Zeitraum 1997-2005) der Unterschied im BIP im neunten Jahr fast 25 Mrd S beträgt. Der Effekt auf die Gesamtnachfrage beläuft sich auf rund 48 Mrd S im neunten Jahr, die Hälfte davon, also 24 Mrd S, wird in Form von zusätzlicher Importnachfrage wirksam, die andere Hälfte wirkt BIP-erhöhend.
- Der Effekt auf die Beschäftigung wird nicht nur durch das zusätzliche Produktionsvolumen sondern auch durch die gleichzeitig steigende Produktivität beeinflußt. Der BIP-Effekt von zusätzlich 1,2% wirtschaftlicher Aktivität im neunten Jahr wird deshalb nur im Ausmaß von 0,4% beschäftigungswirksam. Das bedeutet aber dennoch, daß nach dem ersten Jahr dieses Technologieprogramm zusätzlichen 8.000 bis 12.000 Personen eine Beschäftigung bietet.

Tabelle 1: Effekt auf die Inlandsnachfrage
(in Mrd S)

	Privater Konsum	Öffentlicher Konsum	Anlage-Investitionen	Lager-Veränderung	Inlands-Nachfrage
1997	5,2	-0,2	16,3	2,4	23,6
1998	7,5	0,1	21,9	3,3	32,7
1999	9,0	0,5	24,6	3,8	37,9
2000	10,1	1,0	25,8	4,1	41,1
2001	11,1	1,6	26,4	4,3	43,4
2002	11,9	2,0	26,6	4,5	45,1
2003	12,6	2,5	26,7	4,6	46,4
2004	13,1	2,9	26,6	4,7	47,4
2005	13,6	3,2	26,6	4,8	48,2

Tabelle 2: Effekt auf die Gesamtnachfrage und die Produktion
(in Mrd S)

	Inlands-Nachfrage	Exporte	Gesamt-Nachfrage	Importe	BIP
1997	23,6	0	23,6	12,7	10,9
1998	32,7	0	32,7	17	15,7
1999	37,9	0	37,9	19,1	18,7
2000	41,1	0	41,1	20,3	20,8
2001	43,4	0	43,4	21,2	22,2
2002	45,1	0	45,1	21,9	23,1
2003	46,4	0	46,4	22,6	23,8
2004	47,4	0	47,4	23,1	24,2
2005	48,2	0	48,2	23,7	24,5

Tabelle 3: Effekt auf die Produktion und die Beschäftigung
(in Mrd S)

	BIP Mrd S	Beschäftigte 1.000 Pers.
1997	10,9	6,1
1998	15,7	8,7
1999	18,7	10,2
2000	20,8	11,1
2001	22,2	11,7
2002	23,1	12,0
2003	23,8	12,2
2004	24,2	12,2
2005	24,5	12,2

Effekte auf die öffentlichen Budgets

Sehr aufschlußreich sind die Simulationen des *Toronto*-Technologieprogramms bezüglich der Auswirkungen auf die öffentlichen Budgets. In den Tabellen 4 bis 6 sind diese Ergebnisse zusammengefaßt.

- Insgesamt sind die Netto-Einnahmen bei den öffentlichen Budgets in allen Jahren, in denen dieses Technologieprogramm wirksam sein soll, weit über den jährlich projektierten 1,44 Mrd S für öffentliche Anreizfinanzierung, da durch die verstärkte wirtschaftliche Aktivität die zusätzlichen Einnahmen aus öffentlichen Abgaben zwischen 8 und 12 Mrd S jährlich liegen.
- Wohl sind am Ende des Projektzeitraums für dieses Technologieprogramms die indirekten Steuern aufgrund der verringerten Energieeinsätze leicht rückläufig, die Erträge aus direkten Steuern steigen jedoch so stark, daß ein kräftiger Netto-Effekt in den öffentlichen Budgets wirksam wird.
- Ausgabenseitig werden die Budgets durch den verminderten Bedarf an Sozialtransfers entlastet. Auch wären beim Öffentlichen Konsum noch Reduktionen möglich, wenn die historische Dynamik nicht fortgeschrieben wird.

Tabelle 4: Effekt auf die öffentlichen Einnahmen
(in Mrd S)

	Indirekte Steuern	Direkte Steuern	Sozialvers. beiträge	Einnahmen
1997	1,37	2,23	2,23	5,82
1998	1,44	3,30	3,30	8,04
1999	1,12	4,01	4,01	9,13
2000	0,58	4,52	4,52	9,61
2001	-0,09	4,92	4,92	9,75
2002	-0,85	5,24	5,24	9,63
2003	-1,67	5,49	5,49	9,32
2004	-2,55	5,71	5,71	8,87
2005	-3,46	5,89	5,89	8,31

Tabelle 5: Effekt auf die öffentlichen Ausgaben
(in Mrd S)

	Transfers	Subventionen	Öffentlich. Konsum	Ausgaben
1997	-1,32	0	-1,62	-2,94
1998	-1,90	0	-1,69	-3,59
1999	-2,21	0	-1,29	-3,50
2000	-2,37	0	-0,70	-3,06
2001	-2,44	0	-0,06	-2,50
2002	-2,49	0	0,58	-1,91
2003	-2,54	0	1,16	-1,38
2004	-2,62	0	1,68	-0,94
2005	-2,73	0	2,12	-0,62

Tabelle 6: Netto-Effekt auf die öffentlichen Budgets
(in Mrd S)

	Einnahmen	Ausgaben	Netto-Einnahmen
1997	5,82	-2,94	8,76
1998	8,04	-3,59	11,63
1999	9,13	-3,50	12,63
2000	9,61	-3,06	12,67
2001	9,75	-2,50	12,25
2002	9,63	-1,91	11,54
2003	9,32	-1,38	10,70
2004	8,87	-0,94	9,81
2005	8,31	-0,62	8,93

Außenwirtschaftliche Effekte

Das hier zur Anwendung kommende keynesianisch orientierte Makromodell erfaßt die Multiplikatorwirkungen von zusätzlicher Investitionsnachfrage durch Multiplikator- (Privater Konsum) und Akzeleratoreffekte (Investitionen). In einer kleinen, offenen Volkswirtschaft, wie Österreich, liegt die marginale Importneigung beinahe bei 0,5, sodaß die Hälfte des ausgelösten Effektes auf die Gesamtnachfrage wieder als Importnachfrage ins Ausland abfließt. Diese Importeffekte würden im vorliegenden Szenario die Leistungsbilanz mit ca. 20 Mrd S jährlich belasten.

Bei diesen Rechnungen sind die potentiellen positiven „spill over“ - Effekte eines Technologieprogramms auf die Exportseite nicht berücksichtigt. Die empirische Erforschung dieser „spill over“ - Effekte auf fundierter theoretischer Basis stellt weitgehend wissenschaftliches Neuland dar. Eine Quantifizierung dieser Wirkungen war im Rahmen dieser Studie nicht möglich, was eine gewisse Verzerrung der Ergebnisse bezüglich der außenwirtschaftlichen Effekte ergibt. Es gibt gute Gründe und ausländische Beispiele dafür, daß gerade ein Technologieprogramm, das die Umsetzung von Innovation in Firmen vorantreibt, auch positive Wirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit hat. Auch, was die makroökonomische Konsistenz der Simulationsergebnisse betrifft, kann erwartet werden, daß die *zusätzlich ausgelösten* Investitionen von 15 Mrd S im Jahr (26 Mrd S Anlageinvestitionen laut Modellergebnissen minus 11 Mrd S exogener Investitionsimpuls) ein Produktionspotential schaffen, das auch auf die Auslandsmärkte drängt.

Bei Anwendung der durchschnittlichen Exportquote (40%) auf den BIP - Effekt im Jahr 2005 von 24 Mrd S erhält man ein zusätzliches Exportpotential von ca. 9,5 Mrd S.

Gesamtwirtschaftliche Effekte am Beispiel einer Maßnahme

Die gesamte Wirkungskette der Maßnahmen von der öffentlichen Anstoßfinanzierung bis zu den Effekten auf die öffentlichen Budgets läßt sich am besten anhand eines konkreten Beispiels darstellen:

1.7 „Anpassung der Bauordnung“

Diese Maßnahme faßt Investitionen in die Verbesserung der thermischen Gebäudequalität zusammen.

- Öffentliche Anstoßfinanzierung : 220 Mio S

Dafür stehen als Quellen wiederum die Länderanteile an den Energiesteuereinnahmen, die Umweltförderung des Bundes oder Budgetumschichtungen zur Verfügung

- Investitionsimpuls: 1,5 Mrd S Wohnbauinvestitionen

Überträgt man die makroökonomischen Ergebnisse für das Gesamtprogramm proportional auf diese Maßnahme, erhält man im Jahr 2005 BIP-Effekte von 3,1 Mrd S , was wiederum einem Multiplikator von rund zwei entspricht:

- Gesamtwirtschaftliche Wirkungen im Jahr 2005 (in Mrd S) :

Privater Konsum	1,8
Anlageinvestitionen	3,5
sonstige Nachfrage	1,0
Inlandsnachfrage, insgesamt	6,3
Importe	3,2
BIP	3,1

An diesem Beispiel läßt sich auch zeigen, daß die Importeffekte wahrscheinlich leicht überschätzt sind, da von den 1,5 Mrd Wohnbauinvestitionen fast gar nichts als Importnachfrage ins Ausland fließt, sodaß die Importe um ca. 700 Mio S zu hoch angesetzt sein dürften.

Überträgt man auch noch die Ergebnisse zu den Budgeteffekten des Gesamtprogramms proportional auf diese Maßnahme, dann läßt sich ein Budgetsaldo aus dieser Maßnahme berechnen:

- Budgetwirkungen im Jahr 2005 (in Mrd S) :

Einnahmen	1,1
Ausgaben	- 0,08
Nettoeinnahmen	1,18
Anstoßfinanzierung	0,22
Budgetsaldo	0,96

Sektorale Effekte des Technologieprogramms

Für die Analyse der sektoralen Effekte des *Toronto*-Technologieprogramms wurde ein auf einer Input-Output-Tabelle basierendes Sektormodell für 32 Sektoren der österreichischen Wirtschaft verwendet.

Struktur des Investitionsprogramms

Die Struktur des *Toronto*-Technologieprogramms betrifft unterschiedliche Investitionskategorien des multisektoralen Modells (z.B.: Wohnbau, Tiefbau, Maschinen), was stark unterschiedliche sektorale und damit auch makroökonomische Effekte hat. So sind z.B. die Import- und Beschäftigungsreaktionen bei Bauinvestitionen massiv verschieden von jenen bei maschinellen Ausrüstungsinvestitionen.

Das *Toronto*-Technologieprogramm generiert insgesamt Investitionen von ca. 11 Mrd S pro Jahr. Durch die Struktur dieses Programms ist auch die Aufteilung auf die Investitionskategorien gegeben, diese Aufteilung beruht auf den Berechnungen des Umweltbundesamtes (UBA) und des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie (BMUJF)

Die Maßnahmen zur *verstärkten Nutzung von Biomasse und Biogas* und der Ausweitung von Solar- und Windenergie wirken vor allem im Bereich der maschinellen Ausrüstungsinvestitionen.

Die Maßnahmen zur *Erhöhung der Effizienz bei der Energiebereitstellung* betreffen vor allem den Ausbau von Technologien der gemeinsamen Erzeugung von Elektrizität und Wärme. Der Ausbau der Wärmenetze hat dabei einen eindeutigen Schwerpunkt bei Tiefbauinvestitionen, die Forcierung der Abwärmennutzung wirkt im Bereich von maschinellen Anlageinvestitionen, sowie Wohnbau- und Tiefbauinvestitionen.

Die Maßnahmen zur *Erhöhung der Effizienz bei der Energieverwendung* betreffen vor allem die Verbesserung der thermischen Gebäudequalität im Alt- und Neubau. Diese Maßnahmen wirken eindeutig im Bereich der Wohnbauinvestitionen.

Insgesamt ergibt sich durch die Struktur des *Toronto*-Technologieprogramms folgende Struktur der gesamten Investitionsaufwendungen pro Jahr:

Wohnbauinvestitionen	2,1 Mrd S
sonstige Hochbauinvestitionen	0,8 Mrd S
Tiefbauinvestitionen	2,0 Mrd S
Maschinen	6,0 Mrd S
Fahrzeuge	0,1 Mrd S
Insgesamt	11,0 Mrd S

Auswirkungen auf die Energienachfrage

Durch die Erreichung des *Toronto*-Ziels sinkt der Energieinput der einzelnen Sektoren proportional bis 2005 kontinuierlich. Die Implementierung dieser Verbesserung der Energieeffizienz in das multisektorale Modell erfolgt bei den *technischen Koeffizienten* für die Energienachfrage der Sektoren. Die *technischen Koeffizienten* geben an, wieviel Energie (zu konstanten Preisen) eine Aktivität zur Produktion einer Einheit Output (Bruttoproduktionswert zu konstanten Preisen) benötigt. Diese Koeffizienten sind somit ein direktes Maß für die Energieeffizienz im ökonomischen Sinn, sodaß sich das multisektorale Modell besonders dafür eignet, auch die Rückkoppelungen der Erhöhung der Energieeffizienz auf die österreichische Produktion zu erfassen. Mangels besseren Wissens wird die Erhöhung der Energieeffizienz proportional auf alle Energieträger und Sektoren aufgeteilt, im Prinzip ließe sich aber sektorspezifisch bei einzelnen Energieträgern eingreifen.

Simulationen mit dem multisektoralen Modell

Bei den Investitionen wird die Endnachfrage im Modell entsprechend erhöht, dabei werden die aggregierten Multiplikator- (Erhöhung des privaten Konsum) und Akzeleratoreffekte (Generierung zusätzlicher Investitionen) in einem Makroblock erfaßt. Die Ergebnisse dort decken sich mit den gesamtwirtschaftlichen Effekten aus Tabelle 1. Die danach erfolgende Aufteilung auf inländische Produktion und Importe und die Beschäftigungseffekte werden auf disaggregiertem Niveau der einzelnen Sektoren (Güter) modelliert.

Folgende Punkte bei den durchgeführten Simulation sind besonders hervorzuheben:

(1) Es wird die unterschiedliche sektorale Betroffenheit durch die Generierung makroökonomischer Wirkungen bei unterschiedlichen Endnachfragekomponenten explizit berücksichtigt. Im vorliegenden Fall sind vor allem Bau- und Maschineninvestitionen und der private Konsum positiv betroffen. Diese Nachfrageimpulse schlagen aufgrund der sektoral stark unterschiedlichen Importreaktionen sehr unterschiedlich auf die inländische Produktion durch. Bei der Maschinenindustrie wird ein Teil der Wirkungen kurzfristig in Form von Importen verringert, in der Bauwirtschaft und bei Dienstleistungen (privater Konsum) bleibt ein Großteil der Wirkungen im Inland.

(2) Der Energiesektor läßt sich für die vorliegende Fragestellung isolieren. Dadurch können die Wirkungen der CO₂-Reduktionsmaßnahmen auf den Energieinput der anderen Sektoren für die Simulationen exogen vorgegeben werden. Das wirkt im Modell über den Zusammenhang zwischen Importen und inländischer Nachfrage weiter: die geringere Energienachfrage, bedeutet bei gegebener Nachfrage nach sonstigen Produkten weniger Importe und damit - *ceteris paribus* - mehr BIP, was wiederum die Nachfrage (u.a. im Konsum) stimuliert, wo-

durch wieder Multiplikatoreffekte wirksam werden. Es wird somit ein Nettoeffekt eines Maßnahmenkataloges sichtbar, der gleichzeitig die Nachfrage nach Investitionsgütern stimuliert und die Nachfrage nach Energie dämpft. Mikroökonomisch bedeutet das, daß Energie(flüsse) durch Kapital substituiert werden. Mit dem verwendeten Modell können die makroökonomischen Effekte dieses Substitutionsvorganges quantifiziert werden. Diese bestehen darin, daß Energieimporte (die keine heimische Wertschöpfung induzieren) durch Kapitalgüter ersetzt werden, die teils im Inland produziert, teils importiert werden.

Effekte auf Produktion und Beschäftigung

Für die Simulation wurde in zwei Stufen vorgegangen. Zunächst wurden in einer ersten Stufe die Auswirkungen des *Toronto*-Technologieprogramms auf die einzelnen Sektoren der österreichischen Wirtschaft innerhalb von fünf Jahren simuliert. Dabei werden im weiteren die Effekte auf den Bruttoproduktionswert (BPW, entspricht ungefähr dem Umsatz) und die Beschäftigung nach Sektoren ausgewiesen. Ohne Berücksichtigung des geringeren Energieinput sieht man, daß der BPW nach fünf Jahren ca. um 44 Mrd S höher liegt als ohne diese Maßnahmen, wobei der Schwerpunkt der Wirkungen mit über 11 Mrd S in der Bauwirtschaft liegt. Auch in den Investitionsgüter-Sektoren (12-15) werden nach fünf Jahren ca. 4,5 Mrd S an zusätzlicher Produktion ausgelöst. Die in der Tabelle nicht ausgewiesenen BIP-Effekte betragen insgesamt ca. 24 Mrd S.

In einem zweiten Schritt wurde dann der geringere Energieinput in das Modell exogen über eine Veränderung der technischen Koeffizienten des Input-Output Modells eingeführt. Dadurch sinkt die Nachfrage nach den Produkten der Sektoren 2-6. Das bewirkt insgesamt im 5. Jahr ein Absinken des Outputzuwachses von ca. 44 Mrd S auf ca. 18 Mrd S. Im vorliegenden Modell werden dabei alle Rückkoppelungen erfaßt, also auch die geringere Nachfrage der Energiesektoren nach Produkten aller anderen Sektoren aber auch die stärkere Nachfrage nach anderen Produkten aufgrund der geringeren Energie-Importe. Letzteres wirkt in den Sektoren, die ein hohes Gewicht in der Konsumgüternachfrage haben (Nahrungsmittel, Hotel- und Gastgewerbe und sonstige Dienstleistungen).

Bei den Beschäftigungseffekten wird allgemein deutlich, daß im Dienstleistungsbereich wesentlich stärkere Beschäftigungsreaktionen auf den Anstieg der Produktion zu verzeichnen sind als in der Sachgüterproduktion. Ohne die Berücksichtigung geringerer Energieinputs beläuft sich der Beschäftigungseffekt im 5. Jahr auf ca. 16.600 Personen. Vor allem die Bauwirtschaft reagiert sehr stark mit Beschäftigungsausweitungen auf Produktionsausweitungen. Berücksichtigt man die geringere Produktion in den Energiesektoren und nimmt man an, daß diese Sektoren bestrebt sind, die Produktivität zu halten, dann erhält man in diesen Bereichen im 5. Jahr insgesamt einen negativen Beschäftigungseffekt von ca. 4.000 Personen. Der gesamte Beschäftigungseffekt reduziert sich somit auf ca. 12.000 Personen.

Nicht erfaßt sind in diesem Modell die potentiellen positiven Beschäftigungseffekte in der Land- und Forstwirtschaft aufgrund des höheren Biomasse - Aufkommens. Um diese Wirkungen erfassen zu können, müßte das Modell erweitert werden.

Tabelle 7: Sektorale Effekte auf den Bruttoproduktionswert mit niedrigerem Energieinput (in Mrd S)

Sektor	1997	1998	1999	2000	2001
1 Land- und Forstwirtschaft	0,55	0,54	0,55	0,54	0,55
2 Kohle, Koks	-0,06	-0,09	-0,12	-0,15	-0,18
3 Erdöl- u. Erdgasgewinnung	-0,58	-0,99	-1,45	-1,94	-2,46
4 Gasversorgung	-0,93	-1,50	-2,13	-2,82	-3,56
5 Erdölverarbeitung	-0,66	-1,13	-1,64	-2,17	-2,72
6 Elektrizitäts- u. Wärmeversorgung	-3,48	-5,52	-7,78	-10,16	-12,65
7 Wasserversorgung	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
8 Eisen u. Nicht - Eisen Metalle	0,57	0,72	0,77	0,77	0,74
9 Stein- u. Glaswaren	0,62	0,86	0,96	1,00	1,00
10 Chemie	0,34	0,39	0,40	0,40	0,39
11 Metallerzeugnisse	0,62	0,76	0,79	0,76	0,72
12 Maschinenbau	1,73	2,05	2,16	2,16	2,10
13 Büromaschinen	0,15	0,19	0,20	0,20	0,20
14 Elektrotechnische Einrichtungen	0,85	1,10	1,20	1,22	1,19
15 Fahrzeugbau	0,53	0,61	0,65	0,67	0,68
16 Nahrungs- u. Genußmittel, Tabak	1,33	1,41	1,54	1,67	1,80
17 Textilien, Bekleidung, Schuhe	0,10	0,08	0,05	0,01	-0,04
18 Papier u. Pappe, Druckerei	0,37	0,41	0,43	0,43	0,42
19 Gummi- u. Kunststoffwaren	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19
20 Rückgewinnung (Recycling)	0,10	0,12	0,13	0,13	0,14
21 sonstige Sachgüterproduktion	0,93	1,18	1,32	1,39	1,43
22 Bauwesen	6,47	9,08	10,31	10,81	11,01
23 Handel u. Lagerung	3,71	4,46	4,93	5,21	5,42
24 Beherbergungs- u. Gaststättenwesen	0,79	0,84	0,92	1,00	1,09
25 Straßen- u. Bahn- u. Busverkehr	0,67	0,77	0,84	0,87	0,88
26 Schifffahrt, Luftverkehr	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27
27 sonstiger Verkehr	0,64	0,65	0,59	0,48	0,34
28 Nachrichtenübermittlung	0,54	0,62	0,67	0,71	0,74
29 Geld- u. Kreditwesen, Versicherungen	0,89	1,00	1,01	0,95	0,87
30 sonstige marktmäßige Dienste	2,23	2,58	2,85	3,03	3,20
31 nicht - marktmäßige Dienste	0,90	1,03	1,14	1,22	1,29
32 Nicht aufteilbar	1,33	1,74	2,14	2,51	2,90
Insgesamt	21,68	24,41	23,91	21,39	17,99

Tabelle 8: Sektorale Effekte auf die Beschäftigung mit niedrigerem Energieinput (in Personen)

Sektor	1997	1998	1999	2000	2001
1 Land- und Forstwirtschaft	0	0	0	0	0
2 Kohle, Koks	-19	-18	-14	-10	-6
3 Erdöl- u. Erdgasgewinnung	-44	-61	-81	-100	-116
4 Gasversorgung	-38	-57	-76	-95	-114
5 Erdölverarbeitung	-85	-122	-158	-193	-227
6 Elektrizitäts- u. Wärmeversorgung	-1292	-1874	-2455	-3027	-3582
7 Wasserversorgung	0	0	0	0	0
8 Eisen u. Nicht - Eisen Metalle	64	131	157	159	151
9 Stein- u. Glaswaren	48	220	297	322	323
10 Chemie	6	13	14	14	14
11 Metallerzeugnisse	322	439	476	469	442
12 Maschinenbau	143	138	96	74	64
13 Büromaschinen	60	70	73	73	71
14 Elektrotechnische Einrichtungen	183	274	327	347	345
15 Fahrzeugbau	71	100	120	130	134
16 Nahrungs- u. Genußmittel, Tabak	105	110	116	121	126
17 Textilien, Bekleidung, Schuhe	81	75	52	18	-26
18 Papier u. Pappe, Druckerei	85	133	170	196	214
19 Gummi- u. Kunststoffwaren	10	10	10	10	9
20 Rückgewinnung (Recycling)	76	87	94	98	100
21 sonstige Sachgüterproduktion	154	335	424	462	476
22 Bauwesen	4338	6193	7158	7646	7935
23 Handel u. Lagerung	967	1695	2226	2573	2781
24 Beherbergungs- u. Gaststättenwesen	168	436	564	683	802
25 Straßen- u. Bahn- u. Busverkehr	205	308	379	424	449
26 Schifffahrt, Luftverkehr	14	14	15	15	14
27 sonstiger Verkehr	0	0	0	0	0
28 Nachrichtenübermittlung	0	0	0	0	0
29 Geld- u. Kreditwesen, Versicherungen	260	286	281	258	229
30 sonstige marktmäßige Dienste	1070	1279	1445	1577	1698
31 nicht - marktmäßige Dienste	0	0	0	0	0
32 Nicht aufteilbar	0	0	0	0	0
Insgesamt	6950	10214	11710	12245	12303

Regionale Effekte des *Toronto*-Technologieprogramms

Der österreichweite mittelfristige Multiplikator einer Investitionseinheit bezogen auf das BIP beträgt ca. 2. Der Multiplikator bezogen auf den Bruttoproduktionswert (BPW) beträgt zwischen 2 und 4, je nachdem, ob man die Effekte des geringeren Energieverbrauches auf die inländische Energiewirtschaft miteinbezieht oder nicht. Im Extremfall bleibt nur jener Teil des regionalen BPW, der der regionalen Wertschöpfung entspricht, in einem Bundesland und *alle* Vorleistungen werden von anderen Bundesländern importiert. Tatsächlich wird der regionale Multiplikator irgendwo dazwischen liegen und im Durchschnitt der Länder ergibt sich ein Multiplikator von 2.

Prinzipiell gelten folgende Zusammenhänge:

- Je höher der Effekt auf die Bauwirtschaft, umso höher die Wirkungen auf regionale Produktion und Beschäftigung.
- Je höher der regionale „Marktanteil“ am Gesamtoutput der betroffenen Sektoren, um so höher die Wirkungen auf regionale Produktion und Beschäftigung (werden z.B. alle für Cogeneration verwendete Gasturbinen in einem Bundesland erzeugt, dann profitiert nur dieses Bundesland von den Produktionseffekten von Cogeneration).
- Je höher der Anteil von Energieproduktion am regionalen Output, um so stärker der negative Effekt des rückgängigen Energieverbrauchs auf diese Region (der Rückgang der Erdölverarbeitung betrifft vor allem das Bundesland, in dem die Raffinerien stehen).
- Länder mit großen Städten sind eher von thermischer Gebäudesanierung (Effekte auf die Bauwirtschaft) betroffen, Länder mit hohem Biomasspotential eher von den Maßnahmen zur Förderung von Alternativenergien (Effekte auf die Land- und Forstwirtschaft und (entsprechend der Betroffenheit) auf die Maschinenindustrie) und Länder mit hohem Anteil von kalorischer Stromerzeugung eher vom Ausbau der traditionellen Kraft-Wärme-Kopplung (Effekte auf die Bauwirtschaft und auf die Maschinenindustrie).

Kosten der CO₂-Reduktion im *Toronto*-Technologieprogramm

Wie bereits dargestellt, kommen in dieser Untersuchung als Kosten der CO₂-Minderung nur die Investitionskosten in Betracht. Die Begründung dafür liegt in der Feststellung, daß den höheren Kapitalkosten niedrigere Kosten für Energieinputs gegenüberstehen. Die Gesamtkosten der Energiedienstleistung sind somit als Summe von Kosten für Energie und Kapitalkosten gegeben und es lassen sich immer ein Zinssatz und eine Abschreibungsrate angeben, für die - bei gegebenen Energiepreisen - die Gesamtkostenänderung einer neuen Energietechnologie Null beträgt.

Die beiden entscheidenden Parameter bei dieser Betrachtungsweise sind:
der interne Zinssatz der Investition und
die ökonomische Lebensdauer des Kapitalstocks.

Aus beiden ergibt sich die Amortisationsdauer einer neuen Energietechnologie. Dabei kann die aus der Sicht des Gesamtsystems optimale Amortisationsdauer unterschiedlich zu der sich bei rein privatwirtschaftlicher Betrachtung ergebenden Amortisationsdauer sein.

Die dem Investitionsaufwand gegenüberstehende CO₂ - Minderung entspricht einer linearen Funktion zwischen Aufwand und CO₂ - Minderung in einem statischen Konzept, d.h. der zeitliche Verlauf der CO₂ - Minderung ist nicht von Bedeutung und wurde hier so gewählt, daß die Gesamtinvestitionen und die CO₂ - Minderung gleichmäßig auf die Periode 1997-2005 aufgeteilt wurden.

Stellt man bei der Kostenbetrachtung auf die gesamten Investitionskosten ab, dann ergibt sich für die Berechnung der spezifischen Kosten der CO₂-Minderung im *Toronto-Technologieprogramm*:

Investitionskosten, insgesamt:	103,9 Mrd S (Preise 1996)
CO ₂ - Reduktion	15,25 Mio t
Spezifische Kosten:	6.810 S/ t CO ₂

Im Sinne des hier gewählten Kostenbegriffes wäre es aber korrekt, nicht die gesamten Aufwendungen für den zusätzlichen Kapitalstock einzusetzen, da dem ja geringere Energiekosten gegenüberstehen. Kosten im privatwirtschaftlichen Sinn wären nur jene Aufwendungen, die notwendig sind, um die optimale an die

privatwirtschaftliche Amortisationsdauer anzupassen. Diese Kosten entsprechen der öffentlichen Anstoßfinanzierung. Die Berechnung der spezifischen Kosten der CO₂ - Minderung sieht dann folgendermaßen aus:

Anstoßfinanzierung:	13,5 Mrd S (Preise 1996)
CO ₂ - Reduktion	15,25 Mio t
Spezifische Kosten:	855 S/ t CO ₂

Die sich im *Toronto-Technologieprogramm* ergebenden spezifischen Kosten der CO₂ - Minderung von 855 S/t CO₂ können nun mit den Ergebnissen anderer Studien zu diesem Thema verglichen werden. Die einschlägige Untersuchung von Balandynowicz, Reuter, Voss (1995) enthält Durchschnittskosten von 871 S/t CO₂ zu Preisen von 1990. Diese Untersuchung bestätigt somit das sich aus mikroökonomischer Perspektive ergebende Resultat, daß die spezifischen Kosten der CO₂ - Minderung in Österreich über jenen anderer europäischer Länder liegen, soweit darüber Ergebnisse vorliegen (Capros, Mantzos, Kokkolakis, 1997).

Gleichzeitig zeigt sich, daß die mikroökonomische Perspektive nicht der einzige Aspekt bei einer wirtschaftspolitischen Evaluierung sein darf. Auch auf EU - Ebene wird den Studien zu den Kosten von CO₂ - Emissionszielen neuerdings eine Evaluierung der makroökonomischen Effekte von Instrumenten zur Erreichung von CO₂ - Emissionszielen gegenübergestellt (Capros, Georgakopoulos; Kotsomiti, Filippoupolitis, 1997). Die makroökonomischen Wirkungen des Technologieprogramms müssen dem mikroökonomischen Kostenaspekt gegenübergestellt werden. Die Wirkung auf die Wohlfahrt des einzelnen - wiederum in mikroökonomischer Perspektive - wird durch die makroökonomischen Wirkungen wesentlich mitbestimmt.

Literatur

- Anderton, B., B. Pesaran, S. Wren-Lewis. 1992. Imports, Output and the Demand for Manufactures. *Oxford Economic Papers*, 44.
- Balandynowicz, H.W., A. Reuter, A. Voss. 1995. *Kosteneffektivitätsanalyse von CO₂ - Emissionsminderungspotentialen - Eine Fallstudie für Österreich*. Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs. Wien.
- Barker, T. 1997. Taxing Pollution Instead of Jobs. In T. O'Riordan, Hsg., *Ecotaxation*. London, 163-209.
- Barker, T., W. Peterson, Hsg. 1987. *The Cambridge Multisectoral Dynamic Model of the British Economy*. Cambridge Studies in Applied Econometrics. Cambridge: Cambridge University Press.
- Capros, P., L. Mantzos, E. Kokkolakis. 1997. *Evaluation of Policies and Measures and their Costs for the EU to Meet the Kyoto Target of -15% CO₂ Emissions*. National Technical University of Athens.
- Capros, P., T. Georgakopoulos, S. Kotsomiti, A. Filippoupolitis. 1997. *Macroeconomic Implications of the Kyoto CO₂ Target for the EU*. National Technical University of Athens.
- Davidson, J.E.H., D.F. Hendry, F. Srba, S. Yeo. 1987. Econometric Modelling of Aggregate Time Series Relationship Between Consumers' Expenditures and Income in the United Kingdom. *The Economic Journal*, 88.
- Deaton, A., J. Muellbauer, 1980. An Almost Ideal Demand System. *American Economic Review*, 70(3).
- Engle, R.F., C.W.J. Granger. 1987. Cointegration and Error Correction. *Econometrica*, 55.
- EU-Commission, DG XII, Hrsg. 1995. *E3ME - An Energy-Environment-Economy Model for Europe*. EUR 16715 EN, Brüssel.
- Glück, H., S. Schleicher. 1995. Endogenous Technical Progress Induced by CO₂ Reduction Policies: Simulation Results for Austria. *Environmental and Resource Economics*, 5(2), 151-163.
- Hansen, G. 1985. Die Nachfrage nach nichtdauerhaften Gütern - Eine Schätzung an Hand des Almost-Ideal-Demand-Systems. *Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik*, 200(1).
- Koepl, A., K. Kratena, C. Pichl, F. Schebeck, S. Schleicher, M. Wueger. 1996. Macroeconomic and Sectoral Effects of Energy Taxation in Austria. *Environmental and Resource Economics*, 8(4), 417-430.
- Kratena, K., M. Wüger. 1995. Das WIFO-Modell für die österreichischen Wirtschaftssektoren. *WIFO-Monatsberichte*, 68(9).
- Phillips, P.C.B., M. Loretan. 1991. Estimating Long-run Economic Equilibria. *Review of Economic Studies*, 58.

- Schneider, M., M. Wüger. 1988. *Nachfrage nach Nahrungsmitteln und Getränken. Analyse und Vorschau bis 1995/96*. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft. Wien: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung.
- Wolters, J. 1995. Kointegration und Zinsentwicklung im EWS - Eine Einführung in die Kointegrationsmethodologie und deren Anwendung, *Allgemeines Statistisches Archiv*, 79.

Anhang 1

Zusammenfassung der Maßnahmen im Rahmen des *Toronto*-Technologieprogramms

1. Energie

Forcierung der Fern- und Nahwärmenutzung

(a) Fossile Energieträger:
CO₂-Einsparpotential 1,1 Mt/a, Energieeinsparung 12,4 PJ, Investitionskosten 13,2 Mrd S, Förderbedarf 10%.

(b) Biomasse:
CO₂-Einsparpotential 0,15 Mt/a, Energieeinsparung 1,6 PJ, Investitionskosten 2,3 Mrd S, Förderbedarf 40%.

Aufbau raumplanerisch durchdachter Energieversorgungsgebiete; Abstimmung der leitungsgebundenen Energieträger; Vorrang für erneuerbare Energieträger, insbesondere Biomasse

Nicht quantifiziert, wichtig zur Ermöglichung von 1.1

Biomasse

CO₂-Einsparpotential 1,5 Mt/a, Energieeinsparung 15,5 PJ, Investitionskosten 17,2 Mrd S, Förderbedarf 15%.

Windenergie

CO₂-Einsparpotential 0,07 Mt/a (0,823 t/MWh), Energieeinsparung 0,29 PJ, Investitionskosten 0,7 Mrd S, Förderbedarf 50%.

Solarenergie - Photovoltaik

CO₂-Einsparpotential 0,035 Mt/a, Energieeinsparung 0,14 PJ, Investitionskosten 4,5 Mrd S, Förderbedarf 90%.

Solarenergie - Solarkollektoren	CO ₂ -Einsparpotential 1 Mt/a, Energieeinsparung 9 PJ, Investitionskosten 16,5 Mrd S, Förderbedarf 10%.
Biogas	CO ₂ -Einsparpotential 0,3 Mt/a, Energieeinsparung 8,2 PJ, Investitionskosten 8,7 Mrd S, Förderbedarf 30%. Methanreduktion nicht berücksichtigt.
Wasserkraft	CO ₂ -Einsparpotential 0,5 Mt/a, Energieeinsparung 2,16 PJ, Investitionskosten 3 Mrd S, Förderbedarf 30%.
Anpassung der energierelevanten Bauordnungs-, Raumordnungs- und Flächenwidmungsbestimmungen an Stand der Technik.	(a) Neubau: 50 kWh/m ² bis 2011 48.000 m ² /Jahr werden erneuert (b) Altbau: 75 kWh/m ²
Energiesteuer	Best-Case aus WIFO-Studie (sukzessiver Anstieg). Davon wird nur die Hälfte als Zusatzeffekt (Beschleunigung der Maßnahmen) berechnet, nämlich 0,9 Mt CO ₂ -Einsparung.
Ausarbeitung und Abstimmung von Energiekonzepten auf Gemeinde-, regionaler und Landesebene - Erstellung regionaler Energiekonzepte und -bilanzen	Minderungspotential ist beinhaltet in 1.7.
Verstärkte Nutzung der Abwärme u.a. bei der Stromproduktion, bei der thermischen Behandlung von Abfällen und Einrichtungen zur Kälteerzeugung	CO ₂ -Einsparpotential 0,8 Mt/a, Investitionskosten 7,5 Mrd S, kein Förderbedarf angenommen. (Hier nur das in 1.1 und 4.2 noch nicht erfaßte Potential.)
Begleitende Aktivitäten	CO ₂ -Einsparpotential 0,3 Mt/a, Investitionskosten 3,5 Mrd S, Förderbedarf 20%.

Forschung / Entwicklung / Demonstration / Anwendung

CO₂-Einsparpotential 0,1 Mt/a, Investitionskosten 1,5 Mrd S, Förderbedarf 20%.

2. Abfallwirtschaft

Vermeidung von Deponiegasemissionen sowie energetische Nutzung des Deponiegases und des Klärschlammes

CO₂-Einsparpotential 0,2 Mt/a

3. Verkehr

Anpassung und Einsatz der örtlichen und überörtlichen Raumplanungsinstrumente zur Reduktion der Transportbedürfnisse und Transportdistanzen und Orientierung der Erschließungsformen an den energieeffizientesten Verkehrsmitteln

CO₂-Einsparpotential 0,2 Mt/a, Investitionskosten 5 Mrd S, kein Förderbedarf angenommen.

Spezielle Maßnahmen im Güterverkehr zur Förderung energieeffizienterer Transportketten sowie Initiativen zur Verlagerung auf die Schiene und den Kombinierten Verkehr

CO₂-Einsparpotential 0,3 Mt/a.

Verkehrsorganisation und Verkehrsplanung zur Förderung und zum Ausbau der energieeffizientesten Verkehrsmittel

CO₂-Einsparpotential 0,4 Mt/a.

Erschließung zusätzlicher Finanzierungsquellen für den Ausbau und die Attraktivierung des öffentlichen Nahverkehrs	CO ₂ -Einsparpotential 1,2 Mt/a.
Senkung des Treibstoffverbrauchs von Kraftfahrzeugen, insbesondere Realisierung einer 5l/100 km Otto-Pkw-Neuzulassungsflotte und einer 4,5 l/100 km Diesel-Pkw-Neuzulassungsflotte bis zum Jahr 2005 als ersten Schritt	CO ₂ -Einsparpotential 0,6 Mt/a.
Verbrauchsbegrenzung nicht-straßengebundener Fahrzeuge	CO ₂ -Einsparpotential 0,1 Mt/a.
Überprüfung der Mineralölsteuersätze	Derzeit keine Anhebung der Mineralölsteuersätze vorgesehen.
Einführung von Road Pricing	CO ₂ -Einsparpotential 0,5 Mt/a, Investitionskosten 3 Mrd S.
Öffentlichkeitsarbeit und Bewußtseinsbildung zur verstärkten Benützung energieeffizienterer Verkehrsmittel	CO ₂ -Einsparpotential 0,2 Mt/a, Investitionskosten 0,3 Mrd S, Förderbedarf 30%.
Durchführung und Finanzierung von Forschungs- und Technologieprogrammen, Modellvorhaben und Pilotprojekten für eine klimaverträgliche Mobilität	CO ₂ -Einsparpotential 0,2 Mt/a, Investitionskosten 0,3 Mrd S, Förderbedarf 30%.
Forcierung des Einsatzes von Fahrzeugen mit alternativem Antrieb speziell in städtischen bzw. ökologisch sensiblen Bereichen (Elektro-, Solar- und Hybridfahrzeuge bzw. mit Treibstoffen auf biogener Basis)	CO ₂ -Einsparpotential 0,2 Mt/a, Investitionskosten 0,6 Mrd S, Förderbedarf 50%.

4. Industrie

Ersatz fossiler Energieträger durch biogene (siehe auch Punkt 1.1)	CO ₂ -Einsparpotential 0,3 Mt/a, Investitionskosten 0,5 Mrd S, Förderbedarf 40%.
Forcierung der Kraft-Wärme-Kopplung, insbesondere der Kraftauskopplung und der Einspeisung von Strom in öffentliche Versorgungsnetze sowie der kaskadischen Nutzung von Energie	Entwicklung wie im Baseline Szenario angenommen.
Begleitende Aktivitäten	CO ₂ -Einsparpotential 0,3 Mt/a, Investitionskosten 1,5 Mrd S, Förderbedarf 20%.

5. Kleinverbrauch

Ausschöpfung der Stromsparpotentiale bei Haushalts-, Büro- und Unterhaltungsgeräten sowie bei Beleuchtungssystemen und Elektromotoren	CO ₂ -Einsparpotential 0,6 Mt/a, kein Förderbedarf angenommen.
Verbesserung der thermischen Qualität der Heizsysteme bzw. Warmwasseranlagen	CO ₂ -Einsparpotential 1,4 Mt/a, Investitionskosten 5 Mrd S, kein Förderbedarf angenommen.

6. Land- und Forstwirtschaft

Forcierung der biologischen Landwirtschaft und Maßnahmen umweltschonender Wirtschaftsweisen	CO ₂ -Einsparpotential 0,1 Mt/a.
Verdoppelung des Einsatzes langlebiger Holzprodukte	CO ₂ -Einsparpotential 0,2 Mt/a.

Anhang 2

Struktur des multisektoralen Modells für die österreichische Wirtschaft

Eine genaue Beschreibung des vom WIFO verwendeten Sektormodells findet sich in Kratena, Wüger (1995). Es handelt sich um ein auf einer Input - Output - Tabelle basierendes Modell, in dem Importe, Produktion und Beschäftigung auf der Ebene einzelner Sektoren durch eine Kombination von ökonomischen Methoden mit der traditionellen Input - Output Analyse berechnet werden. Das Modell wurde seit 1995 um einen makroökonomischen Block erweitert und auf das Aggregationsniveau von 32 Aktivitäten vertieft.

Die Erfassung der Lieferverflechtungen zwischen den Branchen basiert auf der offiziellen Input - Output - Tabelle (I-O Tabelle) 1983 des Österreichischen Statistischen Zentralamts (ÖSTAT). Diese offizielle Tabelle gibt die Strukturen der österreichischen Wirtschaft für das Basisjahr 1983 korrekt wieder. Der Einbau neuer statistischer Informationen über die Vorleistungsstrukturen erfolgt im Modell laufend im Rahmen einer Dynamisierung der Intermediärnachfrage. Diese Methode erlaubt die Erstellung einer fortgeschriebenen Input - Output Tabelle 1994 für 32 Sektoren der österreichischen Wirtschaft. Von 1994 an wird die Vorleistungsstruktur aufgrund der Erfahrungen der Vergangenheit extrapoliert.

Die Klassifikation unterscheidet folgende 32 Sektoren, die aus den sektoralen Detaildaten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung rekonstruiert werden können.

Die Wahl der Aktivitäten erfolgte im Hinblick auf ein Forschungsprojekt zur Konstruktion eines multisektoralen Modells für die Volkswirtschaften der EU - Länder (E3ME), in das das WIFO als österreichischer Partner eingebunden ist (EU - Kommission, 1995). Dieses Projekt wird von Cambridge Econometrics geleitet und orientiert sich an dem für Großbritannien im Rahmen des von Richard Stone initiierten *Growth Project* konstruierten multisektoralen Modell (Barker, Peterson, 1987). Aus Gründen der internationalen Vergleichbarkeit wurde auch das Jahr 1985 als Preisbasis für die Berechnung der Variablen zu konstanten Preisen gewählt.

Sektor	
1	Land- und Forstwirtschaft
2	Kohle, Koks
3	Erdöl- u. Erdgasgewinnung
4	Gasversorgung
5	Erdölverarbeitung
6	Elektrizitäts- u. Wärmeversorgung
7	Wasserversorgung
8	Eisen u. Nicht - Eisen Metalle
9	Stein- u. Glaswaren
10	Chemie
11	Metallerzeugnisse
12	Maschinenbau
13	Büromaschinen
15	Elektrotechnische Einrichtungen
16	Nahrungs- u. Genußmittel, Tabak
17	Textilien, Bekleidung, Schuhe
18	Papier u. Pappe, Druckerei
19	Gummi- u. Kunststoffwaren
20	Rückgewinnung (Recycling)
21	Sonstige Sachgüterproduktion
22	Bauwesen
23	Handel u. Lagerung
24	Beherbergungs- u. Gaststättenwesen
25	Straßen- u. Bahn- u. Busverkehr
26	Schifffahrt, Luftverkehr
27	Sonstiger Verkehr
28	Nachrichtenübermittlung
29	Geld- u. Kreditwesen, Versicherungen
30	Sonstige marktmäßige Dienste
31	nicht - marktmäßige Dienste
32	Nicht aufteilbar

Der Lösungsalgorithmus des Modells läuft über eine simultane Bestimmung von Gesamtnachfrage, Importen und heimischem Output auf der Basis der dem I-O Modell zugrundeliegenden Güterbilanzen und unter Berücksichtigung makroökonomischer Multiplikator- und Akzeleratoreffekte. Das Modell - ist wie schon in Kratena, Wüger (1995) dargestellt - ein reines Mengenmodell ohne Preisvariablen. Die Güterbilanz läßt sich mit den Gleichungen (1) bis (3) darstellen. Dabei ist F der Spaltenvektor der gesamten Endnachfrage, der Summe aus privatem Konsum (C), Wohnbauinvestitionen (IWB), sonstigen Hochbauinvestitionen (IHB), Tiefbauinvestitionen (ITB), maschinellen Investitionen ($IMASCH$), Fahrzeuginvestitionen (IFZ), Lagerveränderungen (LV), öffentlichem Konsum (G) und Exporten (X). Der Vektor der gesamten Intermediärnachfrage ergibt sich durch Multiplikation des Outputvektors $Q(A)$ (Output nach Aktivitäten) mit der Matrix der technischen Koeffizienten, A . Die Gesamtnachfrage nach Gütern muß gleich sein dem Gesamtangebot, Q , bestehend aus inländischem Güteroutput, $Q(d)$, und Importen, M . Bei der Modelllösung werden simultan die Importe und die Bruttoproduktionswerte errechnet. Das setzt das Vorhandensein der beiden Matrizen A und C voraus. Die Matrix der technischen Koeffizienten, A , verändert sich im Zeitablauf, die „market shares“-Matrix C bleibt konstant. Die „market-shares“-Matrix verknüpft im Make - Use System der Input - Output Statistik die Güter- mit der Aktivitätsklassifikation. Die „market shares“-Matrix, C , zeigt den Beitrag der einzelnen Aktivitäten (Zeile) zum Güteroutput (Spalte) und hat die Spaltensumme eins.

Die Importe (Gleichung (4)) werden als von der Gesamtnachfrage abhängig spezifiziert. Das System aus den Gleichungen (1) bis (4) läßt nun eine Lösung für die Bruttoproduktionswerte zu, wenn die Matrizen A und C sowie der Vektor F gegeben sind. Der Vektor F setzt sich aus den exogenen Größen IWB , ITB , G , LV und EX und den endogenen Größen C , $IMASCH$, IFZ und IHB zusammen. Die Summen der endogenen Nachfragegrößen werden über einfache Multiplikator- und Akzeleratorbeziehungen mit Error Correction Mechanismen (ECM (Fehlerkorrekturansatz)) erfaßt (Gleichung (7)). Diese dynamische Spezifikation (Davidson, u. a., 1978, Engle und Granger, 1987, Wolters, 1995) kombiniert lang- und kurzfristige Elemente und unterstellt die Existenz eines langfristigen Gleichgewichts. Abweichungen davon treten immer wieder auf, lösen jedoch Korrekturmechanismen aus, die wieder ein Gleichgewicht herstellen. Das BIP (GDP) ist von der Nachfrageseite als Summe des Endnachfragevektors minus Summe des Importvektors definiert (Gleichung (6)).

$$(1) \quad Q = *Q(A) + F$$

$$(2) \quad Q(d) = Q - M$$

$$(3) \quad Q(A) = C * Q(d)$$

$$(4) \quad \Delta \ln M_{i,t} = f(\Delta \ln Q_{i,t})$$

$$(5) \quad F_{i,t} = C_{i,t} + IWB_{i,t} + IHB_{i,t} + ITB_{i,t} + IMASCH_{i,t} + IFZ_{i,t} + \\ + LV_{i,t} + G_{i,t} + EX_{i,t}$$

$$(6) \quad GDP_{i,t} = \sum_i F_{i,t} - \sum_i M_{i,t}$$

$$(7) \quad \Delta \ln C_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM)$$

$$\Delta \ln IHB_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM)$$

$$\Delta \ln IMASCH_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM)$$

$$\Delta \ln IFZ_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM)$$

Die Endnachfragekategorien privater Konsum (C), Wohnbauinvestitionen (IWB), sonstige Hochbauinvestitionen (IHB), Tiefbauinvestitionen (ITB), maschinelle Investitionen (IMASCH), Fahrzeuginvestitionen (IFZ), Lagerveränderungen (LV), öffentlicher Konsum (G) und Exporte (EX) werden aufgrund von ökonometrisch modellierten Nachfragesystemen oder mit einfacheren Submodellen aufgeteilt, d.h. in Nachfrage nach bestimmten Gütern umgewandelt. Grundsätzlich können disaggregierte Blöcke entweder mit Hilfe von Einzelgleichungen oder mit sogenannten vollständigen Modellen abgebildet werden. Beide Zugangsweisen haben Vor- und Nachteile. Die Entscheidung für einen Ansatz setzt sorgfältiges Abwägen der Pro und Kontra sowie umfangreiches Testen voraus. In Kratena - Wüger (1995) wurden unterschiedliche Parameterisierungen von Fehlerkorrekturmodellen beschrieben.

Beim privaten Konsum wird ein Nachfragesystem in Form eines dynamischen „Almost Ideal Demand System“ (Deaton und Müllbauer, 1980, Hansen, 1985, Schneider - Wüger, 1988, Köppl u.a., 1995) ohne Preise verwendet (Gleichung (8) und (8a)). In solchen Ansätzen wird versucht, die Nachfrage entsprechend der mikroökonomischen Theorie darzustellen, eine Verbindung zwischen Mikro- und Makroebene herzustellen und die Nachfrage nach einem Gut als Teil einer Gesamtkonsumentscheidung darzustellen. Diese Anforderungen können jedoch nur unter z.T. restriktiven Annahmen erfüllt werden, deren Gültigkeit die Ergebnisse nicht unwesentlich beeinflussen können. Das verwendete sogenannte „Almost-Ideal-Demand-System“ (AIDS) zeichnet sich gegenüber anderen An-

sätzen dadurch aus, daß Tests auf die Gültigkeit dieser notwendigen Restriktionen durch einfache Parametertests durchgeführt werden können (Kratena -

Wüger, 1995). Der statische AIDS - Ansatz (Gleichung (8)) wurde dynamisiert (Gleichung (8a)), usw. mit einem auf Phillips - Loretan zurückgehenden Ansatz (Phillips - Loretan, 1991).

Bei den Investitionen werden k Investitionsarten unterschieden, für die fixe Koeffizienten der Güterstruktur angenommen wurden, so daß sich der Gesamtvektor als Summe über diese k Investitionsarten ergibt (Gleichung (9)). Der öffentliche Konsum ist gemäß der Konvention der österreichischen Statistik ausschließlich Nachfrage nach Gütern des öffentlichen Sektors, was die Verwendung fixer Koeffizienten erlaubt (Gleichung (10)), die Exporte sind exogen.

$$(8) \quad w_{i,t} = c(0)_i + c(1)_i \ln C$$

$$\sum_i c(0)_i = 1, \quad \sum_i c(1)_i = 0 \quad \text{Restriktionen für Additivität}$$

$$(8a) \quad w_{i,t} = c(0)_i + c(1)_i \ln C + c(2)_i (w_{i,t-1} - c(0)_i - c(1)_i \ln C_{t-1}) + c(3) \Delta \ln C_t$$

$$(9) \quad I_i = \sum_k b_{ik} I_k$$

$$(10) \quad G_i = g_i G$$

Die Importe nach Gütern und die Beschäftigung werden ebenfalls durch ökonomische Modelle auf disaggregierter Ebene bestimmt. In Kratena, Wüger (1995) wurden verschiedene dynamische Spezifizierungen von Einzelgleichungen für den Importblock beschrieben. Die neueste Modellversion behandelt die Nachfrage nach Importen eines bestimmten Produktes im Rahmen eines zweistufigen „adding up“ - Nachfragesystems in Form eines AIDS - Modells (Anderson, Pesaran, Wren und Lewis, 1992). In einem ersten Schritt wird die Gesamtnachfrage nach Produkten bestimmt (Gleichung (1)), dann wird in importierte und heimische Lieferungen aufgespalten. Bezeichnet man die Importquote mit $m_{i,t}$, so daß

$$M_{i,t} = m_{i,t} * Q_{i,t},$$

dann läßt sich das Nachfragesystem analog zum privaten Konsum spezifizieren:

$$(11) \quad m_{i,t} = c(0)_i + c(1)_i \ln Q_{i,t} + c(2)_i (m_{i,t-1} - c(0)_i - c(1)_i \ln Q_{i,t-1}) + c(3) \Delta \ln Q_{i,t}$$

Für die Beschäftigung (E) nach Sektoren wurden dynamische Beschäftigungsanpassungsfunktionen geschätzt, die die kurz- und langfristigen Reaktionen der Beschäftigung auf Outputschwankungen darstellbar machen. Dadurch wird deutlich, wie stark sich eine Veränderung im Output in jedem Sektor zunächst in einer Produktivitätsveränderung widerspiegelt und wie stark auch schon kurzfristig die Beschäftigung reagiert. Dabei wurden unterschiedliche Fehlerkorrekturmodelle geschätzt, nämlich das traditionelle zweistufige Verfahren von Engle und Granger (1987) und das Schätzverfahren von Philipps und Loretan (1991).

$$(12) \quad \Delta \ln E_{i,t} = c(0) + c(1) \Delta \ln Q(A)_{i,t} + c(3) (\Delta \ln E_{i,t-1} - c(4) \ln Q(A)_{i,t-1})$$

$$(13) \quad \ln E_{i,t} = c(0)_i + c(1)_i \ln Q(A)_{i,t} + c(2)_i (E_{i,t-1} - c(0)_i - c(1)_i \ln Q(A)_{i,t-1}) + c(3) \Delta \ln Q(A)_{i,t}$$

Anhang 3

Vergleiche mit Modellen zur Evaluierung der Effekte von CO₂-Reduktionen in der EU

Ein in der EU sehr häufig zur Anwendung gebrachtes Modell ist das E3ME (Energy-Environment-Economy Model for Europe), das ursprünglich von Cambridge Econometrics für Großbritannien entwickelt wurde, um die Verflechtungen zwischen der Wirtschaft, Energie und Umwelt abbilden zu können. Dieser Ansatz ist eine Verknüpfung von makroökonomischer Modellierung mit einer spezifischen Darstellung einzelner Sektoren, in diesem Fall des Energiesektors. Gegenüber vielen anderen Ansätzen ist bemerkenswert, daß E3ME kein integriertes EU Makromodell ist, bei dem die sektoralen Vernetzungen unberücksichtigt bleiben, sondern ein multisektorales, regionales, ökonometrisches Modell der EU-Volkswirtschaften.

Ein anderer Zugang wird im GEM-E3 (General Equilibrium Model of Energy-Environment-Economy) gewählt, das wie bereits aus dem Namen ersichtlich ein allgemeines Gleichgewichtsmodell ist und von der Markträumung beinahe aller Güter- und Faktormärkte ausgeht. Auch dieses Modell kommt EU-weit zur Beurteilung einer Energiesteuer zum Einsatz. Es basiert auf typisch neoklassischen Ansätzen, modelliert wird ausgehend von identischen Einheiten (Konsument, Produzent), die zu Aggregaten zusammengefaßt werden.

E3ME – Energy-Environment-Economy Model for Europe

Ein multisektorales Zeitreihen-IO-Modell

E3ME ist ein multisektorales, regionales, ökonometrisches Modell der EU-Volkswirtschaften, das sowohl Zeitreihendaten (jährliche Daten für den Zeitraum von 1968 bis 1993) als auch *cross-section* Daten (sektoral und regional differenziert) verarbeitet. Die Mitgliedsstaaten werden als eigene ökonomische Einheiten modelliert, die miteinander in Interaktion treten (Handel: Güterexporte und Güterimporte). Durch die Verwendung einheitlicher sektoraler Klassifikationen und unter Anwendung der gleichen Erhebungsmethode können die Mitgliedsstaaten zu einem Aggregat "EU" zusammengefaßt werden. Dies ist ein wesentlicher Vorteil gegenüber anderen Makromodellen, wie beispielsweise DRI und HERMES, die diese einerseits nationale und andererseits EU weite Betrachtungsweise nicht ermöglichen.

Die Basisgleichungen beschreiben die Europäische Energienachfrage und die Volkswirtschaften der EU-Länder. Die Anzahl der Variablen, für die stochastische Funktionen geschätzt werden, ist verhältnismäßig klein. Jedoch ließen sich die Variablen bezüglich der Güterklassen (30) und der Regionen (11) disaggregieren. Die elf Regionen sind Belgien, Dänemark, Niederlande, Spanien, Frankreich, Irland, Italien, Luxemburg, Portugal, Großbritannien und Deutschland.

Das ökonomische Modell erlaubt Veränderungen der Wirtschaftsstruktur zu analysieren und zu prognostizieren. Deshalb werden die einzelnen Sektoren und Güter disaggregiert modelliert. Außerdem werden Konsum- und Staatsausgaben einzeln modelliert, genauso wie Außenhandel und Investitionen. Diese Variablen werden über die Systeme der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung miteinander in Beziehung gestellt, um die Prognosen konsistent zu machen.

Das Modell stellt wie bereits erwähnt eine Kombination aus ökonometrischer Zeitreihenanalyse und *cross-section* I-O Beziehungen dar. Die aggregierte Nachfrage wird mit Hilfe von Konsum- und Investitionsfunktionen auf keynesianische Weise bestimmt. Darüber hinaus wird eine Durchschnittseinkommensfunktion verwendet, basierend auf der Festlegung eines erwarteten Anstieg des Realeinkommens.

Die Angebotsseite wird durch Export- und Importgleichungen modelliert, wobei Innovation, Kapazitätsausnutzung und Beschäftigungsgleichungen als erklärende Variablen verwendet werden. In den Beschäftigungsgleichungen können relative Lohn- und Zinsraten die Beschäftigung beeinflussen und dadurch indirekt die industriellen Produktivitätssteigerungen.

Die exogenen Variablen des Modells sind (1) weltweiter Wachstum der industriellen Produktion, (2) weltweite Inflation in Großhandelspreisen und in Preisen von Export- und Importgütern (wie beispielsweise Rohöl), (3) Bevölkerung der EU-Länder, erwerbstätig Beschäftigte, und Ressourcen (vor allem Kohle, Öl und Erdgas), (4) Staatsausgaben und Kapitalaufwendungen der Regierungen, (5) Steuersätze und Staatsverschuldung, (6) Wechselkurse (zum Dollar und zu anderen wichtigen Fremdwährungen) und (7) Zinssätze.

Die ökonometrischen Methoden

Die ökonometrischen Methoden zur Bestimmung der funktionalen Zusammenhänge sind das Konzept der Kointegration und Fehlerkorrekturverfahren, wie das von Engle und Granger (1987, 1991) und Hendry et al. (1984). Dabei wird in einem ersten Schritt der Kointegrationskonnex, basierend auf ökonomischer Theorie und a priori Überlegungen, zwischen den gewählten Variablen untersucht. Beispielsweise wird für die Exportnachfrage nach Indikatoren der Exportaktivität, nach relativen Exportpreisen und Indikatoren technologischen Fortschritts analysiert. Sind Kointegrationsverhältnisse nachzuweisen, wird in einem zweiten Schritt eine dynamische erste-Differenzen Regression aller Variablen des ersten Schritts, gemeinsam mit Verzögerungen um x Perioden der abhängigen Variablen, der exogenen Variablen und des verzögerten Störglieds der ersten Regression durchgeführt. Dieses zweistufige Verfahren ist notwendig, um die Variablen um die Autokorrelation zu bereinigen, die bei Zeitreihendaten in Form der statistischen Abhängigkeit der Daten zum Zeitpunkt x vom Zeitpunkt $(x-1)$ etc. vorliegt.

Die intermediäre Nachfrage wird mit Hilfe von I-O-Koeffizienten modelliert, und zwar der technischen Input-Output-Koeffizienten, die den Bedarf an Input (sowohl importierte als auch regionale Inputs) pro erzeugter Outputeinheit angeben. Solche I-O-Tabellen sind für einige Mitgliedsstaaten der EU durch Eurostat veröffentlicht. Jedoch berücksichtigen diese Tabellen Importe zu Preise vor Zöllen, und daher werden in E3ME die von Van der Linden und Oosterhaven (1995) korrigierten Koeffizienten verwendet, die Importe zu Produzentenpreisen bewerten. Die intermediäre Nachfrage wird unter der Annahme bestimmt, daß durchschnittliche Koeffizienten für die Analyse marginaler Veränderungen herangezogen werden können.

Dies gilt jedoch nicht für die Koeffizienten der Energieverwendung: Diese Koeffizienten werden gemäß den Treibstoffinputs, ermittelt aus den Energie- und Treibstoffanteilsleichungen, angepaßt.

Die sektoralen Interdependenzen

Die Modellierung des Energiesektors erfolgt sowohl in Energieeinheiten als auch in Preisen.

Zunächst wird die aggregierte Energieverwendung durch 17 Energienutzer (Sektoren, die Energie als Input verwenden) in den 11 Regionen geschätzt, anschließend wird dieses Aggregat mit Hilfe von Anteilscoeffizienten und Gleichungen in Nachfrage für die 11 Energieanbieter umgelegt. Die Nachfrage nach Energie ermittelt sich erstens aus der in der Produktion benötigten Energie und zweitens durch Energie bei der Verwendung der Güter durch die Konsumenten. Substitutionsprozesse, die durch die Veränderung des relativen Preises von Energie zu anderen Gütern hervorgerufen werden, können in diesen Gleichungen berücksichtigt werden und kommen in den Anteilscoeffizienten zum Tragen. Nachfrage nach Energie ist asymmetrisch preisabhängig (d.h. eine relative Preissteigerung verursacht einen Nachfragerückgang während eine relative Preissenkung keine Effekte hervorruft) und durch die Abweichung der Temperatur vom Durchschnitt beeinflußt.

Die Projektionen der Treibstoffverwendung je Nutzer und je Kraftstoffart können anschließend in Emissionen von CO₂ und anderen klimawirksamen Gasen und von Partikeln umgerechnet werden. In diesen Projektionen werden unterschiedliche Treibstoffqualitäten und Verbrennungstechnologien berücksichtigt.

Außenhandel wird so modelliert, als würden alle Transaktionen über einen europäischen Pool durchgeführt, in Form eines Transport- und Verteilungsnetzes. Daher beschreiben die regionalen Export- und Importgleichungen Exporte in diesen und Importe aus diesem Pool.

Die Gleichungen unterscheiden intra-EU und extra-EU Handel. Handelsvolumina sind hauptsächlich durch Einkommen und relative Preise bestimmt.

Export- und Importpreise werden in oligopolistischen Märkten gebildet. Die meisten Güterpreise sind daher durch die Produzenten als Markup auf die Produktionskosten bestimmt, mit Ausnahme der Preise für einige Güter, deren Preise exogen festgelegt werden (z. B. für Rohöl). Außerdem sind die EU-Länder kleine Volkswirtschaften im Vergleich zum Rest der Union, wodurch von fixen internationalen Terms of Trade und der Abhängigkeit der Preise heimischer Handelsgüter von den Importpreisen ausgegangen wird.

Die Nachfrage nach Beschäftigung ist von der Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen, die mit Hilfe von Beschäftigung erzeugt werden, abgeleitet. Weiters spielen Output, reale Arbeitskosten, Arbeitszeiten und technischer Fortschritt eine Rolle. Der Lohnsatz wird in einem Lohnverhandlungsprozeß bestimmt, wobei Reallöhne in anderen regionalen Industrien und in der gleichen

Industrie in anderen Regionen, Arbeitslosenquoten und das Nutzenniveau in Relation zum regionalen Durchschnittslohn zu berücksichtigen sind.

Beschäftigung, Lohnsatz und Preisgleichungen für jede regionale Industrie werden in Barker und Gardiner (1996) beschrieben. Die Gleichungen des Energiesektors, Export- und Importvolumen- und Preisgleichungen sind in Barker (1996) zu finden.

E3ME wurde verwendet, um die Effekte einer CO₂-Steuer (in Form einer Verbrauchssteuer) einerseits im Falle eines nationalen Alleingangs und andererseits im Zuge einer EU-weiten Koordination zu evaluieren.

GEM-E3 (General Equilibrium Model for Economy-Energy-Environment)

Ein allgemeines Gleichgewichtsmodell

GEM-E3 ist eine multi-Länder multisektorales allgemeines Gleichgewichtsmodell (CGE- Computational General Equilibrium) für elf EU-Staaten. Es wurde im Zuge des JOULE-II Programms der Europäischen Kommission, DG XII, entwickelt, um die ökonomischen Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform zu beurteilen.

Das Modell wurde von Pantelis Capros, Takis Georgakopoulos (NTUA-Athens), Stef Proost und Denise Van Regemorter (CES, Katholische Universität in Leuven), Klaus Conrad (Universität Mannheim) und Tobias Schmidt (ZEW Mannheim) entwickelt.

Das Modell umfaßt elf EU-Länder (Belgien, Deutschland, Dänemark, Frankreich, Griechenland, Irland, Italien, Niederlande, Portugal, Spanien, Großbritannien) und den Rest der Welt als Aggregat und unterscheidet elf Güterkategorien:

- Drei Treibstoffinputs: Kohle, Gas, Öl
- Elektrizität
- Material Aggregat: Land- und Forstwirtschaft inklusive Fischerei, energieintensive Produkte, Maschinen und Anlagen, Konsumgüter, Transport, Dienstleistungen, nicht auf dem Markt gehandelte Dienstleistungen

Produktion und Technologien

GEM-E3 unterstellt in neoklassischer Weise Profitmaximierung der Unternehmen, vollständige Konkurrenz, vollständige Information (auch über die Zukunft). Die Produktionsfunktion ist stetig und beliebig unterteilbar. Es werden konstante Skalenerträge und exogener technologischer Wandel unterstellt. Das Arbeitsangebot ist relativ elastisch, die in CGE übliche Annahme einer Marktäumung auf allen Märkten, und somit auch am Arbeitsmarkt, wird jedoch in einer Erweiterung des Basismodells gelockert.

Die Technologie eines profitmaximierenden Unternehmens wird durch eine zusammengesetzte Kostenfunktion repräsentiert, die von den produzierten Outputeinheiten, dem Inputpreis für Kapital, und dem Arbeit-Energie-Material Aggregat abhängt. Technologischer Fortschritt (in Form energieeinsparender Innovation) hat einen negativen Einfluß auf den Outputpreis und ist eine Variable der Kostenfunktion.

Profitmaximierung unter konstanten Skalenerträgen resultiert in einem Ausgleich von Grenzkosten und Grenzerlösen. Gemäß dem Shepards Lemma entsprechen die Faktornachfragefunktionen den variablen, daher preisabhängigen, I-O Koeffizienten.

In einem zweiten Schritt wird das Arbeit-Energie-Material Aggregat funktional näher bestimmt, wobei Elektrizität, und ein Arbeit-Treibstoffe-Material Aggregat unterschieden werden. Für diese Inputs werden wiederum CES Preisfunktionen festgelegt und daraus die preisabhängigen Faktornachfragefunktionen abgeleitet.

In einem dritten Schritt wird das Arbeit-Treibstoffe-Material Aggregat in Arbeit, Treibstoffe (nach Arten) und Material (Nichttreibstoffinputs nach Art) unterteilt.

Die Parameterisierung erfolgt auf Basis von kalibrierten landesspezifischen VGR Matrizen. Dabei werden sowohl I-O Koeffizienten als auch Substitutionselastizitäten als erklärende Variablen verwendet.

Internationale Verflechtungen

Außenhandel in Form intraindustriellen Handels wird gemäß der Armington-Annahme spezifiziert, welche besagt, daß die gehandelten Güter lediglich imperfekte Substitute darstellen (Substitutionselastizität strikt kleiner als 1). Die CES Produktionsfunktion ist somit von der heimischen Inputproduktion und der importierten Importen abhängig. Von der dualen Stückkostenfunktion können der Anteil der heimischen und der Anteil der importierten Güter am totalen Angebot bestimmt werden. Die Importe werden nach Herkunftsländern aufgeteilt (die 10 übrigen EU-Länder und der Rest der Welt), wodurch sich eine 11 Güter mal 12 Länder Handelsmatrix ergibt.

Gemäß der Bedingung der Kostenminimierung werden wiederum die Importanteile (Importe je Land bezogen auf die gesamten Importe eines Landes) bestimmt. Außerdem müssen die länderspezifischen Importe der Exportnachfrage entsprechen.

Die Firmen agieren somit erlösmaximierend (bezüglich den Erlösen aus heimischen Absatz, Absatz innerhalb der EU und im Rest der Welt) unter der Restriktion des Produktionswertes, der sich aus der I-O Lösung ergibt. Es wird eine konstante Transformationselastizität unterstellt. Die Lösung dieses Maximierungsproblems bilden das Angebot auf heimischen Märkten, auf EU-Märkten und im Rest der Welt. Diese Angebotsfunktionen sind von der gesamten Produktion des Sektors, vom Anteil des heimischen Angebots des Sektors am Gesamtangebot und vom relativen Preis des Gutes, gewichtet mit der Substitutionselastizität zwischen Importen und heimischer Produktion, abhängig.

Die Importnachfrage der restlichen Welt wird in Analogie bestimmt. Die Weltmarktpreise und die nominellen Wechselkurse sind exogen bestimmt. Dadurch ist die Außenhandelsbilanz in der Regel nicht ausgeglichen.

Reaktionen der Haushalte

Die Entscheidung der Konsumenten basiert auf einer zweistufigen Budgetentscheidung: Erstens eine intertemporale Allokation der Lebenswohlstandsausstattung zwischen jetzigem und zukünftigem Konsum von Gütern und Freizeit, und zweitens einer intertemporalen Entscheidung über den Konsum von dauerhaften und nicht dauerhaften Gütern. Bei den dauerhaften Gütern werden drei unterschieden: Autos, Heizsysteme und elektrische Geräte. Bei den nicht dauerhaften werden sogar neun Kategorien festgelegt, wobei der Konsum von einigen nicht dauerhaften Gütern vom Besitz dauerhafter Güter abhängig ist (sog. verknüpfte nicht dauerhafte Güter). Durch die gegenüber der Ausstattung mit dauerhaften Gütern zu hohe Nachfrage nach verknüpften nicht dauerhaften Gütern werden die Investitionsentscheidungen beeinflusst. Dieser Feedbackeffekt wird mit Hilfe einer durch den Bestand an dauerhaften Gütern beschränkten Ausgabenfunktion modelliert, die von einer Stone-Geary Nutzenfunktion abgeleitet wird (unterstellt ein lineares Ausgabensystem).

Das Ergebnis dieses intertemporalen Nutzenmaximierungsproblems bilden die nachgefragte Menge Freizeit, Ersparnis und Konsumausgaben, die wiederum in die je Kategorie (3 dauerhafte, 9 nicht dauerhafte Güter) optimalen Mengen unterteilt werden.

Die zentralen Gleichgewichtsbedingungen

Das Modell wird über die I-O Gleichung (sektoraler Output = intermediäre Nachfrage und Endnachfrage, unterteilt in privaten und öffentlichen Konsum, Investitionen und Exporte) geschlossen. Dies impliziert, daß totale heimische Produktion, die sich aus den Kosten ergibt mit jener aus den Güterflüssen identisch sein muß. Diese Bedingung ist nur erfüllt, wenn die gesamte Ersparnis (unter Berücksichtigung der Einkommensverteilung und der Fiskalpolitik) den totalen Investitionen gleicht. Gemäß dem Walras'schen Gesetz ist dieser Markt geräumt, wenn alle übrigen Märkte geräumt sind. Dadurch ist die Ersparnis-Investitions-Identität automatisch gegeben, und gleichzeitig auch der korrespondierende globale Schattenpreis des Kapitals (sektorale Kapitalmobilität wird unterstellt, jedoch nicht über Landesgrenzen hinweg).

Emissionen

Zusätzlich zu dem bisher beschriebenen Modell der wirtschaftlichen Verflechtungen wird in GEM-E3 ein Umweltmodul an das Basismodell angehängt, das drei Emissionsarten unterscheidet: NO_x , SO_2 und CO_2 . Für NO_x und SO_2 werden Reduktionskostenfunktionen aufgestellt, die die Produktion emissionsintensiver Güter verteuern.

Es wird angenommen, daß Emissionreduktionen eine alternative Nutzung des eingesetzten Kapitals darstellen und somit als Preis der Nutzung fossiler Energie (Preis der Energie zuzüglich Steuern und sonstige Abgaben auf fossile Energie) in die Kostenfunktion eingehen. Die Steuern und Abgaben können durch die Reduktion der Emission (Einsatz von Filtern, Verbesserung der Technologie) reduziert werden. Für CO_2 existiert keine Vermeidungstechnologie des end-of-pipe Typs, wodurch die Kosten lediglich durch eine primäre Emissionsreduktion erreicht werden können. Entscheidend ist jedoch, daß die Kosten des Einsatzes fossiler Energie überproportional mit der Implementierung von umweltpolitischen Instrumenten steigt.

Die Produzenten vergleichen daher den Nutzen einer zusätzlichen Einheit energiesparender Technologie (welche die Menge und somit die Kosten der eingesetzten Energie reduziert) mit den Kosten dieser zusätzlichen Einheit. Im Zuge der Kostenminimierung in der intertemporalen Allokationsentscheidung bestimmen sie in Konkurrenz zu den eingesetzten sonstigen Produktionsfaktoren und den produktiven Investitionen die optimale Investition in energiesparende Technologie. Diese Investition hat keine Auswirkung auf ihren produktiven Kapitalstock, stellt jedoch eine zusätzliche Inputnachfrage dar.

Dieser Ansatz kann durch die Berücksichtigung verschiedener Emissionsarten und damit verbundenen Preisen und Abgaben verfeinert werden.

Sensitivität der Markträumungsbedingungen

Das Basismodell wie oberhalb spezifiziert unterstellt Räumung aller Märkte, und somit auch des Arbeitsmarktes, was von Kritikern der CGE als unrealistisch beurteilt wird. Um dieses Faktum zu korrigieren, also Rigiditäten auf dem Arbeitsmarkt zu unterstellen, führten Conrad und Schmidt Sensitivitätsanalysen durch. Dazu nahmen sie zwei Extremfällen an:

In beiden Fällen gilt, daß Arbeitslosigkeit verpflichtend ist, d.h. Freizeit bedingt durch Arbeitslosigkeit ist nicht wohlfahrtssteigernd (gemessen als äquivalente Einkommensvariation). Die Modelle unterscheiden sich jedoch in den Annahmen über die Gewerkschaften:

1. Konstante Reallöhne trotz der sinkenden Arbeitsproduktivität als Folge der Einführung einer Energiesteuer; dies unterstellt eine gewisse Verhandlungsmacht der Gewerkschaft
2. Die Gewerkschaften müssen eine verzögerte Senkung der Reallöhne akzeptieren

Es zeigt sich, daß die Berücksichtigung der Arbeitsmarktrigiditäten die Ergebnisse verändert. Jedoch ist die Einflußrichtung vom jeweiligen Arbeitsmarktregime und der implementierten Maßnahme abhängig. Einerseits verursacht ein rigider Arbeitsmarkt höhere Anpassungskosten. Andererseits implizieren konstante Reallöhne, daß zuvor arbeitslose Arbeitskräfte zum gleichen Reallohn eingesetzt werden können und so die Double Dividend im Vergleich zu einem flexiblen Arbeitsmarktregime vergrößert wird.

Nach der Beurteilung von Conrad und Schmidt sollten zumindest in der mittleren Frist Reallohnrigiditäten erwartet werden. Vorausgesetzt diese Rigiditäten treten auf, werden mehr Länder als im Szenario vollständiger Markträumung aufgrund einer erwarteten Double Dividend den Einsatz einer Energiesteuer befürworten. Für die übrigen Arbeitsmarktregime werden weniger Länder für die Einführung votieren.

Vergleich der Modellstrukturen und der wirtschaftspolitischen Aussagen

Die unterschiedlichen Modellstrukturen

GEM-E3 und E3ME sind zwei Modelle mit unterschiedlichen zugrundeliegenden Annahmen. Das erste geht von einzelnen rational agierenden identischen Einheiten aus, die anschließend aggregiert werden. Das zweite startet mit - Makrogrößen (in Form von Zeitreihendaten) und unterstellt auf den einzelnen Märkten unterschiedliche Wettbewerbsregime. Große Divergenzen ergeben sich in den Annahmen über den Außenhandel sowie über den Arbeitsmarkt. Der leichteren Gegenüberstellung dieser beiden Ansätze dient die folgende Tabelle:

Vergleich der Modellannahmen		
	GEM-E3	E3ME
Länder	11: EU-12 ohne Luxemburg	11: EU-12 ohne Griechenland
Sektoren	11	30
Produktion	CES Kostenfunktion, konstante Skalenerträge	Faktornachfragegleichungen mit unterschiedlichen Skalenerträgen
Handel	bilateraler Handel, intraindustrieller Handel mit Armington Annahme	Handel über einen EU Pool, kein bilateraler Handel
Arbeitsmarkt	angebotsbestimmt	Verhandlungen am Arbeitsmarkt
Gütermarkt	vollständiger Wettbewerb	teilweise oligopolistisch
Modellschluß	über internen Zinssatz des Kapitals (Schattenpreis)	Gleichzeitige Bestimmung von Output und Importen über die Gesamtnachfrage

Simulationen zur Steuerpolitik

Um die Modelle zu vergleichen, ist es vorteilhaft, die durch die Modelle erzeugten Ergebnisse heranzuziehen. Beide Modelle wurden angewandt, um die Effekte einer CO₂-Steuer primär auf den Arbeitsmarkt (in der Double Dividend Tradition) und sekundär auf BIP und andere Sektoren zu quantifizieren. Weiters

unterscheiden beide Untersuchungen eine EU weit koordinierte und eine unilateral implementierte Steuer.

Im CGM-E3 wird eine CO₂-Steuer unterstellt, die auf die Emissionen von CO₂ (eigentlich den Kohlenstoffgehalt des Energieprodukts) auf der Ebene des Primärerzeugers eingehoben wird und über höhere Energiepreise an Konsumenten und Produzenten weitergegeben wird. Es wird Budgetneutralität unterstellt, d.h. die Einnahmen aus dieser Steuer werden zur Reduzierung der Steuern auf den Faktor Arbeit verwendet und das Budgetdefizit des Staatshaushalts wird auf dem Niveau des Basisjahrs (das ist 1985) gehalten. Die CO₂-Steuer soll gerade so hoch sein, daß innerhalb von 10 Jahren eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 10% verglichen mit dem Basisjahr erreicht wird.

Im E3ME wird die Steuer als Verbrauchersteuer konzipiert, sie setzt daher auf einem niedrigerem Niveau der Produktionskette an, und die Preise der Primärenergie bleiben weitgehend unverändert. Substitutionseffekte sind daher in erster Linie auf der Ebene der Endverbraucher zu erwarten, nicht aber auf der Seite der Bereitstellung der Energie. Diese Form der Besteuerung entspricht dem Vorschlag der Europäischen Kommission von 1997. Auch hier wird die CO₂-Steuer so festgelegt, daß eine 10% Reduktion der CO₂-Emission erreicht werden, allerdings innerhalb für 2010 gegenüber 1990.

Auch in E3ME wird eine Rezyklierung der Steuereinnahmen in der Besteuerung des Faktors Arbeit unterstellt, weiters kann die Beschäftigung entsprechend der Nachfrage nach Arbeit angepaßt werden (es wird keine Vollbeschäftigung unterstellt). Es werden lediglich Preiseffekte modelliert, Effekte der CO₂-Steuer auf F&E bleiben unberücksichtigt. Die restliche Welt bleibt durch die veränderte Besteuerung unbeeinflusst, dies betrifft auch den Weltölpreis, Wechselkurse und Zinssätze.

Vergleich der Szenarios und Ergebnisse				
	GEM-E3		E3ME	
	10% in 10 Jahren		10% in 10 Jahren	
CO₂- Reduktion				
Steuer ab	1985		1999	
	<i>koordiniert</i>	<i>unilateral</i>	<i>koordiniert</i>	<i>unilateral</i>
Steuersatz (ECU/t CO₂ in Preisen 1999)	118,8	120,5	156,6	165,1
	<i>% Veränderung zum Basisjahr</i>			
BIP	0,15	0,17	1,40	1,46
Beschäftigung	0,40	0,44	1,23	1,29
BPW	-0,35	-0,36	0,39	0,47
Konsum	0,27	0,28	1,61	1,72
Investitionen	-0,57	-0,58	-0,16	0,05
Exporte	-0,45	-0,46	0,19	0,38
Importe	-0,67	-0,74	-0,73	-0,40

Das herausragendste Ergebnis ist, daß die Modelle bezüglich der Szenarios (EU weite Energiesteuer versus unilaterale Energiesteuer) nur geringe Abweichungen prognostizieren, daß jedoch die Ergebnisse für ein Szenario bewertet mit den unterschiedlichen Modellen entscheidend abweichen. Allerdings ist die Einflußrichtung eines Szenarios auf die Ergebnisse unter den verschiedenen Modellen in fast allen Fällen einheitlich.

Der notwendige Steuersatz ist in E3ME um beinahe 32% höher als in GEM-E3, was teilweise durch fehlende Anreize auf die Anbieter der Primärenergie in E3ME durch die Verbrauchssteuer erklärbar ist.

Beachtlich ist außerdem, daß die Effekte auf BIP, Konsum, Investitionen und Außenhandel in GEM-E3 negativer sind. Dies dürfte aus den Modelleigenschaften eines allgemeinen Gleichgewichtsmodells basieren, das weniger Multiplikator- und Akzeleratoreffekte berücksichtigt als ein keynesianisches Makromodell.

Dies ist wohl ein Indiz dafür, daß die Wahl des Modells ein entscheidender Faktor ist. Weiters zeigt die Gegenüberstellung, daß die Modelle die Richtung

der Auswirkungen anzeigen können, die Quantifizierung des jeweiligen Effekts jedoch vorsichtig zu beurteilen ist.

Die Wahl des verwendeten Modells für Österreich: Die Simulation von Technologieimpulsen

Vergleicht man beide Modelle mit dem keynesianischen Makromodell der österreichischen Wirtschaft, das zur Beurteilung des *Toronto*-Technologieprogramms herangezogen wurde, so stellt man fest, daß dieses österreichische Modell dem E3ME sehr viel ähnlicher ist als GEM-E3. Allerdings stellt es ein regionales Modell dar, das die restlichen EU-Länder lediglich als das Ausland erfaßt, dafür können aber die regionalen Wirkungen innerhalb des Staates Österreich berücksichtigt werden.

Weiters sind andere Details in den Vordergrund gerückt, die sich aus dem zu beurteilenden Instrumentenkatalog ergeben. Es wird nicht die Auswirkung eines spezifischen Instruments untersucht, sondern die Auswirkungen eines Technologieimpulses auf die österreichische Wirtschaft. Welche Sektoren dadurch besonders betroffen werden ist eine der primären Fragestellungen. Im Gegensatz werden mit GEM-E3 und E3ME die Auswirkungen auf die makroökonomischen Parameter BIP, Beschäftigung, Konsum, Investitionen, Im- und Exporte verfolgt.

Anhang 4

EU-weite Reduktionsstrategien im Sinn des Kyoto-Protokolls

Treibhausgasemissionen der EU

Die in einem Working Paper der Europäischen Kommission (1997) beschriebenen Maßnahmen wurden ursprünglich entworfen, um eine Reduktion der drei klimawirksamen Gase CO₂, CH₄ und N₂O um 15% bis 2010 gegenüber dem Niveau von 1990 erreichen zu können. Dies war die Verhandlungsposition, mit der die EU in die Verhandlungen in Kyoto eintrat, und sie verpflichtete sich im Protokoll zu einer Reduktion dieser drei Gase und drei zusätzlicher Industrie-gase (HFC, PFC und SF₆), die im primären Vorschlag der Kommission erst für einen Zeitraum nach 2000 vorgesehen war.

In diesem Working Paper werden primär Strategien zur Reduktion der CO₂-Emissionen entwickelt, N₂O und CH₄ finden nur am Rande Beachtung. Der Ansatz ist so gewählt, daß ein Business-as-Usual (BAU) Szenario für das Jahr 2010 entwickelt wird, gegenüber dem Reduktionen der CO₂-Emissionen bestimmt werden. Untersucht werden die CO₂-Emissionen für die fünf mengenmäßig wichtigsten Bereiche: Verkehr, Industrie, Erdölindustrie, Haushalte (HH) und tertiärer Sektor, Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung.

Energieaffine CO ₂ -Emissionen in der EU			
Sektor\Jahr	1990 [Mt]	2010 [Mt]	%Δ
Transport	743	1032	+39
Industrie	626	532	-15
Erdölindustrie ¹	141	158	+12
HH/tertiärer Sektor	654	680	+4
Elektrizität/ Wärmeerz.	1036	1057	+2
Total	3200	3459	+8

¹ Erdöl- und Erdgasgewinnung und Erdölverarbeitung

Quelle: BAU-Szenario auf Datenbasis des Eurostat (EC, 1997)

Basierend auf diesen Prognosen wurde von der Europäischen Kommission ein Maßnahmenprogramm entwickelt, das die erwarteten Emissionsreduktionen für CO₂ gegenüber dem BAU Szenario angibt. Die erwarteten Kosten werden lediglich für das Paket als ganzes abgeschätzt, auf der Ebene der einzelnen Maßnahme werden nur ordinale Bewertungen durchgeführt. Ein direkter Vergleich der Maßnahmen mit denen des österreichischen Toronto-Technologieprogramms sind daher nicht möglich.

Zusammenfassung der Klimaschutzmaßnahmen zur Erreichung des Kyoto-Reduktionsziels in der EU

Da die vorliegende Auflistung lediglich Maßnahmen zur Reduktion von CO₂-Emissionen erfaßt, sollen kurz die geplanten Maßnahmen der Europäischen Kommission für die anderen Treibhausgase zusammengefaßt werden:

- Für Methan als das zweitwichtigste Treibhausgas im EU-Emissionskorb werden Maßnahmen zur verbesserten Behandlung von Abfall vorgeschlagen, weiters in der Kohlegewinnung sowie in der Gewinnung von Erdöl und Erdgas. In der Landwirtschaft bildet die Lagerung und Ausbringung von Dung den Schwerpunkt.
- Lachgas ist das dritte Treibhausgas, zu dessen Reduktion die Europäische Kommission Strategien entworfen hat. Für die Industrie sind vor allem verbindliche Absprachen geplant (den wichtigsten Bereich stellt die Nylonherzeugung dar), in der Landwirtschaft sollen umweltfreundliche, düngemittelreduzierende Anbautechniken forciert werden.
- Reduktionen der treibhauswirksamen Gase HFC, PFC und SF₆ wurden vor COP-3 für einen Zeitraum nach 2000 vorgesehen.

Maßnahmen, die auch im Toronto-Technologieprogramm genannt werden, sind mit (*) gekennzeichnet.

Die sektorale Unterteilung wurde dem Toronto-Technologieprogramm angepaßt, dadurch sind im Punkt Energie die Sektoren Elektrizitätserzeugung und Wärmeerzeugung zusammengefaßt.

1. Energie

CO₂-Einsparungspotential 400 Mt gegenüber BAU (300 – Elektrizitätserzeugung, 100 – Wärmeerzeugung)

Erhöhung der thermischen Effizienz in Kraftwerken, Co-generation von Wärme und Elektrizität (*)

CO₂-Einsparungspotential 150 Mt gegenüber BAU

Implementierung eines kompetitiven und liberalisierten Energiemarkts in der Union

Reduzierung des Endenergieverbrauchs durch ein Redesign des Angebots der EVUs als Energiedienstleistung, verbunden mit Demand Side Management

Abbau von technischen und institutionellen Barrieren, die die Implementierung von Co-generation behindern

Treibstoffsubstitution hin zu kohlenstoffextensiven fossilen Treibstoffen im Elektrizitätssektor

CO₂-Einsparungspotential 50 Mt gegenüber BAU

Ersatz von Kohle durch Gas, Nuklearenergie nicht vor 2010

Forcierung des Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern in der Elektrizitätserzeugung (*)

CO₂-Einsparungspotential 100 Mt gegenüber BAU

Biomasse (*)

Windenergie (*)

Substitution der ineffizientesten Kohlekraftwerke durch schon

jetzt beinahe wettbewerbsfähige Energieträger wie Biomasse oder Windenergie

Entwicklung von EU weiten Instrumenten wie Energiesteuern (*), Emission Trading, Integrierter Ressourcenplanung, Demand Side Management Mechanismen, verbindliche Absprachen mit der Industrie

Forcierung des Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern in der Wärmeerzeugung (z.B. passive Solarheizung) (*)

CO₂-Einsparungspotential 100 Mt gegenüber BAU

Verpflichtung zum Einsatz erneuerbarer Energieträger

Zuschüsse für erneuerbare Energie

Minimaleinspeisetarife für erneuerbare Energie

Verstärkte Forschung in Technologien für erneuerbare Energie (*)

2. Verkehr

CO₂-Einsparungspotential 180 Mt gegenüber BAU

Senkung der CO₂-Emissionen von Kraftfahrzeugen auf 120 g/100 km bis 2005-2010 (*)

Absprachen mit der Automobilindustrie, Fiskalinstrumente, Treibstoffverbrauchskennzeichnung

CO₂-Einsparungspotential 100 Mt gegenüber BAU, in Summe Anstieg der CO₂-Emissionen um 134 Mt

EU weite Transportpolitik

CO₂-Einsparungspotential 50 Mt gegenüber BAU

Verbesserung des Kombinierten Verkehrs (*)

Revitalisierung und Liberalisierung des schienengebundenen Verkehrs (*)

Faire und effiziente Preise (Internalisierung öffentlicher und externer Kosten) (*)

Andere Maßnahmen

CO₂-Einsparungspotential 30 Mt gegenüber BAU

Integrierte Maßnahmen zur Verbesserung des öffentlichen Verkehrs, Steuerung des Transportangebots, Logistik

3. Industrie

CO₂-Einsparungspotential 100 Mt gegenüber BAU, zusätzliche 20 Mt in der Erdölindustrie

Langfristige freiwillige Absprachen über sektorale Energieeffizienzsteigerungen, bezogen auf Produkte oder den Anteil energieeffizienter Produkte

Energieeffizienzsteigerung durch Einsatz der besten verfügbaren Energie (*)

Aufnahme von Energiemanagement, -einsparungen und –wahl in EMAS (Ökomanagement und Audit Schema)

Energieeffizienzverpflichtungen in der neuen Großverbrennungsanlagenleitlinie

Informations- und Monitoringsysteme

Implementierung von Demand Side Management (DSM)

RTD Programme (z.B. JOULE THERMIE) zur Forcierung sauberer und effizienterer Technologien auf den Märkten

Drittparteifinanzierung für die Industrie

Effizienzsteigerungen bei der Gewinnung und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas

CO₂-Einsparungspotential 20 Mt gegenüber BAU

4. Kleinverbrauch

CO₂-Einsparungspotential 100 Mt gegenüber BAU

Ausschöpfung der Stromsparpotentiale bei Haushalts-, Büro- und Unterhaltungsgeräten und Elektromotoren (*)

Produktkennzeichnung, Erhöhung der technischen Standards, Lebenszyklusanalysen

Erhöhung der Energieeffizienz in Heiz-, Kühl- und Beleuchtungssystemen (*)

Forcierung von Demand Side Management

Verbesserung der thermischen Qualität der Heizsysteme und Warmwasseranlagen (*)

SAVE Leitlinie für Energiezertifizie-

rung von Gebäuden, Förderung von
Wärmeerkopplung

5. Land- und Forstwirtschaft

Vergrößerung der Forstgebiete und Revitalisierung zur Erhöhung des CO₂-Assimilationspotentials der Wälder

Zusätzlich zu diesen sektoralen Maßnahmen werden sektorübergreifende Maßnahmen vorgeschlagen:

- Abschaffung der Subventionierung fossiler Energie
- Besteuerung von Energieprodukten
- EU-Politik in Forschung und technologischer Entwicklung (RTD – Research and Technological Development)
- CO₂-Emission Trading innerhalb der EU
- Joint Implementation

In Summe werden durch diese Maßnahmen Reduktionen der CO₂-Emissionen von rund 800 Mt für 2010 gegenüber dem Business-As-Usual Szenario erwartet. In Summe ergibt sich daher ein Niveau von 2659 Mt CO₂ für 2010, was einer Reduktion von 16,9% gegenüber dem Basisjahr entspricht.

Mögliche Reduktionsziele der CO₂-Emissionen in der EU				
Sektor\Jahr	1990 [Mt]	BAU 2010 [Mt]	Δ (Basis BAU)	Kyoto 2010 [Mt]
Transport	743	1032	-180	852
Industrie	626	532	-100	432
Erdölindustrie	141	158	-20	138
HH/tertiärer Sektor	654	680	-100	580
Elektrizität/ Wärmierz.	1036	1057	-400	657
Total	3200	3459	-800	2659

Kosten und Nutzen der Reduktionsstrategien

Bezüglich der erwarteten Kosten gibt es keine sektorale, nationale oder maßnahmenweise Aufgliederung. Die direkten Kosten werden je nach Studie (POLES, PRIMES oder CRASH) auf 15 bis 35 Mrd. Ecu (in Preisen 1990) pro Jahr geschätzt. Unter direkten Kosten werden Investitionen, erhöhte Treibstoffkosten und andere Erhaltungskosten verstanden. Die Höhe der Kosten hängt unter anderem von den erwarteten Investitionstätigkeiten ab, die entweder allein aus Effizienzüberlegungen getätigt würden (sog. kostenfreie Optionen) oder nur unter den spezifischen Anreizen des Kyotoprogramms.

Die durchschnittlichen jährlichen Kosten lassen sich in Durchschnittskosten pro reduzierter Tonne CO₂ umrechnen: Diese belaufen sich auf 3,5 bis 30 Ecu/t CO₂. Die Grenzkosten werden bereits auf 51 bis 79 Ecu/t CO₂ geschätzt.

Transaktionskosten sind in diesen Kostenabschätzungen nicht berücksichtigt, dafür aber auch nicht Sekundäreffekte durch Akzeleratorprozesse. Weiters wird unterstellt, daß die EU ohne Abstimmung mit der übrigen Welt agiert, sodaß Joint Implementation etc. nicht beurteilt werden.

In makroökonomischen Größen gemessen ergibt sich daher in Summe ein Effekt von -1,5% bis +1% auf das BIP. Dieses Ergebnis ist stark dadurch beeinflusst,

ob beispielsweise die Einnahmen aus einer CO₂-Steuer für die Reduktion der Kosten auf Arbeit verwendet werden oder nicht. Findet keine Rezyklierung der Steuereinnahmen statt, sind die Effekt auf die Beschäftigung in der Regel negativ.

Die EU macht damit auch sich selbst darauf aufmerksam, daß das Design von klimapolitischen Maßnahmen den Effekt auf die konventionellen makroökonomischen Indikatoren, wie BIP und Beschäftigung, bestimmt.

Zusätzlich entsteht ein erwarteter Nutzen in Form von Umweltverbesserungen, der kaum im Maß des BIP erfaßt wird. Dieser Nutzen ist vor allem davon abhängig, welchen Wert man nicht am Markt gehandelten Gütern beimißt und wie hoch der Trade-off zwischen heutigem und zukünftigem Nutzen angesetzt wird.

Zusammenfassend könnte das angesprochene Working Papers der EU zu den Optionen für die Klimaschutzstrategien deshalb beurteilt werden als ein Abschied vom alten Verständnis der Klimaschutzpolitik als *Burden* zugunsten der neuen Erkenntnis einer *Opportunity*.

Die zentralen Elemente dieser neuen Argumentation sind die induzierten innovativen Technologieeffekte und die Wirkung einer doppelten Dividende aus einer umweltorientierten Steuerpolitik. Die wirtschaftspolitische Analyse der *Toronto*-Technologieprogramms für Österreich folgt dieser Argumentationslinie.

Literatur (Anhang)

- Barker, Terry (1997), Taxing pollution instead of jobs: towards more employment without more inflation through fiscal reform in the UK, in O'Brien, Timothy (ed.), *Ecotaxation*, Earthscan, London.
- Barker, Terry (1998), Achieving a 10% cut in Europe's CO₂ emissions using additional excise duties: multilateral versus unilateral action using an E3 model for Europe, E3ME Working Paper No 29, Cambridge Econometrics.
- Capros, P., T. Georgakopoulos, S. Kotsomiti and A. Filippoupolitis (1997), Macro-economic Implications of the "Kyoto" CO₂ Target for the EU, Report to European Commission DG-XII under Climate Technology Strategy JOULE Project, National Technical University of Athens.
- Conrad, Klaus, Tobias F. N. Schmidt (1997), Double Dividend of Climate Protection and the Role of International Policy Coordination in the EU – An Applied General Equilibrium Analysis with the GEM-E3 Model, Discussion Paper 97-26, ZEW Mannheim.
- European Commission (1997), Climate Change – Analysis of proposed EU emission reduction objectives for Kyoto, Commission Staff Working Paper, draft.