

Wiener Studien zur Politischen Ökonomie

Band 10

Gesamtwirtschaftliche Analyse der
Energie- und Umweltpolitik in Österreich

Hanappi, Frisch, Rysavy, 1999



Analyse gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen der Energie- und Umweltpolitik in Österreich

H. FRISCH, Univ.-Prof. Dr. Dr.

G. HANAPPI, Univ.-Prof. Dr.

Technische Universität Wien

Institut für Volkswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik

E. RYSAVY, Mag. Dr.

Österreichische Akademie der Wissenschaften

Forschungsstelle für Sozioökonomie

Jänner 1999

IMPRESSUM:

Medieninhaber und Verleger:

Verband der Elektrizitätswerke Österreichs (VEÖ), A-1040 Wien

Hersteller: Fanta & Posch GasmbH&CoKG, A-1090 Wien

© 1999. Alle Rechte einschließlich das der Übersetzung sind dem Medieninhaber vorbehalten.

Bestellnummer 650/458

ISBN 3-901411-56-9

ZUSAMMENFASSUNG

Das Projekt gelangt zu zweierlei Schlußfolgerungen:

Zum einen kann gezeigt werden, daß die von Schleicher/Kratena vorgenommene Modellierung, die ja in ihrem Einfluß auf die bisherige Politik des Umweltministeriums von größter Bedeutung war, in vielen Bereichen gravierende Mängel aufweist. Diese bestehen nicht nur in der Unterlassungen einer ökonomischer Untermauerung der wesentlichen Wirkungsmechanismen (private Investitionstätigkeit, Finanzierungsseite des Staates, Technologieentwicklung etc.) sondern auch in einer konzeptuellen Unausgegorenheit der Wahl des Modelles. Die - durchaus wünschenswerten - "starken" Resultate der Modellierung sind aus dieser Perspektive nicht mehr als "wishful thinking". Letzteres ist aber als Grundlage einer realistischen, und daher nachhaltigen Umweltpolitik nicht brauchbar.

Zum zweiten wurde im Rahmen einer Adaptierung des Modelles AUSTRIA 3 gezeigt, daß eine Simulationsstudie, die auf die kritisierten Mängel eingeht durchaus in der Lage ist interessante und plausible Ergebnisse zu liefern. Es sollte nicht verwundern, daß höhere Umweltqualität in diesem Modell ihren ökonomischen Preis (im vorgestellten Szenario in Form höherer Budgetdefizite) hat. Die Effekte des geplanten Maßnahmenpaketes fallen hier auch wesentlich schwächer aus als im eingangs kritisierten Modell (7,37% statt 20%). Sie bleiben daher im Rahmen der von der EU insgesamt als realistisch erachteten Zielvorgaben (etwa 8%) - womit die voreilig propagierte Vorreiterrolle Österreichs wohl keine realistische, ökonomische Grundlage haben dürfte. Das soll *nicht* heissen, daß beispielhaftes wirtschaftspolitisches Handeln im Umweltbereich "zu teuer" ist, es soll jedoch heissen, daß es jedenfalls mit Abstrichen in anderen Bereichen gekoppelt sein wird. Sein Ausmaß ist daher als Trade-Off zu betrachten, der letztlich nur durch einen politischen Willensbildungsprozeß festgelegt werden kann. Quantitative Ausmaße und mögliche Optionen solcher Trade-Offs zu ermitteln, genau dazu können Simulationsmodelle wie das hier präsentierte dienen

ABSTRACT

The project consists of two parts. In the first part it evaluates the currently used modelling approaches underpinning Austrian energy- and environmental policies. In particular the model of professor Stefan Schleicher is studied in detail. As shown, there are major deficiencies in this model: On the one hand the conceptual framework used - a standard Keynesian demand-oriented macro-model combined with a fix-price IO-table - seems to be inappropriate for the purpose of investigating supply-side oriented energy- and environmental policies. On the other hand, even if one accepts the general approach, it is not acceptable that those relationships that are crucial for the major conclusions (investment function, finance of public spending, development of technical coefficients, etc.) are either exogenously assumed or even ignored. The astonishing, and in principle positive result that all goals of economic policy - including massive CO₂ reduction - can be improved simultaneously therefore must be considered as wishful thinking.

Part two proposes our own modelling approach. Using the simulation model AUSTRIA 3 that tries to prevent the shortcomings of the model criticized in part one it is shown that the economic principle of NFL ('no free lunch') does apply to environmental policy too. In particular the proposed measures are shown to imply an increase in budget deficit. Their efficiency is also shown to be far lower than the 20% CO₂ reduction forecasted by Schleicher's model. The 7.37% we get seem to be roughly in line with the target that the EU considers as realistic. Austria's role as a driving force for environmental protection in Europe therefore should be reevaluated. Illusions, even if supported by modelling approaches, are not helpful for *sustainable* environmental policy.

Inhalt

1	Darstellung der Ist-Situation und bestehender Ansätze.....	1
1.1	Zusammenfassung der Erkenntnisse und Empfehlungen im „Toronto-Technologieprogramm“.....	1
1.1.1	Eckdaten.....	1
1.1.2	Struktur des Programms.....	2
1.1.3	Finanzierung und Folgeinvestitionen.....	3
1.1.4	Kommentar.....	4
1.2	Analyse des von Professor Schleicher (Universität Graz) entwickelten Simulationsmodells.....	5
1.2.1	Einführende Bemerkungen.....	5
1.2.2	Allgemeine Beschreibung des Modells.....	5
1.2.3	Berücksichtigung der Energienachfrage und Simulationsansatz des Modells.....	7
1.2.4	Kritik.....	8
2	Analyse des direkten und indirekten Beitrags der österreichischen Wirtschaftssektoren zur Emission von Treibhausgasen.....	10
2.1	Rahmenbedingungen und Analyseansatz.....	10
2.2	Datenquellen und Aggregationsniveau.....	10
2.3	Verursacher und Größenordnung von CO ₂ -Emissionen.....	18
2.4	Relevante Kenngrößen.....	22
2.5	Gegenüberstellung von Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen.....	23
2.5.1	Emissionsfaktoren.....	23
2.5.2	CO ₂ -Emissionen.....	27
2.5.3	Spezifischer Energieverbrauch.....	32
2.5.4	Spezifische CO ₂ -Emissionen.....	35
2.5.5	Energieverbrauch.....	38
3	Simulationsstudie zu speziellen umweltpolitischen Konsequenzen von Energiepolitik.....	41
3.1	Auswahlkriterien für das Simulationsmodell.....	41
3.2	Aufbau des Simulationsmodells.....	41
3.2.1	Struktur des Energiemoduls.....	42
3.3	Ergebnisse der Simulationsläufe.....	42
3.3.1	Basislauf ohne Maßnahmen.....	43
3.3.2	Das Toronto-Technologieprogramm.....	43
4	Schluß.....	45

Inhalt

Anhang A: Österreichische CO ₂ -Bilanz 1996: Struktur und Dynamik der österreichischen CO ₂ -Emissionen.....	46
Anhang B: Das Modell des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung (WIFO-Modell).....	48
Anhang C: Liste der Wirtschaftssektoren.....	50
Literatur.....	51

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: CO₂-Emissionen in Relation zu den Energieumwandlungs- und Verwendungsstufen 13

Abbildung 2.2: CO₂-Emissionen in Österreich nach verursachenden Primärenergieträgern 19

Abbildung 2.3: CO₂-Emissionen in Österreich nach verursachenden Anwendungsbereichen 20

Abbildung 2.4: CO₂-Emissionen in Österreich nach verursachenden Endenergieträgern, berechnet nach Emissionsfaktoren 21

Abbildung 2.5: Entwicklung der Emissionsfaktoren der Sekundärenergieträger Fernwärme und Elektrizität 23

Abbildung 2.6: Emissionsfaktoren der Wirtschaftssektoren 1 bis 5 im Vergleich 24

Abbildung 2.7: Emissionsfaktoren der Wirtschaftssektoren 6 bis 10 im Vergleich 25

Abbildung 2.8: Emissionsfaktoren der Haushalte vs. der Wirtschaftsbereiche 26

Abbildung 2.9: CO₂-Emissionen der Haushalte im Vergleich mit den Wirtschaftsbereichen 27

Abbildung 2.10: CO₂-Emissionen der Wirtschaftssektoren 1 bis 5 im Vergleich 28

Abbildung 2.11: CO₂-Emissionen der Wirtschaftssektoren 6 bis 10 im Vergleich 29

Abbildung 2.12: Anteil CO₂-Emissionen des Transportsektors durch den jeweiligen Energieträger an den insgesamt durch diesen Energieträger verursachten CO₂-Emissionen 30

Abbildung 2.13: Anteile der CO₂-Emissionen des jeweiligen Energieträgers an den insgesamt durch diesen Energieträger verursachten CO₂-Emissionen 31

Abbildung 2.14: Spezifischer Energieverbrauch der Sektoren 1 bis 5 im Vergleich 32

Abbildung 2.15: Spezifischer Energieverbrauch der Sektoren 6 bis 10 im Vergleich 33

Abbildung 2.16: Spezifischer Energieverbrauch der Haushalte und Wirtschaftsbereiche gesamt 34

Abbildung 2.17: Spezifische CO₂-Emissionen der Sektoren 1 bis 5 im Vergleich 35

Abbildung 2.18: Spezifische CO₂-Emissionen der Sektoren 6 bis 10 im Vergleich 36

Abbildung 2.19: Spezifische CO₂-Emissionen der Haushalte vs. Wirtschaftsbereiche gesamt 37

Abbildung 2.20: Energieverbrauch durch Verkehr, verursacht durch Haushalte vs. Wirtschaft 38

Abbildung 2.21: Energieverbrauch der Haushalte vs. Wirtschaftsbereiche 39

Abbildung 2.22: Anteil des Verkehrs in den Sektoren am Energieverbrauch 40

Abbildung 3.1: Interaktion zwischen Wirtschafts- und Energiemodell 41

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1.1: Investitions- und Beschäftigungseffekte des Toronto-Technologieprogramms.....</i>	<i>2</i>
<i>Tabelle 2.1: CO₂-Emissionsfaktoren.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabelle 2.2: Sektorale Aufteilung des Wirtschaftsmodells zur Erstellung des Toronto- Technologieprogramms.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabelle 2.3: Sektorale Aufteilung des Wirtschaftsmodells der vorliegenden Studie.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 2.4: Phasen im Energiefluß und mögliche Einflußbereiche.....</i>	<i>22</i>
<i>Tabelle 3.1: Simulationsergebnisse des Basis-Szenarios</i>	<i>43</i>
<i>Tabelle 3.2: Simulationsergebnisse des Szenarios „Toronto-Technologieprogramm“</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 3.3: Differenz der Simulationsergebnisse zwischen Toronto-Technologieprogramm und Basisszenario</i>	<i>44</i>

1 Darstellung der Ist-Situation und bestehender Ansätze

1.1 Zusammenfassung der Erkenntnisse und Empfehlungen im „Toronto-Technologieprogramm“

1.1.1 Eckdaten

Das „Toronto-Technologieprogramm“¹ wurde vom Österreichischen Klimabeirat² erstellt und soll, wie schon im Titel vermerkt ist, „Maßnahmen, Effekte und gesamtwirtschaftliche Kosten eines Technologieprogramms zur Erreichung des Toronto-Emissionsziels für CO₂“ aufzeigen. Das Ziel ist dabei, die österreichischen CO₂-Emissionen bis 2005 um 20 % gegenüber dem Wert von 1988 zu reduzieren.

Die Grundideen und Annahmen des Programms werden in der Folge zusammengefaßt und kommentiert.

Als zentraler Gedanke wird dabei angesehen, daß eine Verminderung der Emissionen nicht notwendigerweise eine Belastung der österreichischen Volkswirtschaft bedeuten muß, sondern im Gegenteil durch erhöhte Technologie-Investitionen positive Rückwirkungen auf die Gesamtnachfrage der österreichischen Volkswirtschaft erzielen kann, sodaß insgesamt ein positiver Netto-Effekt entsteht.

Investitionen durch den Staat sind dabei nur als sogenannte „Anstoßfinanzierungen“ vorgesehen, die sowohl direkt als auch indirekt (über einen Multiplikator-Effekt) die Nachfrage ganz allgemein und somit die (inländische) Wirtschaftsleistung erhöhen, was auch positive Auswirkungen auf das Beschäftigungsniveau hat.

Längerfristig sollen die vorgeschlagenen Maßnahmen eine Erhöhung der technologischen Innovationsfähigkeit sowie eine höhere Energieeffizienz in Produktion und Konsum bewirken; sektorale Einbußen wären fast ausschließlich im Energieerzeugungsbereich zu erwarten.

Diese positiven Rückkoppelungen sollen vor allem durch Investitionen im Bereich der Maschinenerzeugung sowie im Bausektor in zwei Stufen erreicht werden.

Konkret soll das Programm über 9 Jahre, von 1997 bis 2005, laufen. *Da bisher noch keine der vorgeschlagenen Maßnahmen umgesetzt wurde, muß das Programm als bereits nicht mehr dem aktuellen Zustand entsprechend angesehen werden.*

¹ KRATENA ET AL. 1997

² Im Österreichischen Klimabeirat sind Mitglieder österreichischer Universitäten und anderer Forschungseinrichtungen vertreten; Vorsitzender ist Univ.-Prof. Dr. Stefan Schleicher (Institut für Volkswirtschaftslehre und Volkswirtschaftspolitik, Universität Graz), stellvertretender Vorsitzender ist Univ.-Prof. Dr. Rudolf Pischinger (Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Technische Universität Graz)

Darstellung der Ist-Situation und bestehender Ansätze

Die Anstoßfinanzierung soll 1,44 Mrd. Schilling jährlich, somit insgesamt 12,96 Mrd. Schilling betragen. Daraus sollen direkte Investitionen von 11 Mrd. Schilling pro Jahr durch die Unternehmen entstehen; leider ist aus dem Papier nicht ersichtlich, wie dieser doch sehr hohe Multiplikator von 764 % zu rechtfertigen ist.

Indirekt sollen dadurch weiters Folgeinvestitionen von insgesamt über 200 Mrd. Schilling ausgelöst werden. Dies soll auch Auswirkungen auf die Beschäftigungsrate haben, wie in untenstehender Tabelle zusammenfassend dargestellt ist.

	pro Jahr	insgesamt (1997 – 2005)
Anstoßfinanzierung (Mrd. S)	1,44	12,96
Ausgelöste Investitionen (Mrd. S)	11	99
Folgeinvestitionen (Mrd. S)	ø 24,6	221,5
Zusätzliche Beschäftigte	ø 10.700	6.100 ... 12.200

Tabelle 1.1: Investitions- und Beschäftigungseffekte des Toronto-Technologieprogramms

Die durchschnittlichen Werte für Folgeinvestitionen bzw. zusätzliche Beschäftigte pro Jahr sind so zu verstehen, daß zu Beginn ein geringerer Effekt (16,3 Mrd. S und 6.100 Beschäftigte) und im letzten Jahr höhere Auswirkungen (26,6 Mrd. S und 12.200 zusätzliche Beschäftigte) zu erwarten wären.

Das notwendige Reduktionspotential dieser Maßnahmen zur Erreichung des Toronto-Ziels beträgt für Österreich 13,7 Mio. Tonnen CO₂, die laut Beschreibung durch das Programm sogar geringfügig überschritten würden.

1.1.2 Struktur des Programms

Das Programm basiert auf 34 Maßnahmen, die eine Auswahl aus insgesamt 60 darstellen, und die nach Aussage der Autoren sogar ein Minderungspotential von 15,6 Mio Tonnen CO₂ ermöglichen würden. Als Basisszenario wird dabei die derzeitige WIFO-Energieprognose für das Jahr 2005 herangezogen.

Die Konzepte werden in angebots- und nachfrageseitige Maßnahmen gegliedert, wobei erstere weiter in Effizienzerhöhung von Energieumwandlungsanlagen sowie die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien unterteilt werden.

Das Programm stellt den Anspruch, im laufenden Betrieb weitgehend kostenneutral zu sein, wobei der Break-Even-Punkt für die vorgeschlagenen Maßnahmen schon nach ein bis zwei Jahren erreicht wird. Aus diesem Grund bedürfe es nur einer geringen Anstoßfinanzierung (sowie entsprechender Informationsarbeit), um eine breite Akzeptanz und Umsetzung der Maßnahmen zu gewährleisten.

1.1.3 Finanzierung und Folgeinvestitionen

Die Anstoßfinanzierung von 1,44 Mrd. S/Jahr setzt sich zusammen aus:

- 830 Mio S Länderanteil aus der Energiesteuer
- 250 Mio S Umweltförderung des Bundes
- 360 Mio S Umschichtungen in bestehenden Budgets (v.a. Verminderung von Wohnbauförderung zugunsten Altbausanierung)

Die Finanzierung ist hier insofern nicht eindeutig formuliert, als nicht klar ist, inwiefern es sich dabei um zusätzliche Einnahmen handelt bzw. für welche alternativen Verwendungen die genannten Ausgaben substituiert werden, wodurch diese nun nicht mehr getätigt werden können.

Insbesondere ist nicht klar, wie *zusätzliche* Investitionen der Unternehmer von jährlich 11 Mrd. Schilling entstehen sollen, da in beiden Fällen (zusätzliche Einnahmen sowie Umschichtung von Ausgaben) negative Rückwirkungen an anderer Stelle zu erwarten sind, die im Modell zumindest formal nicht berücksichtigt und auch sonst nirgends argumentiert werden.

Auch werden Preisveränderungen in den einzelnen Sektoren nicht berücksichtigt, wodurch beispielsweise auch *keine* Auswirkungen auf die Exporte zu verzeichnen sind. Eine Erhöhung des Preisniveaus könnte allerdings durch das eventuelle Erreichen eines technologischen Vorsprungs in seiner Wirkung auf die Exporte ausgeglichen werden - diese Überlegung findet sich aber *nicht* im kritisierten Programm.

Die Anstoßfinanzierung von 1,44 Mrd. Schilling pro Jahr hat auf nicht näher spezifizierte Weise Investitionen von 11 Mrd. Schilling zur Folge, die sich wie folgt aufgliedern:

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
<hr/>	
Insgesamt	11,0 Mrd. S

Diese 11 Mrd. Schilling pro Jahr sollen wiederum durch Multiplikator- und Akzeleratoreffekte (bei Konsum bzw. Investitionen) Gesamtinvestitionen von 16,3 bis 26,6 Mrd. Schilling hervorrufen (was einem Faktor von 1,48 bis – langfristig – 2,42 entspricht), wodurch letztendlich über Steuern und

sonstige Abgaben sogar ein positiver Effekt für die Staatsfinanzen erreicht wird, und zwar um zwischen 8 und 12 Mrd. S jährlich.

1.1.4 Kommentar

Vorerst ist festzuhalten, daß die Wirkung des Programms in der beschriebenen Form durchaus wünschenswert wäre, daß allerdings zu prüfen ist, ob nicht übertrieben optimistische Einschätzungen der Potentiale oder/und die Vernachlässigung relevanter Effekte die Wahrnehmung der wahren Verhältnisse verzerren. Dies wäre insbesondere deshalb nicht anzustreben, da nur real erreichbare (und erreichte) Ziele gerade anfangs eine positive Einstellung zu einem solch weitgreifenden Vorhaben gewährleisten können. Andererseits ist natürlich auch eine Unterschätzung der Möglichkeiten samt der daraus folgenden suboptimalen Entscheidungen nicht sinnvoll.

Vor der detaillierten Analyse des Prognosemodells, auf dessen Ergebnissen das Toronto-Technologieprogramm basiert, sollen hier ein paar grundsätzliche Fragen aufgeworfen werden.

- Die recht gewagte Annahme direkter, durch die Anstoßfinanzierung ausgelöster Kapitaltransaktionen von 11 Mrd. Schilling pro Jahr (was einem Faktor von 7,64 entspricht) erscheint recht hoch und wird leider nicht entsprechend begründet.
- Die Rückwirkung der Allokation der Anstoßfinanzierung von 1,44 Mrd. Schilling pro Jahr durch zusätzliche Einnahmen oder Umschichtung der Ausgaben wird nicht berücksichtigt.
- Die technische und wirtschaftliche Lebensdauer von Anlagen wird nicht erwähnt. Entsprechend ist auch nicht klar, inwieweit die Vernichtung „grauer Energie“, also bei der Produktion von Investitionsgütern verbrauchten und somit darin „gespeicherten“ Menge an Energieträgern und damit korrelierter CO₂-Emissionen, zu einem höheren Ausmaß an CO₂-Emissionen führt.
- Die Verlagerung von CO₂-Emissionen ins Ausland durch eine nicht abgestimmte Verminderungspolitik. Diese Problematik wird allerdings in der vorliegenden Studie nicht analysiert.
- Generell wird dadurch auch die zeitliche Komponente der Wirkung von Investitionsprogrammen unterschätzt. Eine starke Rückwirkung schon innerhalb eines Jahres erscheint vorerst wenig plausibel, da gerade größere Investitionen an sich erst nach Ablauf der wirtschaftlichen Lebensdauer von Anlagen oder Gebäuden getätigt werden und erst dann allenfalls Investitionsentscheidungen beeinflusst werden können.
- Im Programm fehlt die saubere Trennung zwischen Wirtschaftssektoren auf der einen und privaten Haushalten auf der anderen Seite. Letztere produzieren gerade im Bereich der Raumwärme einen nicht unwesentlichen Anteil von CO₂-Emissionen, verlangen aber eine grundsätzlich andere Behandlung als Unternehmen.

1.2 Analyse des von Professor Schleicher (Universität Graz) entwickelten Simulationsmodells

1.2.1 Einführende Bemerkungen

Dieses Modell³ dient als Grundlage für die Maßnahmen des Toronto-Technologieprogramms, wird von Umweltminister Dr. Bartenstein als Grundlage für österreichische Maßnahmen bezüglich des Ausstoßes von Treibhausgasen verwendet und verdient deshalb eine ausführlichere Betrachtung.

Leider ist es in seiner vollständigen, ausgewerteten Form offenbar nicht verfügbar, aus welchem Grund die an dieser Stelle vorgenommene Analyse sich auf die vorhandenen Materialien sowie auf Drittpublikationen beschränken muß. Diese Eigenschaft reduziert jedenfalls die Überprüfbarkeit und läßt zumindest Zweifel über die vollständige Argumentierbarkeit des Modells im Raum stehen.

1.2.2 Allgemeine Beschreibung des Modells

Das Modell basiert auf dem vom Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO) ausgearbeiteten Modell für die österreichischen Wirtschaftssektoren⁴, wobei besonderes Augenmerk auf den Energiebereich gelegt wurde. Dieser besteht aus fünf Wirtschaftssektoren der nach 32 Sektoren strukturierten österreichischen Volkswirtschaft⁵. Nachfrageänderungen nach Energie entstehen endogen durch Änderungen des Outputs sowie exogen durch Änderung der technischen Koeffizienten.

Im Vergleich zum WIFO-Modell wurden einige Annahmen vereinfacht; konkret wird darauf noch in der folgenden Beschreibung hingewiesen.

Die formale Spezifikation des Modells ist in Anhang A (Seite 46) zu finden.

Beim Simulationsmodell handelt es sich um eine Kombination zwischen einem Makro-Block und einem disaggregierten Input/Output-Modell, wobei im Makro-Teil die Summen der Endnachfragekomponenten, nämlich

- privater Konsum,
- Brutto-Anlageinvestitionen,
- Lagerveränderungen,
- öffentlicher Konsum und

³ vgl. KRATENA ET AL. 1997

⁴ KRATENA ET AL. 1995; formale Spezifikation Anhang B (S. 48)

⁵ siehe Anhang C (S. 50)

- Exporte

bestimmt und diese dann auf Basis ökonometrischer Nachfragesysteme auf die einzelnen Wirtschaftssektoren aufgeteilt werden; für die Importe (nach Gütern) und die Beschäftigung (Erwerbstätige insgesamt) gilt Analoges.

Beim Input/Output-Modell handelt es sich um ein reines Mengenmodell ohne Berücksichtigung von Preisänderungen. Die Zusammenhänge zwischen Preisen, Einkommen und Nachfrage werden weiterhin im Aggregat im Makromodell (also im Durchschnitt und unabhängig vom Preisverhältnis der einzelnen Güter) erfaßt.

Laut den uns vorliegenden Unterlagen finden dementsprechend Preiselastizitäten und Substitutionselastizitäten keine Berücksichtigung.

Die Gesamtnachfrage nach Gütern Q ergibt sich aus der Nachfrage nach Intermediärgütern und der Güter-Endnachfrage F . Beide Nachfragequellen sind als Vektoren nach Gütergruppen organisiert. Dabei wird die Intermediärnachfrage durch Multiplikation des Outputvektors (Output nach Aktivitäten) mit der Matrix der technischen Koeffizienten ermittelt. Diese wird auf Basis des Zeittrends der Intermediär-Nachfragematrix entsprechend einer Entwicklung mit abnehmenden Zuwachsraten (ähnlich einer logistischen Kurve) fortgeschrieben.

Der inländische Güteroutput $Q(d)$ ergibt sich durch Subtraktion der Importe von der Gesamtnachfrage; Der Outputvektor $Q(A)$ (Output nach Aktivitäten, d.h. Tätigkeitsbereichen, konkret Wirtschaftssektoren) wiederum wird durch Aufteilung des inländischen Güteroutputs mit Hilfe einer Marktanteilmatrix errechnet, die als über den Zeitablauf konstant angenommen wird.

Aus der simultanen Lösung der Gleichungen (1) bis (3) wird die Güternachfrage errechnet, wobei für die Kalibrierung des Grund Szenarios privater und öffentlicher Konsum, Investitionen (einschließlich Lagerveränderungen) und Exporte als exogen gegeben angenommen werden.

Die Importe werden auf Basis logarithmischer Korrelation mit der gesamten Güternachfrage Q bestimmt und auf 19 Wirtschaftssektoren aufgeteilt.

Der private Konsum der einzelnen Sektoren wird mit Hilfe eines Almost Ideal Demand Systems ohne Preise bestimmt, wobei als bestimmende Größen der gesamte Konsum zu den Zeitpunkten t und $t-1$ sowie deren Differenz herangezogen werden; das Modell strebt also einen statischen Gleichgewichtszustand der Aufteilung einer Gesamtkonsumgröße auf die einzelnen Sektoren an.

Die Investitionen werden für k unterschiedliche Investitionsarten betrachtet, wobei für jede mit Hilfe eines fixen Koeffizienten der Anteil für den jeweiligen Sektor ermittelt wird; das heißt, daß der Anteil jedes Sektors an den Gesamtinvestitionen der Gruppe k über die Zeit als konstant angenommen wird.

Konkret werden folgende Investitionsarten unterschieden:

- Wohnbau (2,1 Mrd S / Jahr)
- sonstiger Hochbau (0,8 Mrd S / Jahr)
- Tiefbau (2,0 Mrd S / Jahr)
- Maschinen (6,0 Mrd S / Jahr)
- Fahrzeuge (0,1 Mrd S / Jahr)

Die Summen werden dann im Sektormodell mit Hilfe ökonomisch modellierter Nachfragesysteme oder mit einfacheren Submodellen aufgeteilt in Nachfrage nach bestimmten Gütern.

Für die Staatsausgaben (öffentlicher Konsum) wurde mangels besserer Informationen ebenfalls eine fixe Aufteilung auf die i Wirtschaftssektoren angenommen.

Für die Exporte wurde im Gegensatz zum WIFO-Modell keine eigene Gleichung definiert, woraus sich der Umstand ergibt, daß die Exporttätigkeit von allen energiepolitischen Maßnahmen unberührt bleibt. Dies ist eine Annahme in der Modellspezifikation, die durchaus in Frage zu stellen ist.

Der Beschäftigungseffekt wird (im Unterschied zum WIFO-Modell) je nach Sektor nach Gleichung (12) oder (13) geschätzt, wobei in jedem Fall der Output nach Aktivitäten zusätzlich zum autoregressiven Trend als Erklärungsvariable dient.

1.2.3 Berücksichtigung der Energienachfrage und Simulationsansatz des Modells

Der Energieaspekt wird im beschriebenen Ansatz an zwei Punkte berücksichtigt: einerseits wird der Output der energieproduzierenden Wirtschaftssektoren 2 bis 6 (vgl. Anhang C) durch die Nachfrage nach Energieträgern beeinflusst, und andererseits wirkt sich die Änderung der technischen Koeffizienten auf die für einen bestimmten Output benötigte Energiemenge aus. Über die Nachfrage nach Energieträgern verändert sich auch der CO₂-Ausstoß.

Die Simulation läuft dabei wie folgt ab: zuerst werden die Auswirkungen einer entsprechenden Maßnahme auf die einzelnen Wirtschaftssektoren für fünf Jahre simuliert. Die Wirkungen gehen dabei über zusätzliche Staatsausgaben bzw. über die gesteigerten Investitionen in das Modell ein (wie diese Werte zustandekommen, ist jedoch ungeklärt). Es werden keine Preisänderungen (d.h. Erhöhungen aufgrund zusätzlicher Nachfrage) berücksichtigt, es wird Unterauslastung der gesamten Wirtschaft angenommen; dies ist auch die Grundannahme des nachfragegetriebenen WIFO-Modells, das an sich für andere Zwecke erstellt wurde.

In einem zweiten Schritt werden die (angenommenen) Effizienzerhöhungen in der Energienutzung berücksichtigt, indem die technischen Koeffizienten des Input/Output-Modells *exogen* modifiziert werden, wobei nicht klar ist, nach welchen konkreten Kriterien sich diese Veränderungen richten;

dies ist insbesondere der Fall, da es sich hier nicht um rein technische Koeffizienten handelt, sondern auch betriebs- und wirtschaftstechnische Abläufe Berücksichtigung finden müssen.

Die Aufteilung dieser Änderungen auf die einzelnen Sektoren erfolgt jedenfalls nicht sehr differenziert:

„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“.⁶

Dies bewirkt ein Sinken der Nachfrage nach Energieträgern, was negative Auswirkungen auf die genannten Sektoren 2 – 6 hat. Es werden auch die geringere Nachfrage der Energiesektoren nach Produkten aller anderen Sektoren sowie die stärkere Nachfrage aufgrund geringerer Energieaufwendungen erfaßt.

Nachfrageänderungen nach Energie durch die hierauf wiederum freiwerdenden finanziellen Ressourcen bleiben jedoch unberücksichtigt.

1.2.4 Kritik

Das Modell ist eng an dasjenige des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung geknüpft, zielt aber auf eine völlig andere Thematik ab. Aus verschiedenen Gründen muß in Frage gestellt werden, ob dieses Modell die richtige Wahl für die gegebene Aufgabenstellung, nämlich die Abschätzung von Auswirkungen verschiedener Technologie-Förderungsprogramme auf die österreichische Volkswirtschaft, ist. Die tatsächlichen, sich aus dem Wirtschaftsprozess ergebenden Investitionsmaßnahmen und die daraus folgende CO₂-Reduktion wird im Modell überhaupt nicht simuliert, sondern lediglich exogen angenommen.

Im Detail sind an offenen Fragen und Mankos zu nennen:

- Die Art der Ermittlung der modifizierten technischen Koeffizienten, die die jeweiligen Effizienzänderungen widerspiegeln sollen, ist unklar.
- Die Auslösung von jährlichen Investitionen von 11 Mrd. Schilling als Folge einer Anstoßfinanzierung von 1,44 Mrd. Schilling wird im Modell nicht erklärt und auch sonst nicht schlüssig argumentiert.
- Aufgrund der keynesianischen Natur des Modells wird kein Produktionskapital berücksichtigt. Dies ist allerdings sehr problematisch, da letztlich das *verfügbare, im Einsatz*

⁶ KRATENA ET AL. 1997:15

befindliche Kapital den tatsächlichen Bedarf bestimmter Energiearten und somit von CO₂-Emissionen bestimmt.

- Das Modell basiert insgesamt auf der Prognose einer Makro-Abschätzung, die erst dann auf einzelne Sektoren aufgeteilt wird. Bei der Prognose werden viele Zusammenhänge, die bei der Schätzung des Modells auf der Makro-Ebene angesiedelt sind, auf sektoraler Ebene nicht berücksichtigt.
- Bei den vorgeschlagenen Maßnahmen handelt es sich um größere strukturelle Änderungen, die eine Strukturkonstanz des Modells an sich problematisch erscheinen lassen, jedenfalls aber die Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen unterschiedlichen Gütergruppen über Preise notwendig erscheinen lassen, was im Modell nicht geschieht.
- Die Annahme, daß die Exporte gleich bleiben, hängt in starkem Maß von einer Rigidität der Preisstruktur ab, die so nicht gegeben ist
- Der gesamte Kapitalmarkt wird vernachlässigt, wodurch die Rückwirkung der zusätzlichen Güternachfrage auf den Zinssatz und somit auf weitere Investitionsanreize unberücksichtigt bleiben
- Die Haushalte werden nicht gesondert betrachtet, woraus vermutlich zu schließen ist, daß der gesamte private Sektor im vorliegenden Modell nicht berücksichtigt wird.
- Mögliche Substitutionseffekte zwischen Energieträgern ohne bzw. mit negativen Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen werden ignoriert.

Besondere Berücksichtigung verdienen die verfügbaren Daten, die eine sinnvolle Parametrisierung des Modells erst ermöglichen.

Um brauchbare empirische Aussagen zu erhalten, die nach Änderungen in der Produktionsstruktur immer noch größtenteils gültig sind, ist es notwendig, bezüglich dieser Technologien möglichst homogene Sektoren zu betrachten, wobei möglichst gute und aktuelle Daten sowohl für die Wirtschaftsleistung und -struktur als auch bezüglich des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen notwendig sind.

Die verwendeten Daten sind Wirtschaftsdaten aus dem Jahr 1983, die durch die Dynamisierung der Intermediärnachfrage angepaßt wurden. Ab 1994 wurden die Werte extrapoliert.

Eine Prognose bis zum Jahr 2005 geht daher de facto, je nach Interpretation, über mindestens elf Jahre. Es muß daher die prinzipielle Möglichkeit, halbwegs genaue Aussagen über die tatsächliche Entwicklung zu treffen, bezweifelt werden.

Es wird also angenommen, daß sich die österreichische Wirtschaft nach elf Jahren sowie nach umfangreichen Maßnahmen zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes strukturell nicht verändert hat.

2 Analyse des direkten und indirekten Beitrags der österreichischen Wirtschaftssektoren zur Emission von Treibhausgasen

2.1 Rahmenbedingungen und Analyseansatz

Es wird betont, daß von den Autoren Maßnahmen zur Erreichung eines verminderten CO₂-Ausstoßes als wesentlich angesehen werden; dabei wird auch die Ansicht unterstützt, daß eine möglichst baldige Anpassung an die neuen, durch Erkenntnisse im Umweltbereich entstandenen Rahmenbedingungen den technologischen Vorsprung der österreichischen Wirtschaft stärken kann und längerfristig Wettbewerbsvorteile verspricht.

Von den vielen möglichen Ansätzen zum Setzen von Anreizen soll nicht eine konkrete präferiert werden, sondern vielmehr die Idee eines für die jeweilige Zielgruppe möglichst passenden Maßnahmen-Bündels entwickelt werden.

Vor allem durch Regulierungsmaßnahmen (wie beim im Toronto-Technologieprogramm genannten Beispiel der Anpassung der Bauordnung) sowie durch Informations- und Anreizprogramme für private Haushalte (beispielsweise für wärmedämmende Maßnahmen zur Verminderung der Heizungsenergie) können direkte und effiziente Erfolge erzielt werden.

Auch muß berücksichtigt werden, daß eine höhere *Energieeffizienz* neuer Technologien nicht notwendigerweise eine Besserstellung beim CO₂-Ausstoß bedeuten muß; eine Verringerung der Betriebskosten aufgrund höherer Effizienz kann durch Substitution von Energieträgern durchaus den gegenteiligen Effekt haben, es kann also nicht in jedem Fall auf die höhere Wirtschaftlichkeit effizienterer Technologien als allein auslösenden Faktor vertraut werden.

Es sollte somit die Möglichkeit sowie Vor- und Nachteile der Energieträgersubstitution berücksichtigt werden.

2.2 Datenquellen und Aggregationsniveau

Um die bisherige Entwicklung sowohl im wirtschaftlichen Bereich als auch bezüglich der Treibhausgasemissionen beurteilen zu können, sind zuerst adäquate Daten erforderlich. Diese sind für Österreich leider nicht in geeigneter Form verfügbar und müssen erst entsprechend erstellt werden.

Aus diesem Grund wird in der Folge großer Wert auf die übersichtliche Darstellung und Vergleichbarkeit der Daten gelegt.

Erst dann wird damit ein ökonomisches Simulationsmodell kalibriert, und es werden Abschätzungen der Wirkungen unterschiedlicher umweltpolitischer Maßnahmen durchgeführt.

Die Gegenüberstellung von Wirtschafts- und Umweltdaten stellt ein Problem dar, da die Erhebung nach jeweils unterschiedlichen Kriterien durchgeführt wird. Umweltbundesamt und ÖSTAT sind derzeit, einer gesamteuropäischen Initiative folgend, mit der Erstellung einer Statistik beschäftigt, die die Vergleichbarkeit gewährleisten soll, nämlich einer NAMEA („National Accounts Matrix including Environmental Accounts“), mit deren Hilfe letztendlich die Emissionen in Form von Umweltkonten der traditionellen Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung angegliedert werden⁷. Dies macht jedoch die bereits genannten Probleme sichtbar:

„Die Wirtschaftssektoren sind weitestgehend auf der Ebene der Abteilungen (zweistellige Positionen) der NACE Rev. 1 dargestellt. Dies erforderte allerdings eine Interpolation der Emissionen bei zehn Wirtschaftsbereichen der sektoralen Energiebilanz 1994, denn die Daten standen in jeder Gliederung zur Verfügung. Die Emissionen wurden zuerst nach den Bereichen der Energiebilanz berechnet. Die Aufteilung der Emissionen der zehn Wirtschaftsbereiche auf Abteilungen der NACE Rev. 1 erfolgte dann anhand eines prozentuellen Schlüssels aus Anzahl der Beschäftigten und Bruttoproduktionswert der aufzuteilenden Bereiche.“ [...]

Die Luftschadstoffinventur CORINAIR94 beruht auf verschiedenen Datenquellen (u.a. Energiebilanz, Produktionsstatistiken, Emissionserklärungen und Messungen) und umfaßt ca. 400 technische Prozesse. Die Aufgabe des Projekts bestand darin, diese Prozesse den 60 Abteilungen der NACE Rev. 1 zuzuordnen. Die Endsummen von CORINAIR94 und der vorliegenden NAMEA der Luftschadstoffe sind identisch, da es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine nachträgliche Aufspaltung vorhandener Emissionsdaten nach Wirtschaftssektoren handelt. Die Genauigkeit des Ergebnisses kann deshalb auch nicht höher sein als jene der Ausgangsdaten.“⁸

Eine solche Statistik wird bei Verfügbarkeit vollständiger Zeitreihen sehr nützlich für die Gegenüberstellung von Umwelt- und Wirtschaftsdaten sein; zur Zeit sind allerdings nur Werte für das Jahr 1994 vorhanden.

Daten über andere CO₂-Emissionen aus anderen Quellen sind nach Emissionsgruppen gegliedert, die einen Vergleich mit Wirtschaftsdaten nicht zulassen.

⁷ vgl. ÖSTAT 1988

⁸ ÖSTAT 1988.57-58

Aus diesem Grund soll hier ein anderer Weg gewählt werden. Da Emissionen aus Verbrennung von Energieträgern den weitaus größten Anteil ausmachen, werden diese in der Folge ins Zentrum der Betrachtungen gestellt.

Die Beziehung zwischen wirtschaftlicher Tätigkeit und Energieverbrauch ist eine unmittelbarere als zu den daraus entstehenden CO₂-Emissionen. Aus diesem Grund ist es auch sinnvoller, die Analyse auf die Beziehung Wirtschaft–Energieverbrauch zu konzentrieren und die damit verbundenen Schadstoffemissionen daraus zu ermitteln. Dies ist innerhalb gewisser Genauigkeitsgrenzen auch möglich:

Die im jeweiligen (Primär-)Energieträger pro Energieeinheit vorhandene Menge an Kohlenstoff, der bei der thermischen Verwertung zum größten Teil in CO₂ umgewandelt wird, ist weitgehend konstant und wird mit dem *Emissionsfaktor* angegeben. Dieser verändert sich beispielsweise für Öl kaum, während er bei Kohle einer gewissen Schwankungsbreite unterliegt. Allerdings hängt die tatsächlich entstehende CO₂-Menge vom Verbrennungsgrad (Oxidationsgrad) des Energieträgers ab, der wiederum technologieabhängig ist. Wird nicht der gesamte enthaltene Kohlenstoff oxidiert, so entsteht naturgemäß auch weniger CO₂, als theoretisch möglich wäre:

„It should be noted that CO₂ emission factors as defined in step 3 above are based on the assumption that all carbon in the fuel which is oxidised is oxidised to CO₂, and are therefore dependent only on the carbon content of the fuel, and are independent of technology. It is for this reason that the Reference Approach, which requires no information about how fuel is actually used, is feasible. However, it should be noted that oxidation factors, particularly for coal, are technology dependent, at least to some extent, and hence will vary from sector to sector of the economy, depending on the mix of fuel using equipment in the sector.“⁹

Dies bedeutet aber auch, daß bei einer Erhöhung der Effizienz der Verbrennung (d.h. bessere Ausnutzung des Brennstoffes) nicht notwendigerweise weniger CO₂ bei gegebener Energiedienstleistung entsteht.

In anderen Worten: erhöht man die Ausnutzung eines Brennstoffes, indem eine vollständigere Verbrennung erreicht wird, während sich die Relation zwischen Endenergie und Energiedienstleistung nicht verändert, so wird lediglich die benötigte Menge des Energieträgers vermindert, aber die selbe Menge von Kohlenstoff oxidiert; die CO₂-Emissionen pro unverändert bleibender *Energiedienstleistung* verändern sich nicht.

⁹ NGGIC 1996

Analyse des Beitrags zur Emission von Treibhausgasen

Dieser Zusammenhang müßte technologiespezifisch beurteilt werden und stellt nicht Inhalt dieser Arbeit dar; es wird jedoch davon ausgegangen, daß sich dieser Einfluß nicht in bedeutenden Größenordnungen bewegt.

Geht man von einem energiebezogenen Ansatz zur Analyse der Beziehung zwischen Wirtschaftstätigkeit und Treibhausgasemissionen aus, so gibt die folgende, vereinfachte Abbildung die Struktur der Problematik wieder:

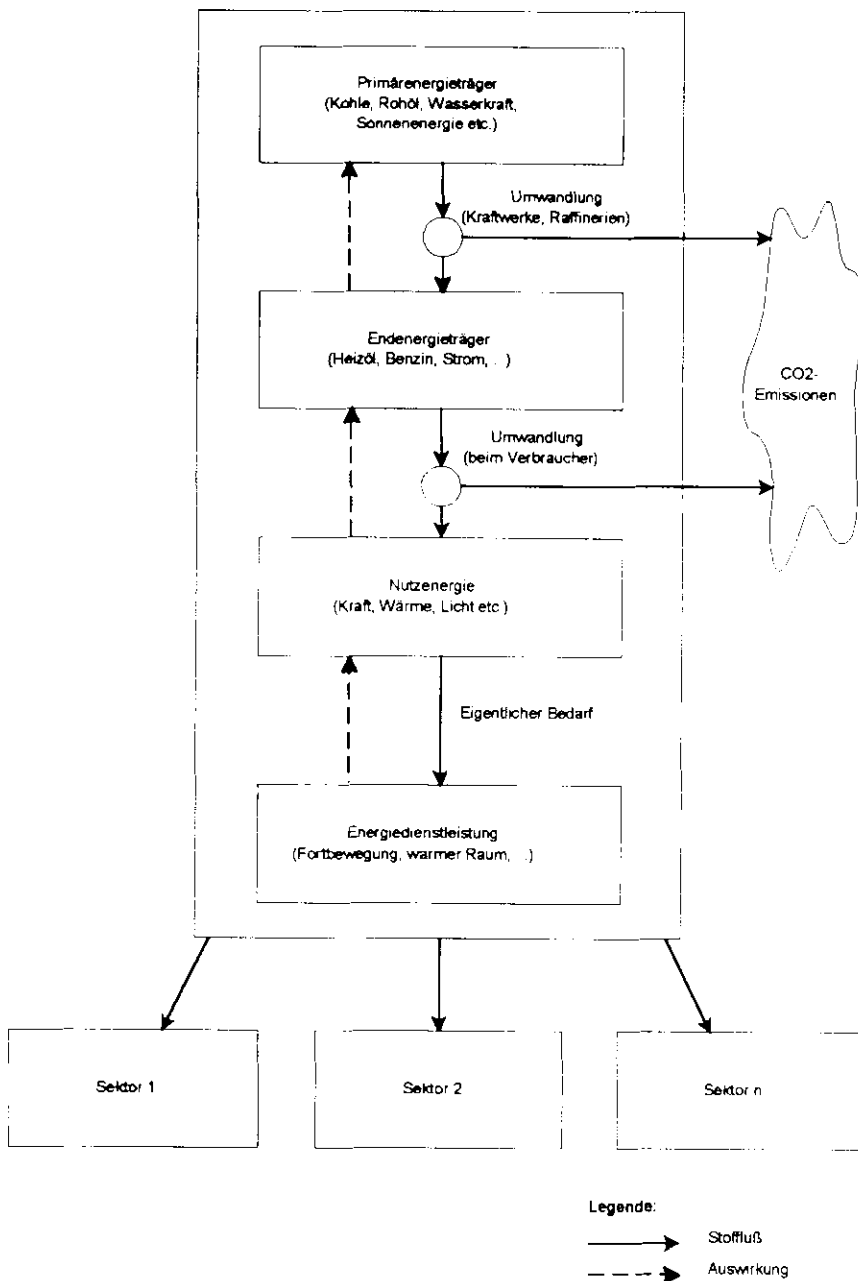


Abbildung 2.1: CO₂-Emissionen in Relation zu den Energieumwandlungs- und Verwendungsstufen

In Abbildung 2.1 werden schematisch die Relationen zwischen Energiefluß, CO₂-Emissionen und Verwendung in den einzelnen Wirtschaftssektoren dargestellt. Es werden dabei auch die unterschiedlichen Beziehungen deutlich, die letztlich die Gesamtemissionen bestimmen, jedoch von jeweils sehr unterschiedlicher Natur sind.

Im Prinzip handelt es sich hier um eine Darstellung der Umwandlungsprozesse, die ein Energieträger durchmacht, und zwar vom physischen Niveau bis hin zur Verwendung beim Verbraucher. Im Rahmen der Umwandlungsprozesse treten Verluste auf, die die Menge von Energie, die nach der Umwandlung in Form von Sekundär- oder Endenergie zur Verfügung steht, vermindern. Im Fall der Stromerzeugung treten die gesamten CO₂-Emissionen an diesem Punkt auf, wobei deren Menge vom verwendeten Mix der Primärenergieträger bestimmt wird. Der Endenergieträger wird dann beim Verbraucher in die jeweilige Nutzenergie umgewandelt, wobei jedoch letztendlich die *Energiedienstleistung* im Zentrum des Interesses steht.

Durch die relativ direkte Beziehung zwischen Energieverbrauch und Emission von CO₂ ist jede Verminderungsstrategie dieses Treibhausgases automatisch mit einer Verminderung des Energieinputs *der Volkswirtschaft* gleichzusetzen. Dabei zeigt Abbildung 2.1 die verfügbaren Freiheitsgrade zur Emissionsreduktion auf:

- Verminderung der Verluste bei der Energieumwandlung und -verteilung
- Substitution zwischen Energieträgern zu denjenigen, die mit weniger oder gar keinem CO₂-Ausstoß verbunden sind¹⁰
- Effizientere Bereitstellung der *Energiedienstleistung*
- Substitution innerhalb von Wirtschaftsbereichen zu weniger energieintensiven Technologien
- Verlagerung der Nachfrageschwerpunkte zu Sektoren mit geringerem Energie-Input.

In diesem Zusammenhang weist die Ursache-Wirkungs-Beziehung in die genau entgegengesetzte Richtung: ausgehend von einer Nachfragestruktur nach Energiedienstleistungen bei einem bestimmten Verbraucher werden Umwandlungsprozesse induziert, die jeweils mit entsprechenden Schadstoffemissionen verbunden sind. Die tatsächlichen Emissionen treten jedoch, von der Umwandlung her gesehen, sehr weit oben auf und hängen von einer Vielzahl von Faktoren in den genannten Bereichen ab.

¹⁰ Hierbei ist jedoch zu beachten, daß auch Anlagen, die im Betrieb praktisch keine CO₂-Emissionen erzeugen wie z.B. Wasserkraftwerke, zu ihrem Bau eine nicht unerheblichen Energieverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen verursachen. Diese werden zwar der Bauindustrie zugerechnet, sollten aber im Kontext ihrer Ursache betrachtet werden.

Aus diesem Grund sind Energieversorgungsunternehmen zwar wesentliche, aber nur sehr mittelbare Verursacher von CO₂-Emissionen. Es müssen vielmehr alle beteiligten Akteure in die Überlegungen mit eingezogen werden, wobei Ziel der Umwandlungskette letztlich die Bedarfsdeckung beim Verbraucher ist. Es geht also nicht nur darum, eine bestimmte Energiedienstleistung auf bezüglich der erzeugten Emissionen möglichst effizientem Weg bereitzustellen, sondern letztlich in gleichem Maße um eine mögliche Substitution zwischen unterschiedlichen Endnachfragebereichen.

Der beispielsweise in MUSIL 1993 gewählte Zugang „der Verbrauch von elektrischem Strom und Fernwärme verursacht beim Verbraucher keinen CO₂-Ausstoß, dieser wird bei den Umwandlungsbetrieben verbucht“¹¹ kann hier nicht unterstützt werden, da dies die beschriebenen Ursache-Wirkungs-Beziehungen nicht adäquat abbildet.

Um nun eine aussagekräftige Verknüpfung zwischen Energie- und Wirtschaftsdaten durchführen zu können, ist die Aggregation beider Datenmengen auf dem selben Niveau notwendig; im vorliegenden Fall handelt es sich dabei um eine Betrachtung auf Makro-Ebene. Die Energiedaten stammen dabei aus der entsprechend aufsummierten Energiestatistik des ÖSTAT.

Die Emissionswerte werden demgegenüber durch Multiplikation der umgewandelten Energiemenge mit einem *Emissionsfaktor* berechnet. Diese Faktoren werden pro Energieträger benötigt; in der folgenden Auswertung sind dies die 26 unterschiedlichen Primär- und Sekundärenergieträger aus der ÖSTAT-Energiebilanz.

Die tatsächlichen Emissionsfaktoren, d.h. die Menge des emittierten CO₂ pro Energieinhalt, hängen im wesentlichen von folgenden Parametern ab:

- vom Energieäquivalent pro Mengeneinheit Kohlenstoff des eingesetzten Energieträgers
- vom Oxidationsfaktor beim Verbrennungsprozeß, d.h. dem Anteil von im Energieträger gebundenem Kohlenstoff, der letztendlich zu CO₂ oxidiert wird.

Da die Qualität bei einigen Energieträgern, insbesondere Kohle, stärkeren Schwankungen unterliegt sowie der Oxidationsfaktor von technischen Gegebenheiten der jeweiligen Anlage abhängt, wären zur genauen Berechnung Zeitreihen von Emissionsfaktoren notwendig. Die in Österreich diesbezüglich verfügbaren Zahlen beschränken sich auf einzelne Jahre und stammen nur zu einem geringen Teil aus konkreten Messungen; sie wurden ansonsten über Literaturstudien ermittelt.

Aufgrund der diesbezüglich schlechten Datenlage ist es notwendig, entsprechend repräsentative Emissionsfaktoren auszuwählen.

¹¹ MUSIL 1993:2

Analyse des Beitrags zur Emission von Treibhausgasen

Für die Emissionswerte sind folgende Daten verfügbar¹²:

Brennstofftyp	CO ₂ -Emissionsfaktoren (1000 t CO ₂ /PJ)	
	lt. BMWA 1996	lt. NGGIC 1996
Steinkohle	93 ... 95	90,0
Braunkohle	97 ... 110	88,3
BK-Briketts	97	105,0
Koks	92 ... 104	119,5
Benzin	n.v.	68,1
Leucht- und Flugpetroleum	n.v.	68,0
Dieselmotortreibstoff	n.v.	69,7
Gasöl f. Heizzwecke	n.v.	59,4
Heizöl	75 ... 80	73,6
Flüssiggas	64	59,4
Sonst. Produkte der Erdölverarbeitung	n.v.	68,6
Stadtgas	n.v.	59,0
Spalt- oder Mischgas	n.v.	59,0
Naturgas	55	51,4
Generatortreibstoff	n.v.	37,0
Gichtgas	n.v.	37,0
Kokereigas	n.v.	37,0
Raffinerierestgas	n.v.	37,0

Tabelle 2.1: CO₂-Emissionsfaktoren

Aus Gründen der Konsistenz und da die Werte aus BMWA 1996 „unter der Voraussetzung einer 100%-igen Umsetzung in CO₂ berechnet“ wurden, werden hier die Werte aus NGGIC 1996 gewählt.

Die sonstigen Energieträger (Brennbare Abfälle, Brenntorf, Brennholz, Biogene Brenn- und Treibstoffe, Umgebungswärme usw.) werden, da sie zum größten Teil nachwachsende Rohstoffe darstellen, in den folgenden Betrachtungen bei der Berechnung der CO₂-Emissionen ausgeklammert.

Die Emissionsfaktoren von Fernwärme und Elektrischer Energie leiten sich aus der Zusammensetzung der bei ihrer Erzeugung verwendeten Einsatzmengen unterschiedlicher Energieträger ab und werden pro Jahr ermittelt. Auf diese Weise wird der Beitrag abgebildet, den Energieversorgungsunternehmen *direkt* zur Reduktion von CO₂-Emissionen übernehmen können.

¹² n.v. = nicht verfügbar

Für das Wirtschaftsmodell zur Erstellung des Toronto-Technologieprogramm wurde nach folgender Zusammenfassung der Aktivitäten (d.h. Sektoren) vorgegangen, die aus der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung rekonstruiert wurden:

Sektor	Bezeichnung
1	Land- und Forstwirtschaft
2	Kohle, Koks
3	Erdöl- und Erdgasgewinnung
4	Gasversorgung
5	Erdölverarbeitung
6	Elektrizitäts- und Wärmeversorgung
7	Wasserversorgung
8	Eisen und Nicht-Eisen-Metalle
9	Stein- und Glaswaren
10	Chemie
11	Metallerzeugnisse
12	Maschinenbau
13	Büromaschinen
14	
15	Elektrotechnische Einrichtungen
16	Nahrungs- und Genußmittel, Tabak
17	Textilien, Bekleidung, Schuhe
18	Papier und Pappe, Druckerei
19	Gummi- und Kunststoffwaren
20	Rückgewinnung (Recycling)
21	sonstige Sachgüterproduktion
22	Bauwesen
23	Handel und Lagerung
24	Beherbungs- u. Gaststättenwesen
25	Straßen-, Bahn- und Busverkehr
26	Schifffahrt, Luftverkehr
27	Sonstiger Verkehr
28	Nachrichtenübermittlung
29	Geld- und Kreditwesen, Versicherungen
30	Sonstige marktmäßige Dienste
31	Nicht-marktmäßige Dienste
32	Nicht aufteilbar

Tabelle 2.2: Sektorale Aufteilung des Wirtschaftsmodells zur Erstellung des Toronto-Technologieprogramms

Aus Gründen der internationalen Vergleichbarkeit wurde dabei das Jahr 1985 als Preisbasis für die Berechnung der Variablen zu konstanten Preisen festgelegt.

Für das vorliegende Modell wird demgegenüber folgende Gliederung gewählt:

Sektor	Bezeichnung	Sektoren Östat
1	Land- und Forstwirtschaft	1
2	Bergbau, Erdöl inkl. Steine, Zement, Glas	6, 7, 8-9, 18, 19
3	Nahrungs- und Genußmittel inkl. Getränke, Tabak	10
4	Textil, Chemie inkl. Leder, Schuhe	11, 12, 13, 17
5	Metalle inkl. Elektro, Radio, TV, KFZ	20, 21-23, 24, 25, 26
6	Holz und Papier, inkl. Verarbeitung, Grafik	14, 15, 16
7	Bauwesen, inkl. Baunebengewerbe	27
8	Energie- und Wasserversorgung (Elektrizität, Gas, Wasser)	2, 3, 4, 5
9	Handel	28
10	Sonstige Dienste (inkl. Verkehr)	29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42

Tabelle 2.3: Sektorale Aufteilung des Wirtschaftsmodells der vorliegenden Studie

In der Folge soll zuerst die Entwicklung der CO₂-Emissionen dargestellt und mit Wirtschaftskennzahlen verknüpft werden, bevor im darauffolgenden Abschnitt ein Simulationsmodell zur Analyse und Prognose von Maßnahmen zur Emissionsreduktion vorgestellt wird.

2.3 Verursacher und Größenordnung von CO₂-Emissionen

Die Darstellung von CO₂-Emissionen in Österreich ist insofern mit Schwierigkeiten verbunden, als eine genügend feine Aufgliederung gleichzeitig sowohl nach Energieträgern als auch nach Wirtschaftssektoren nicht verfügbar ist. Aus diesem Grund wurde ein zweistufiger Ansatz gewählt: zuerst werden Energieverbrauchsdaten pro Energieträger und Sektor berechnet, auf deren Basis dann durch Multiplikation mit dem jeweiligen Emissionsfaktor die resultierenden energiebedingten CO₂-Emissionen berechnet werden.

Zur besseren Übersicht werden zuerst die allgemein verfügbaren Werte für die österreichischen CO₂-Emissionen graphisch dargestellt.

Analyse des Beitrags zur Emission von Treibhausgasen

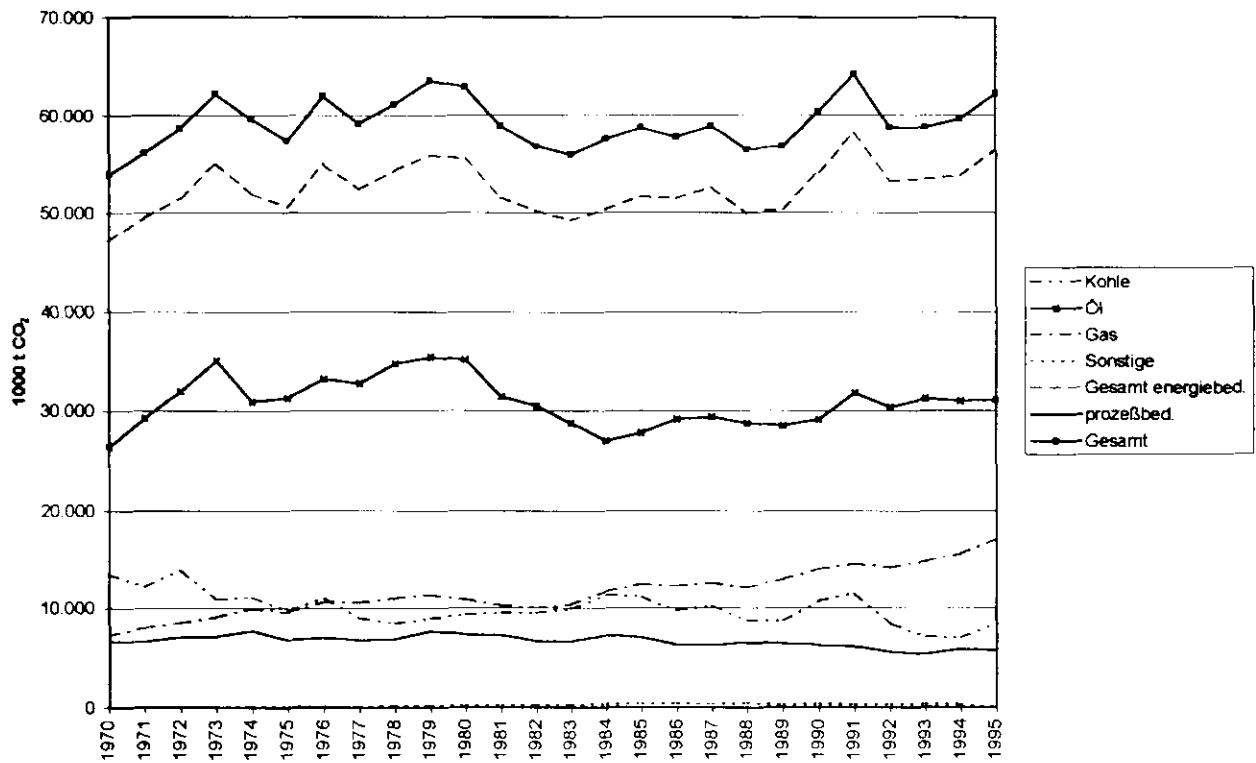


Abbildung 2.1: CO₂-Emissionen in Österreich nach verursachenden Primärenergieträgern

Datenquelle: ÖMV, Daten zur österreichischen Energieversorgung, Oktober 1997;

UBA 20.3.1997

Hier ist deutlich zu erkennen, daß der Hauptanteil der Emissionen von Öl relativ konstant bleibt, während Gas in seiner Bedeutung rasch zunimmt.

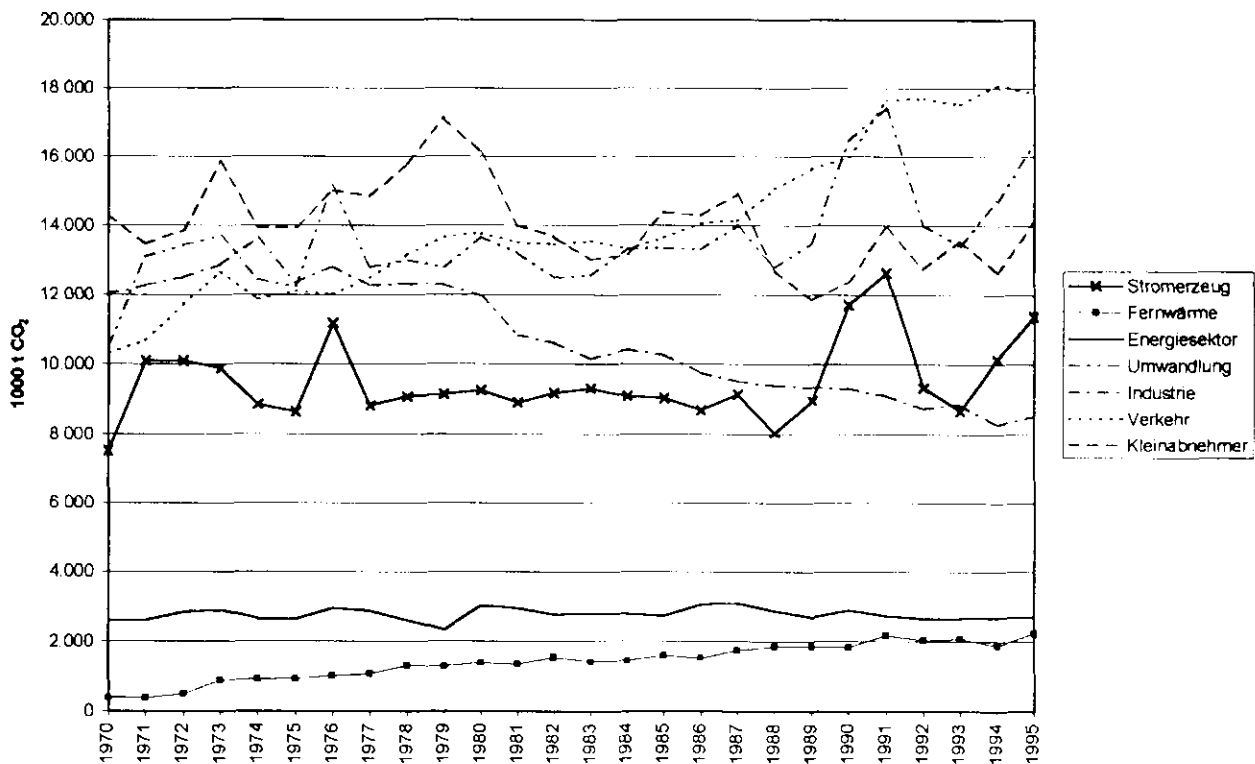


Abbildung 2.2: CO₂-Emissionen in Österreich nach verursachenden Anwendungsbereichen
 Datenquelle: ÖMV, Daten zur österreichischen Energieversorgung, Oktober 1997;
 UBA 20.3.1997

Der Verkehrsbereich nimmt rasch an Bedeutung, befindet sich jedoch in der selben Größenordnung wie die Bereiche Kleinverbraucher und Umwandlung.

Hier werden den Bereichen Stromerzeugung und Fernwärme alle Emissionen zugerechnet, die bei der Umwandlung in elektrische Energie entstehen. Diese Darstellungsweise ist inadäquat, da sie keine Schlüsse auf die Kausalkette zuläßt, die letztendlich vom Endverbraucher ausgeht. Eine solche Zuordnung wird als wesentlich angesehen und in der Folge vorgenommen.

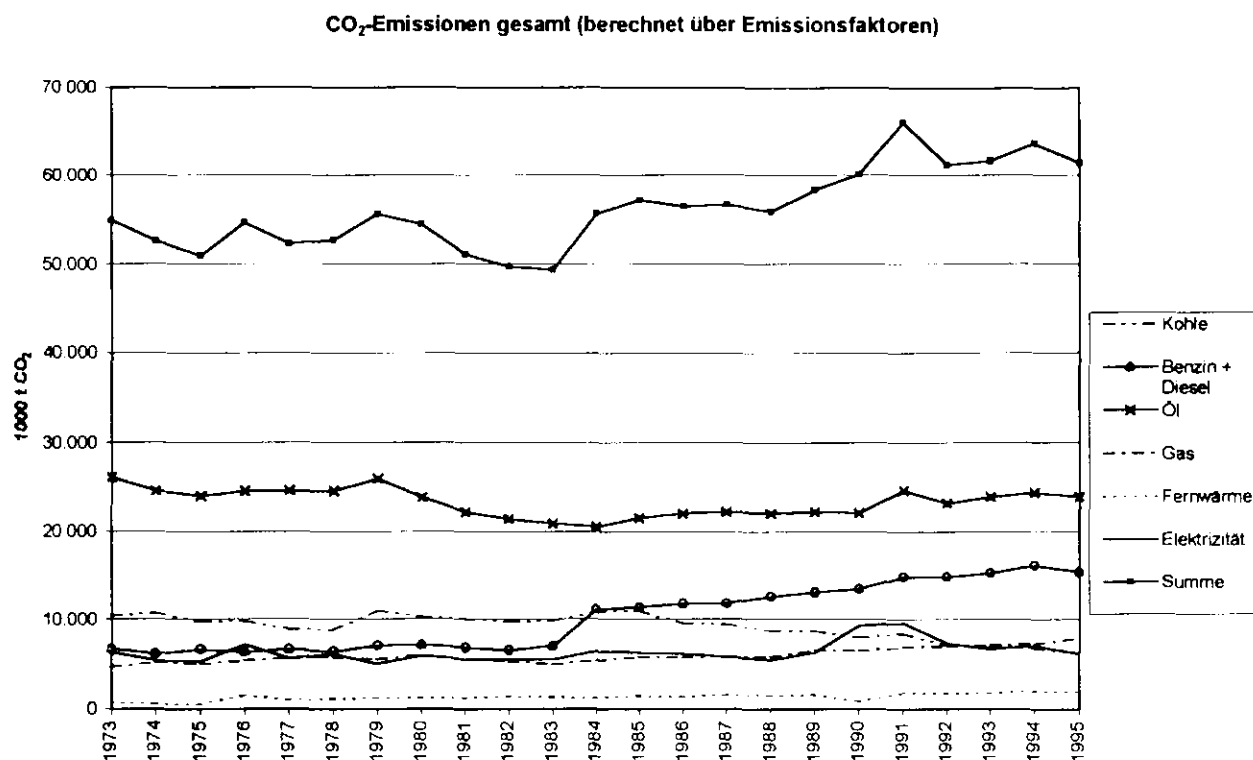


Abbildung 2.3: CO₂-Emissionen in Österreich nach verursachenden Endenergieträgern, berechnet nach Emissionsfaktoren

Quelle: eigene Berechnungen

Um eine Zurechnung von CO₂-Emissionen gleichzeitig auf Energieträger und Wirtschaftssektoren vornehmen zu können und in der Folge auch Simulationsläufe durchführen zu können, werden die Emissionen durch Multiplikation von *beim Endverbraucher* verbrauchten Energiemengen mit den jeweiligen Emissionsfaktoren ermittelt. Dieses Verfahren vernachlässigt Umwandlungs- und Leitungsverluste sowie Lagerveränderungen bei den Energieversorgungsunternehmen, wodurch die Werte von den oben dargestellten, bei Primärenergieträgern ermittelten abweichen. Die Vergleichbarkeit ist jedoch trotzdem gegeben, die zeitlichen Entwicklungen sind deutlich korreliert.

2.4 Relevante Kenngrößen

Um die Entwicklung der Einflußpotentiale von wirtschaftlichen Aktivitäten auf die CO₂-Emissionen sinnvoll analysieren zu können, ist es notwendig, die in Abbildung 2.1 (S. 13) skizzierten Zusammenhänge in Erinnerung zu rufen und bewertbar zu machen.

Die Einflußbereiche im Verlauf der Energieerzeugung und -Nutzung können in drei Gruppen gegliedert und mit den entsprechenden Möglichkeiten assoziiert werden:

Phase im Energiefluß	Einflußbereiche
Erzeugung / Umwandlung	Effizienz / Effizienz, Substitution von Primär-Energieträgern
Nutzung	Effizienz, Substitution von Endenergieträgern
Wirtschaftliche Nachfrage	Energieintensität der Güter / Dienstleistungen, Substitution zwischen Endnachfragebereichen

Tabelle 2.1: Phasen im Energiefluß und mögliche Einflußbereiche

Die ersten beiden Zeilen geben hier den zeitlichen Ablauf des Energieflusses wieder, während die letzte Zeile, je nach Betrachtungsweise, *Zweck* bzw. *Ursache* der Energienutzung ist.

Als Kennzahlen sind daher neben den jeweiligen absoluten Werten für Energienachfrage und CO₂-Emissionen folgende Relationen interessant:

- Die *Emissionsfaktoren*, d.h. das Verhältnis zwischen CO₂-Emissionen und Energiemenge, auf Energieträger-Ebene oder insgesamt pro Sektor
- Der *spezifische Energieverbrauch*, d.h. das Verhältnis zwischen Energieverbrauch und Produktionswert, pro Energieträger und/oder pro Sektor
- Die *spezifischen CO₂-Emissionen*, d.h. das Verhältnis zwischen CO₂-Emissionen und Produktionswert, pro Energieträger und/oder pro Sektor

Durch Vergleich dieser Kennzahlen kann sichtbar gemacht werden, inwieweit Effizienz- und Nachfrageveränderungen auf den verschiedenen Ebenen (Energieumwandlung, Energienutzung, wirtschaftliche Endnachfrage) einander addieren oder kompensieren.

Effekte wie die Korrelation zwischen Kostenverminderungen durch Effizienzerhöhung und dadurch induzierte Nachfrageerhöhung werden dann in nächsten Abschnitt im Rahmen der Simulationsläufe analysiert.

2.5 Gegenüberstellung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

2.5.1 Emissionsfaktoren

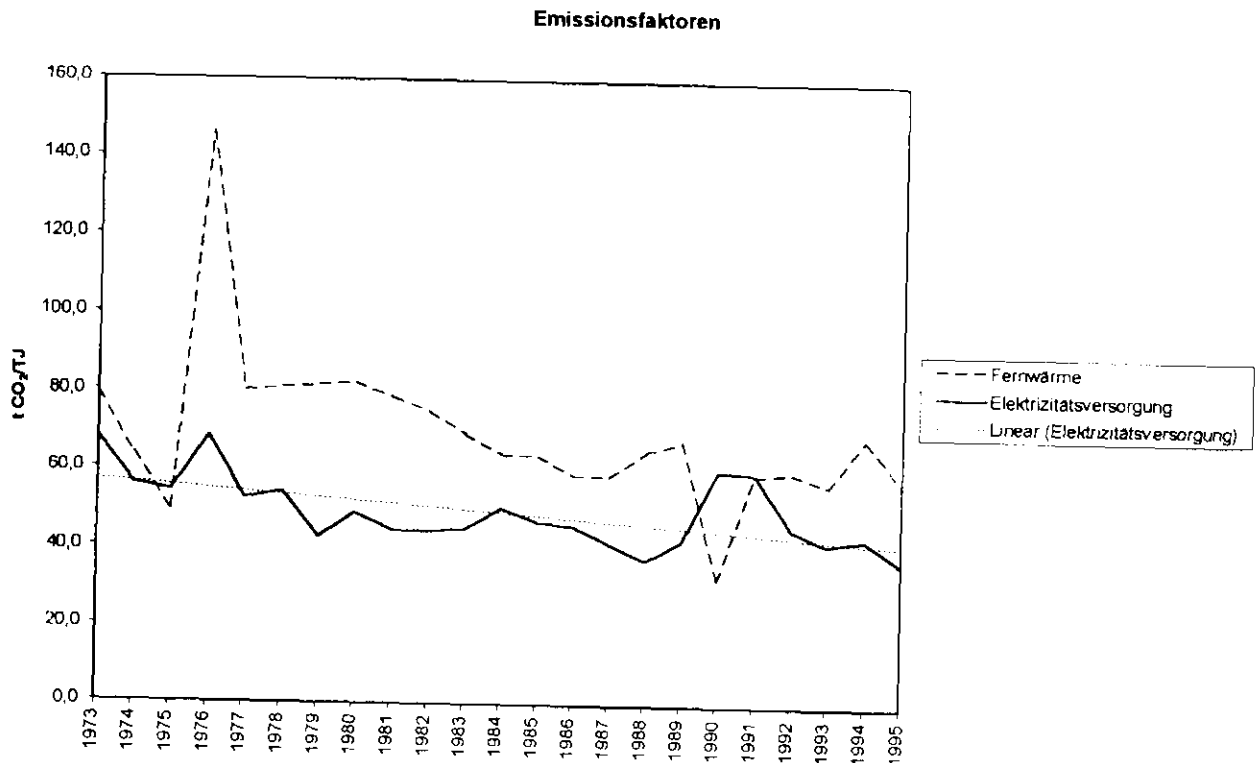


Abbildung 2.1: Entwicklung der Emissionsfaktoren der Sekundärenergieträger Fernwärme und Elektrizität

Quelle: eigene Berechnungen

Um eine Zuordnung der Emissionen zum Verbrauch von Endenergieträgern vornehmen zu können, ist es notwendig, den Emissionsbeitrag von Sekundärenergieträgern zu ermitteln. Dafür wurden die bei der Fernwärme- bzw. Stromerzeugung verwendeten Mengen von Primärenergieträgern ermittelt, die damit verbundenen CO₂-Emissionen bestimmt und aufsummiert. Die dabei ermittelten Emissionswerte wurden zu den resultierenden Energiemengen in Relation gesetzt.

Das bedeutet, daß obige Emissionsfaktoren sowohl die Zusammensetzung von Primärenergieträgern bei der Fernwärme- bzw. Stromerzeugung als auch die Umwandlungsverluste implizit enthalten.

Der sinkende Trend für diese Werte ist deutlich zu erkennen; dies wird jedoch durch die steigende Nachfrage jeweils überkompensiert, wie in der Folge noch gezeigt wird.

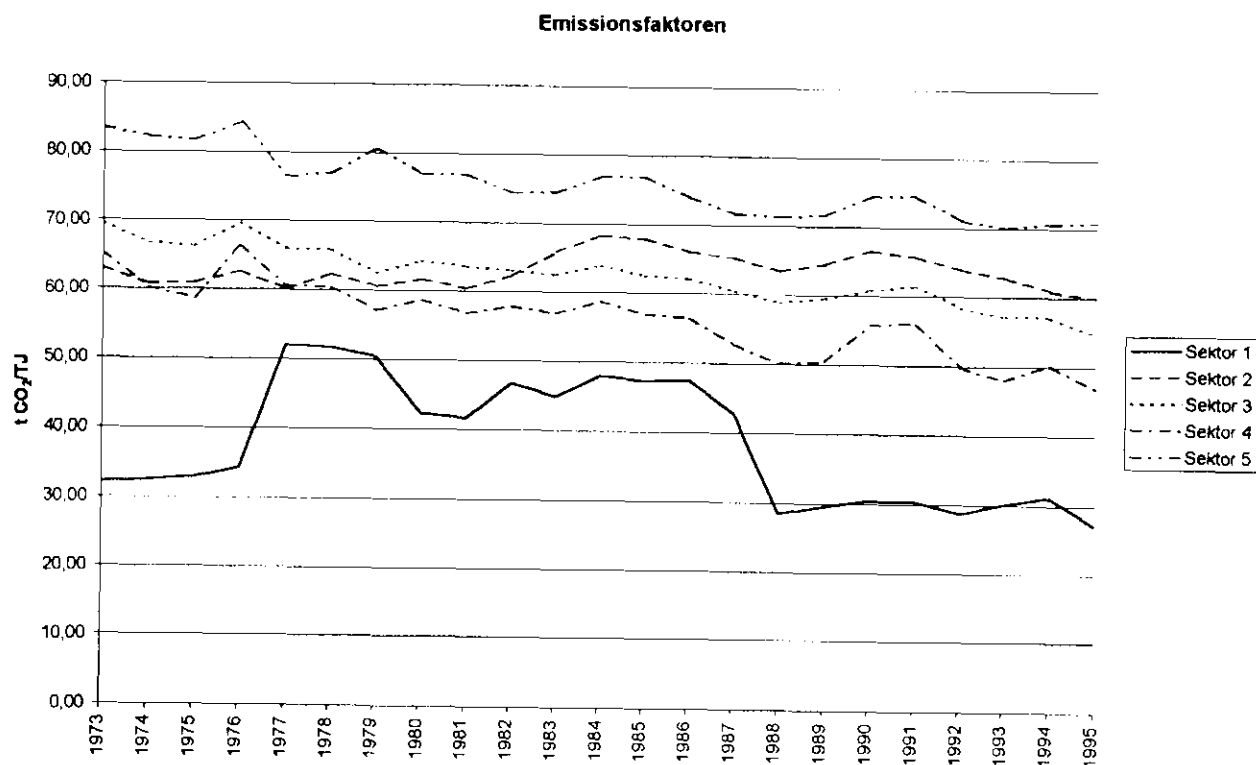


Abbildung 2.2: Emissionsfaktoren der Wirtschaftssektoren 1 bis 5 im Vergleich

Vergleicht man die Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Wirtschaftsbereiche, so wird deutlich, daß einerseits ein genereller Trend zu geringeren Emissionen besteht, daß aber sehr unterschiedliche Größenordnungen vorherrschen. So weist Sektor 5 (Metalle) einen hohen Emissionsfaktor auf, was großteils auf die Zusammensetzung der verwendeten Energieträger (Kohle) zurückzuführen sein dürfte.

Sektor 2 (Bergbau) weist hingegen zwischendurch einen leicht steigenden Trend auf.

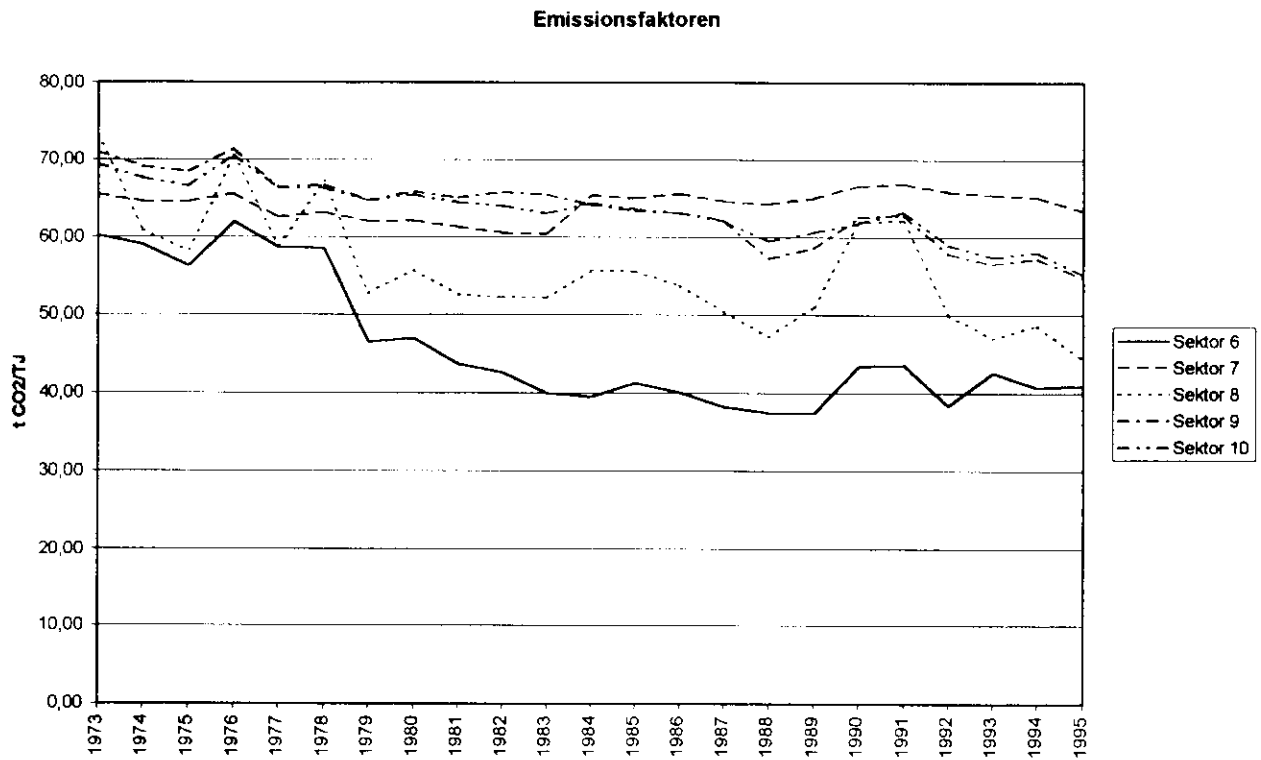


Abbildung 2.3: Emissionsfaktoren der Wirtschaftssektoren 6 bis 10 im Vergleich

Die Emissionsfaktoren der Sektoren 6 bis 10 liegen recht knapp bei einander, wobei der deutliche Rückgang bei Sektor 6 (Holz und Papier) auffällt.

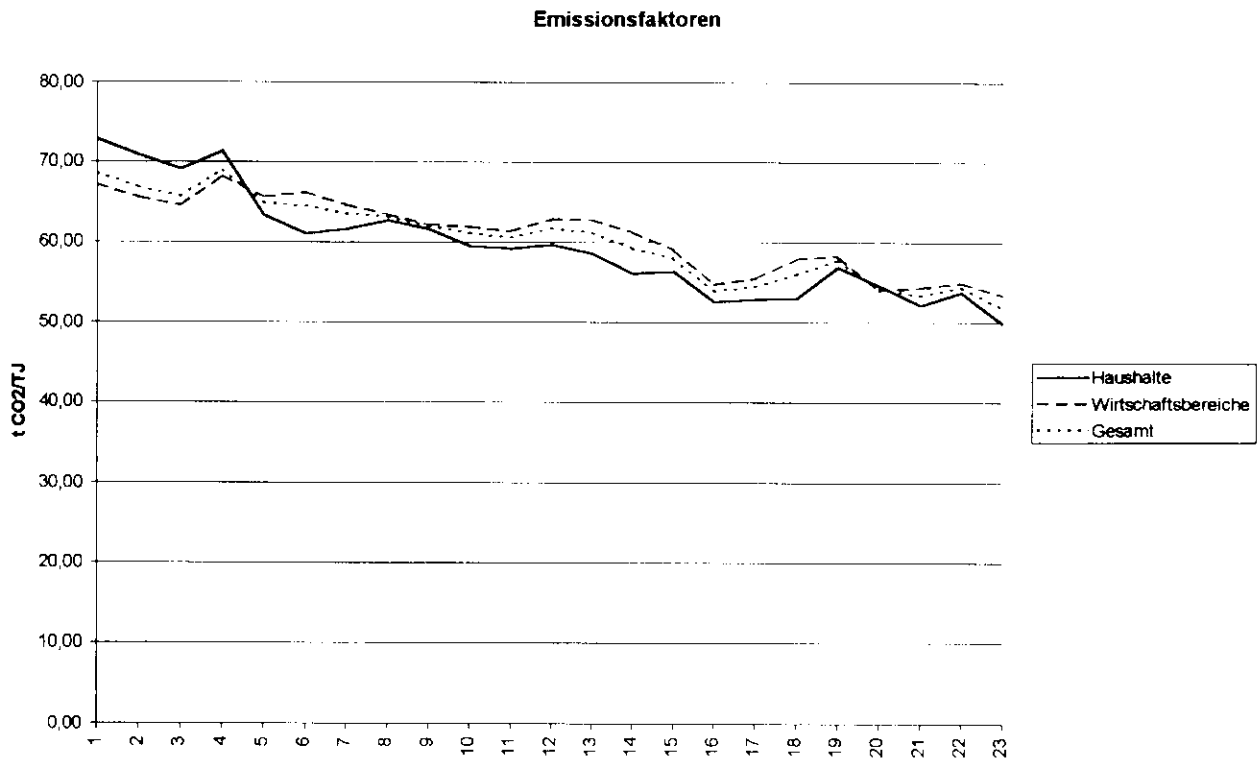


Abbildung 2.4: Emissionsfaktoren der Haushalte vs. der Wirtschaftsbereiche

2.5.2 CO₂-Emissionen

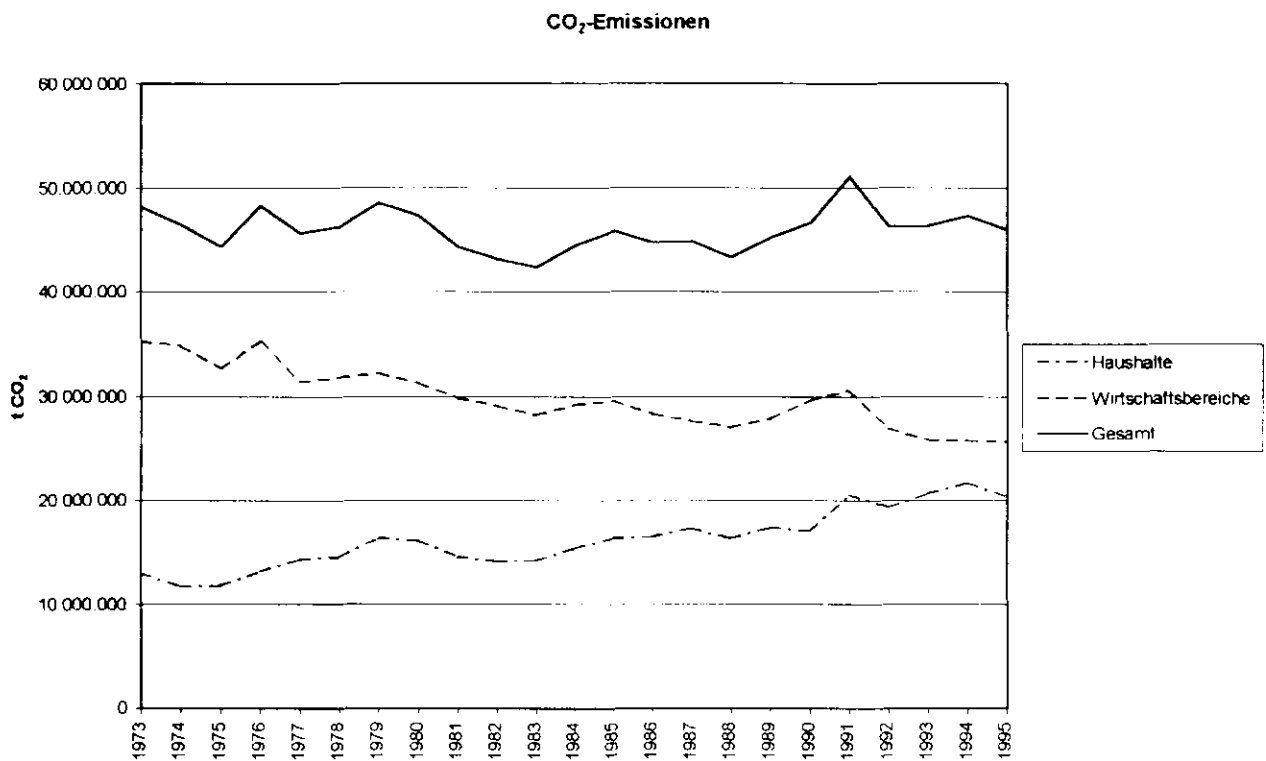


Abbildung 2.1: CO₂-Emissionen der Haushalte im Vergleich mit den Wirtschaftsbereichen

Im Gegensatz zu den Emissionsfaktoren unterscheiden sich die CO₂-Emissionen der Haushalte vs. der Wirtschaftssektoren stark von einander. Besonders deutlich fällt hier der steigende Verlauf bei den Haushalten auf, der durch eine Verminderung bei den Wirtschaftsbereichen größtenteils kompensiert wird.

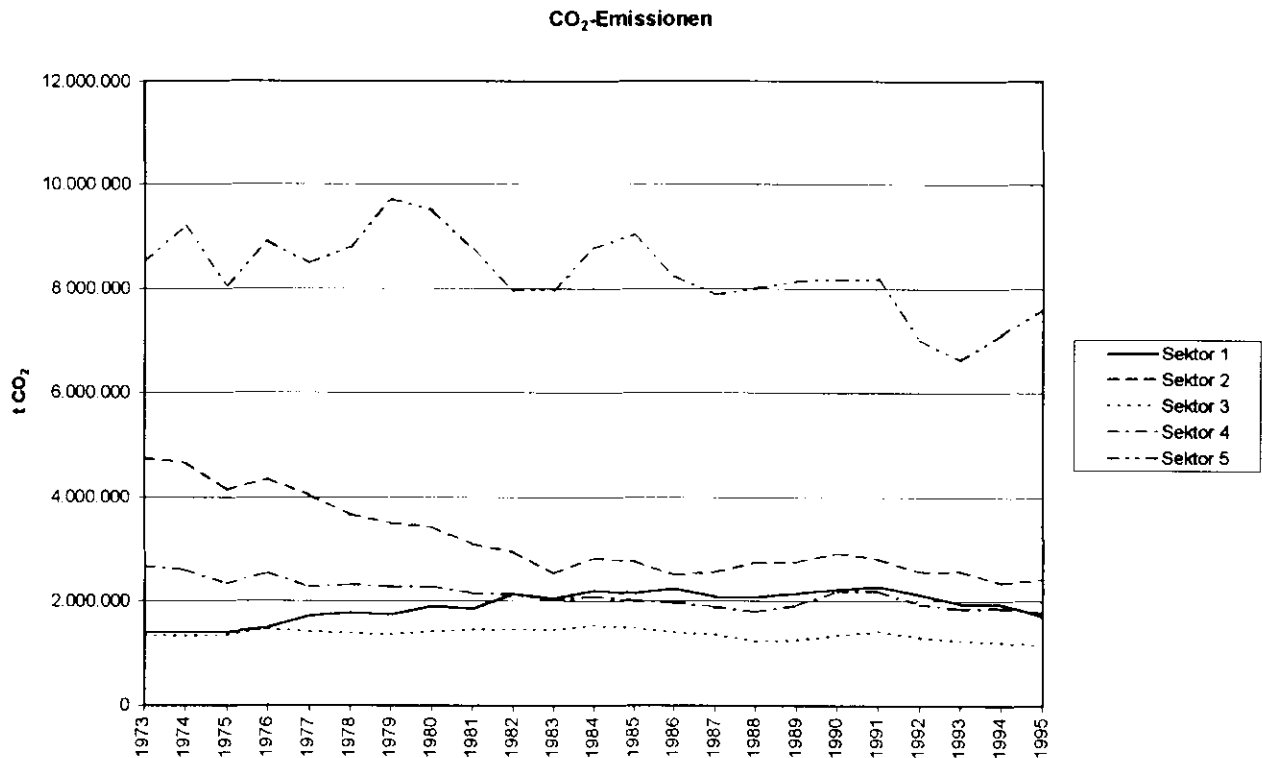


Abbildung 2.2: CO₂-Emissionen der Wirtschaftssektoren 1 bis 5 im Vergleich

Die hohen Emissionswerte von Sektor 5 (Metalle) sind zu einem geringen Teil auf den bereits recht hohen Emissionsfaktor, hauptsächlich jedoch auf den hohen Energieverbrauch dieses Sektors zurückzuführen. Es ist jedoch ein deutlich sinkender Trend festzustellen.

Dem gegenüber weist Sektor 1 (Landwirtschaft) zwischenzeitlich einen leicht steigenden Trend auf.

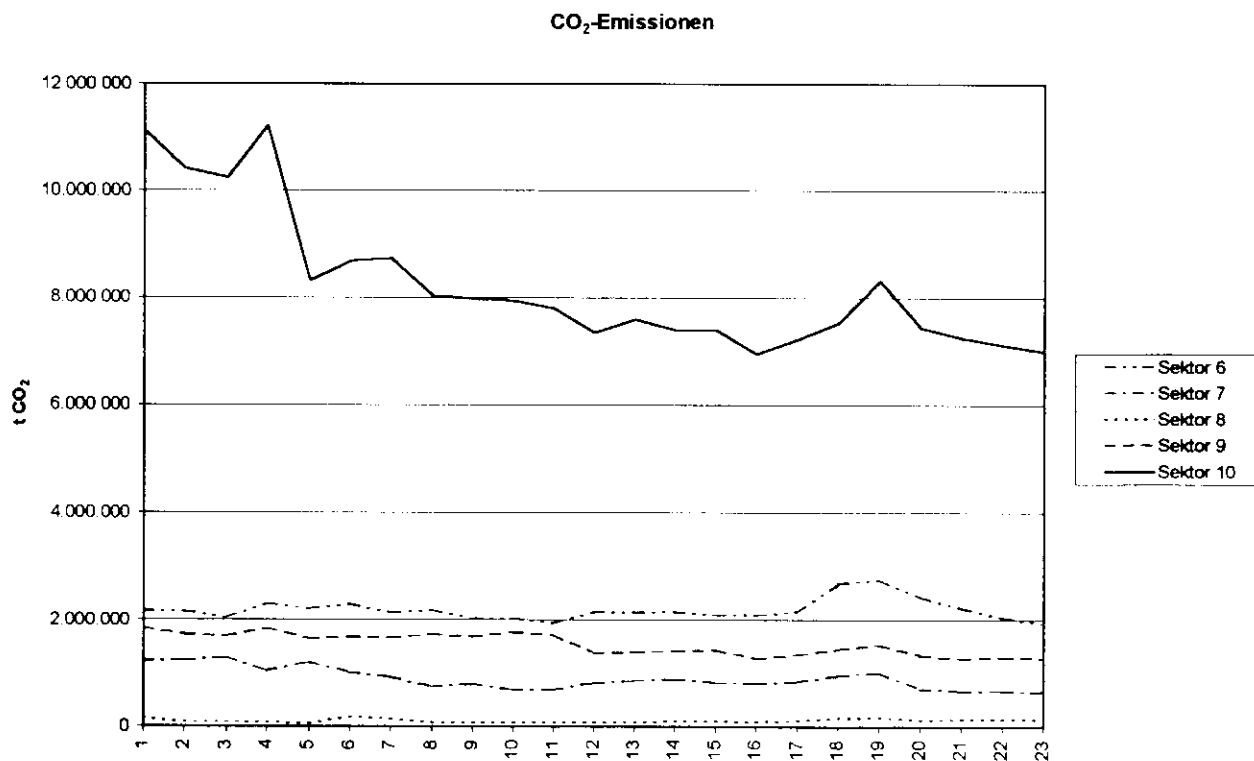


Abbildung 2.3: CO₂-Emissionen der Wirtschaftssektoren 6 bis 10 im Vergleich

Hier stellen die Sektoren 8 (Energie- und Wasserversorgung) und 10 (Sonstige Dienste inkl. Verkehr) zwei Extrempositionen dar; Sektor 10 liegt naturgemäß sehr hoch, da er den Transportbereich beinhaltet, zeigt jedoch einen deutlich sinkenden Verlauf.

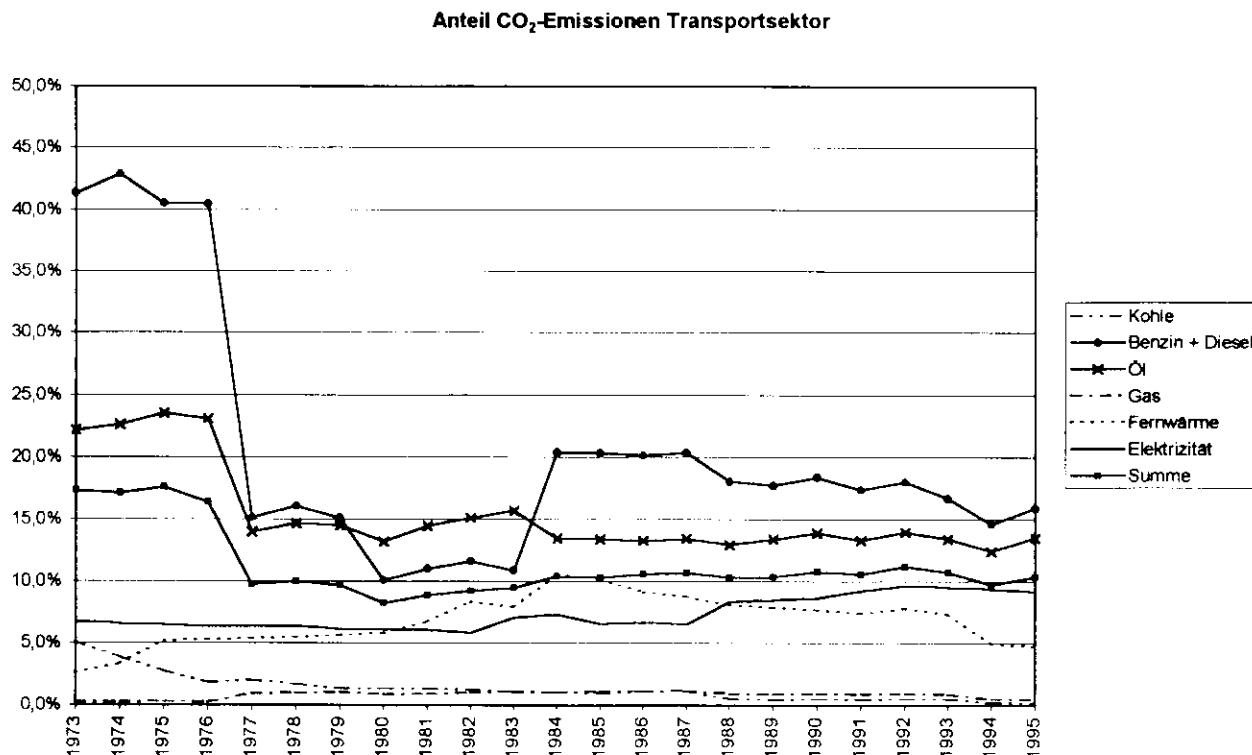


Abbildung 2.4: Anteil CO₂-Emissionen des Transportsektors durch den jeweiligen Energieträger an den insgesamt durch diesen Energieträger verursachten CO₂-Emissionen

Betrachtet man den Transportsektor genauer, so zeigt sich, daß, abgesehen von einer leichten Zunahme des Anteils von Elektrizität, die Zusammensetzung der einzelnen Energieträger gleich bleibt; die Minderung in Abbildung 2.3 ist demnach größtenteils auf eine Verbrauchsverminderung zurückzuführen.

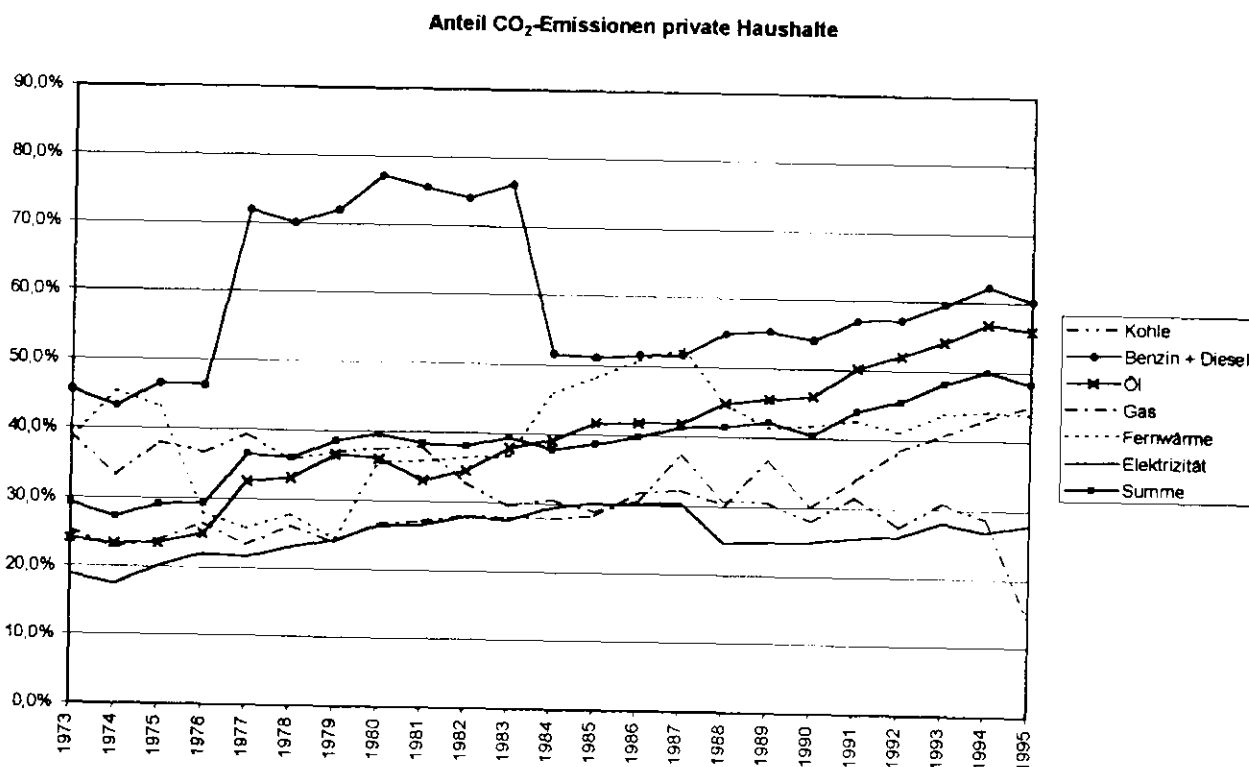


Abbildung 2.5: Anteile der CO₂-Emissionen des jeweiligen Energieträgers an den insgesamt durch diesen Energieträger verursachten CO₂-Emissionen

Hier ist deutlich zu erkennen, daß der Anteil der privaten Haushalte an den gesamtwirtschaftlichen CO₂-Emissionen stetig zunimmt, wobei der Verkehr (ausgedrückt durch Benzin und Diesel) ein besonders starkes Gewicht aufweist.

2.5.3 Spezifischer Energieverbrauch

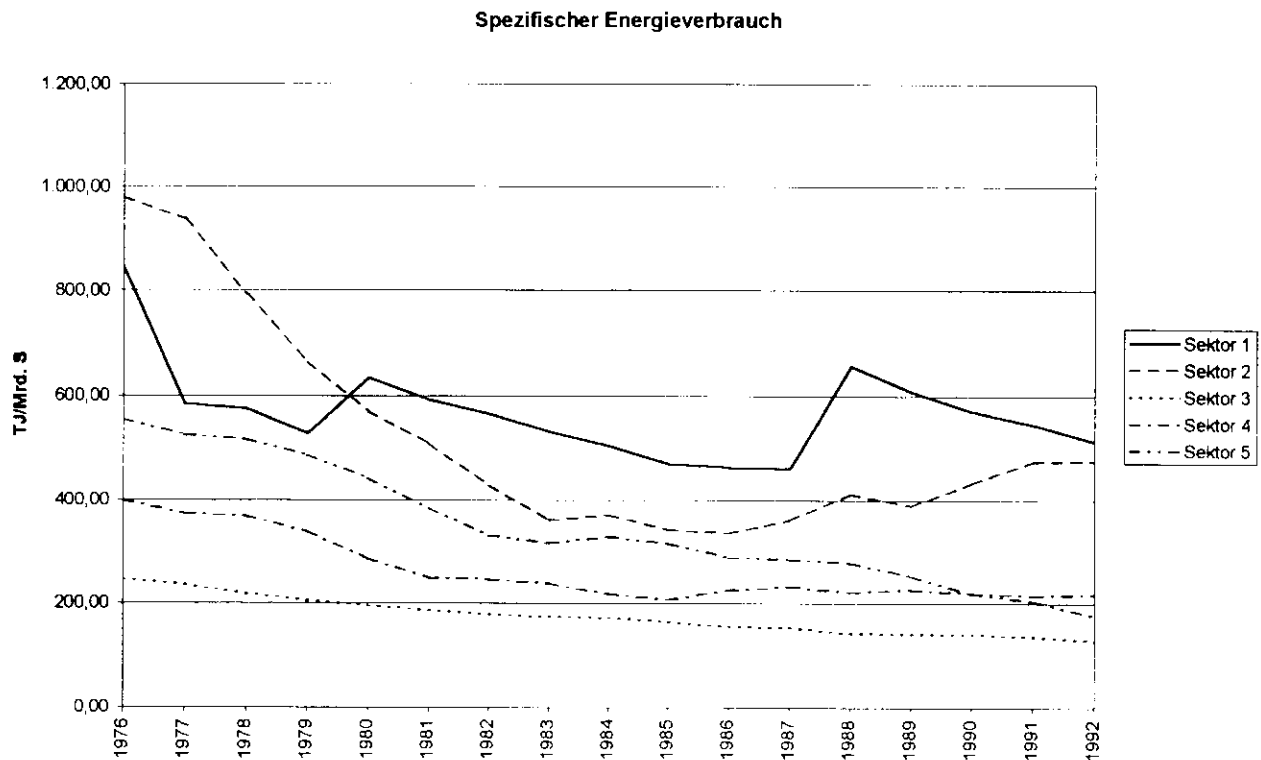


Abbildung 2.1: Spezifischer Energieverbrauch der Sektoren 1 bis 5 im Vergleich

Auffallend ist hier die Zunahme des spezifischen Energieverbrauchs bei Sektor 2 (Bergbau) in den letzten Jahren, während die anderen Sektoren einander nach unten annähern. Sektor 1 (Landwirtschaft) stellt hier einen Sonderfall dar, wobei der unstetige Verlauf hauptsächlich auf die inkonsistente Datenerhebung des Östat zurückzuführen ist.

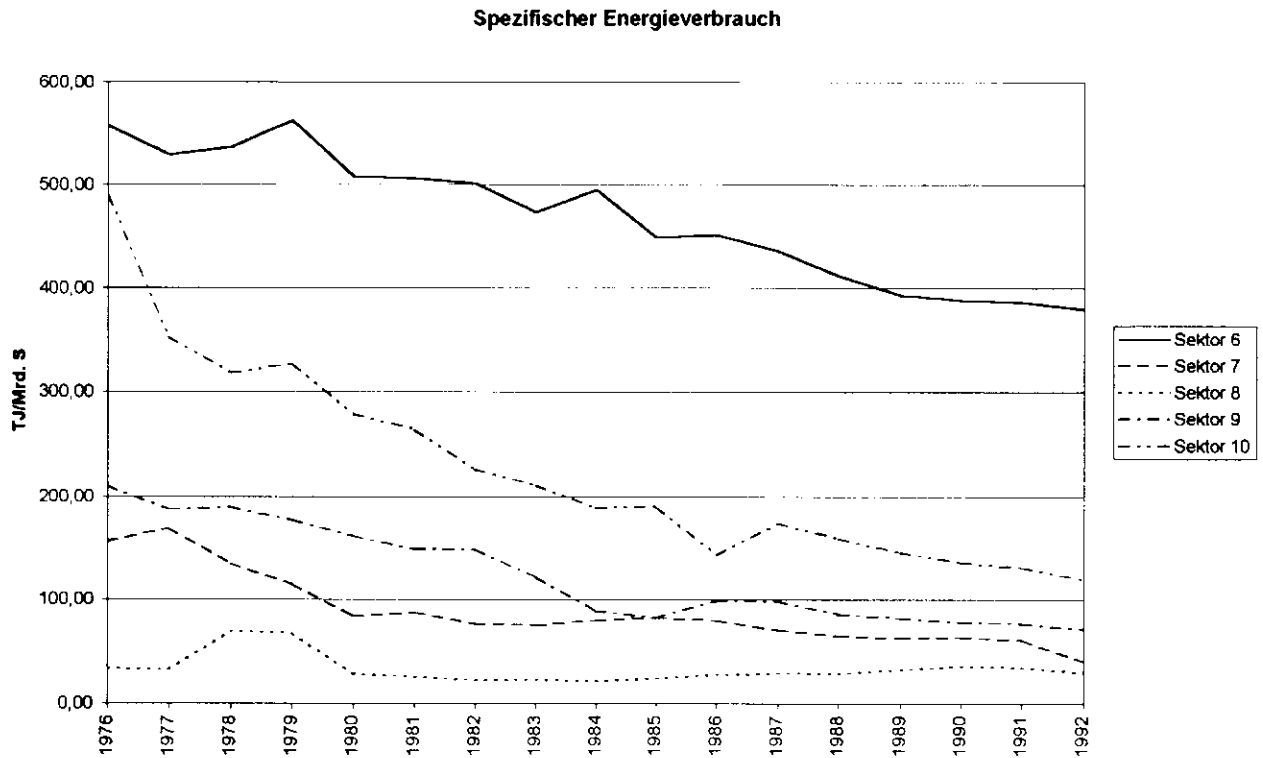


Abbildung 2.2: Spezifischer Energieverbrauch der Sektoren 6 bis 10 im Vergleich

Hier ist wiederum ein generell fallender Trend sichtbar, wobei sich Sektor 6 (Holz und Papier) deutlich nach oben abhebt. Sektor 10 (Sonstige Dienste inkl. Verkehr) zeigt demgegenüber einen starken Rückgang.

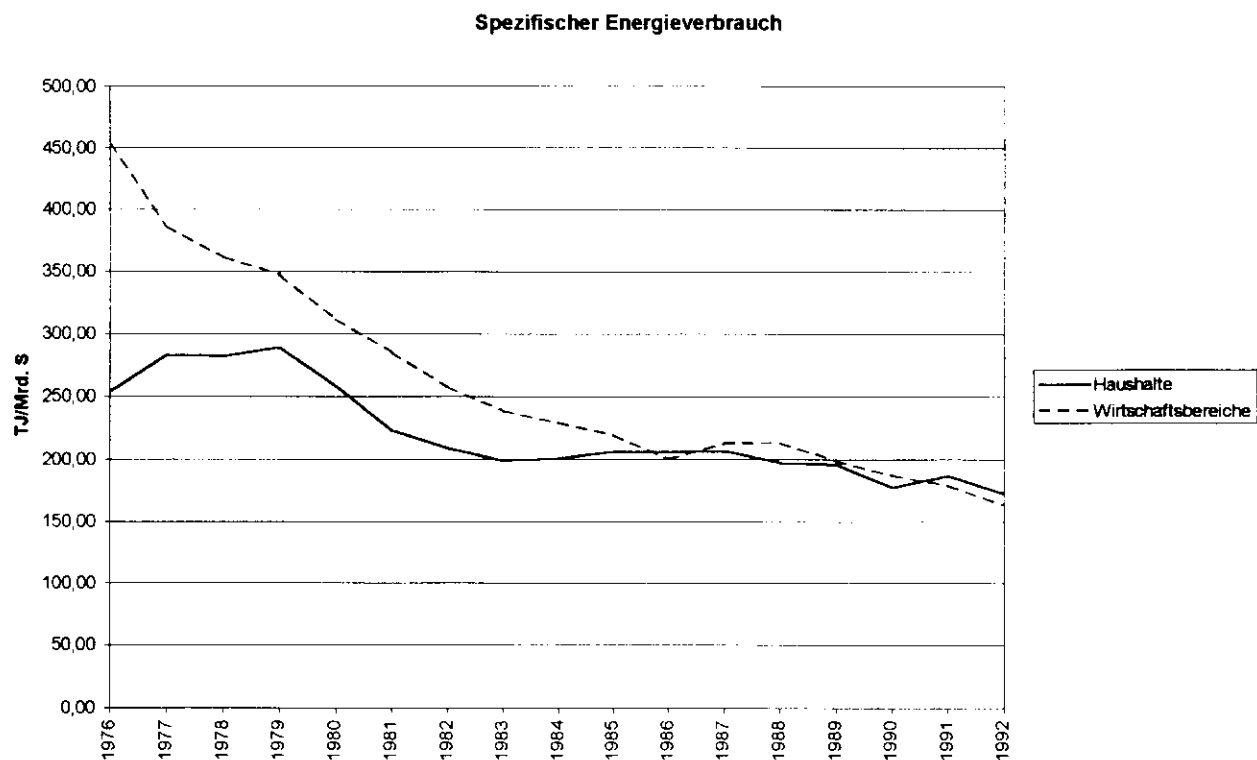


Abbildung 2.3: Spezifischer Energieverbrauch der Haushalte und Wirtschaftsbereiche gesamt

2.5.4 Spezifische CO₂-Emissionen

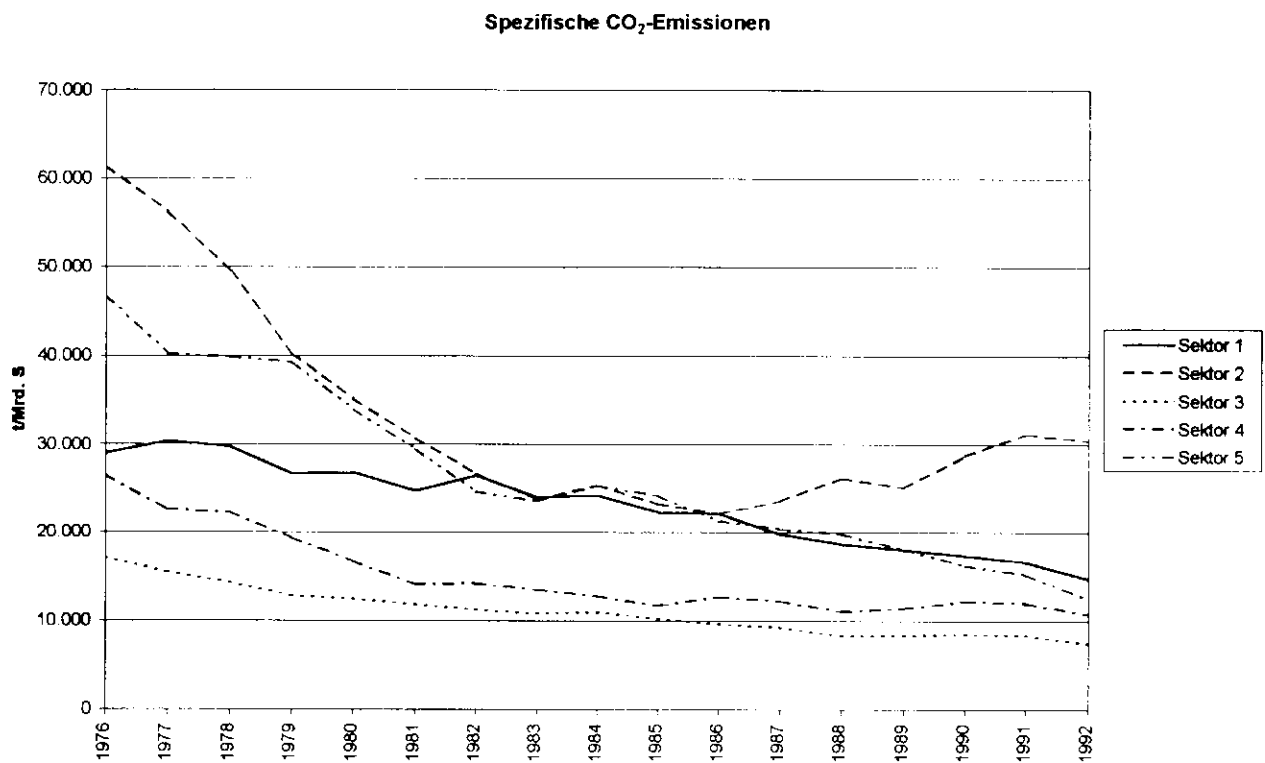


Abbildung 2.1: Spezifische CO₂-Emissionen der Sektoren 1 bis 5 im Vergleich

Hier zeigt sich wie beim Energieverbrauch eine Steigerung bei Sektor 2 (Bergbau), während die anderen Sektoren einen sinkenden Trend aufweisen.

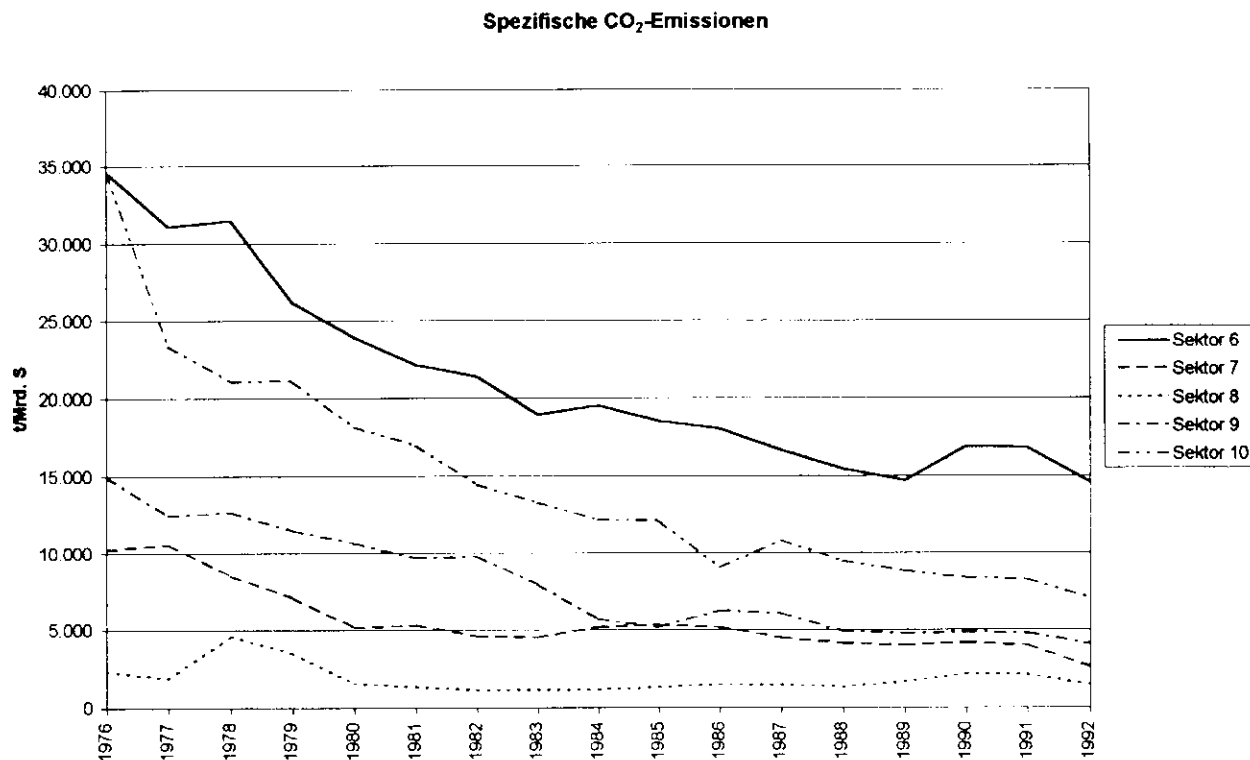


Abbildung 2.2: Spezifische CO₂-Emissionen der Sektoren 6 bis 10 im Vergleich

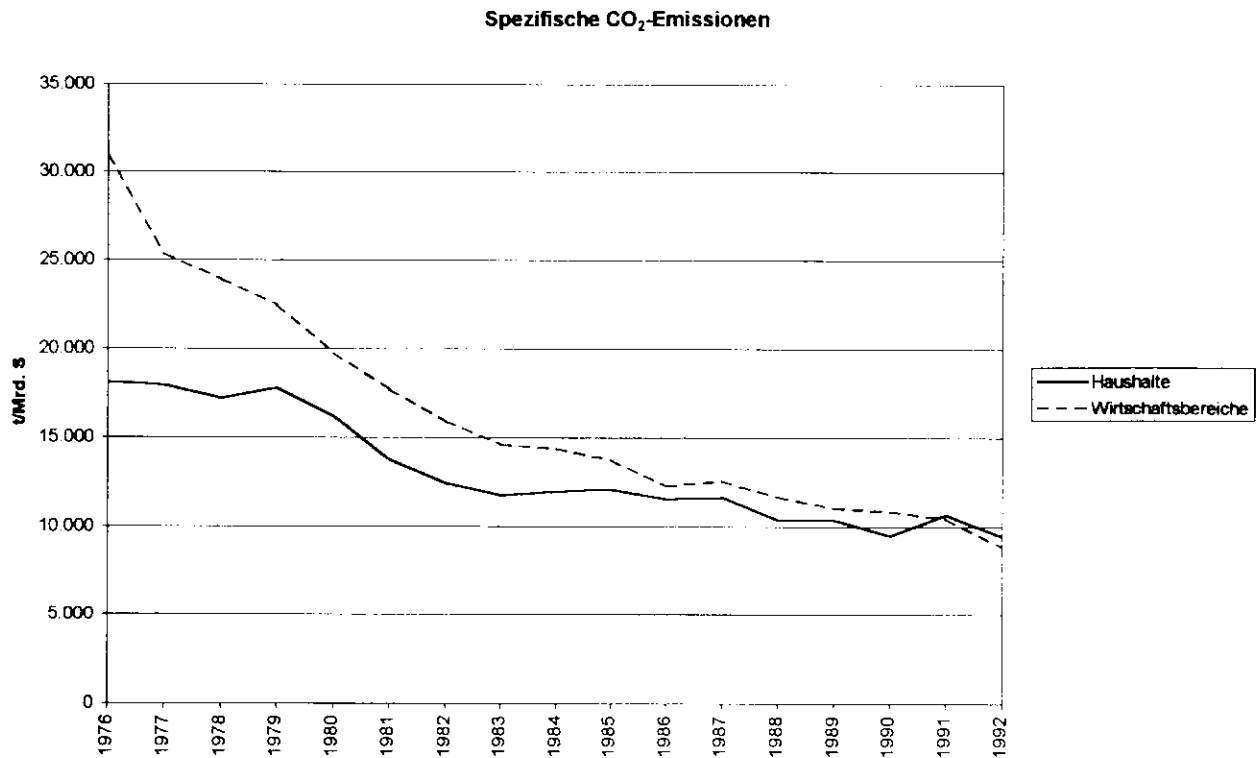


Abbildung 2.3: Spezifische CO₂-Emissionen der Haushalte vs. Wirtschaftsbereiche gesamt

Die Entwicklung bei den privaten Haushalten vs. Wirtschaftsbereichen stellt sich ähnlich dar wie beim spezifischen Energieverbrauch; jedenfalls ist ein deutlich sinkender Trend zu verzeichnen.

2.5.5 Energieverbrauch

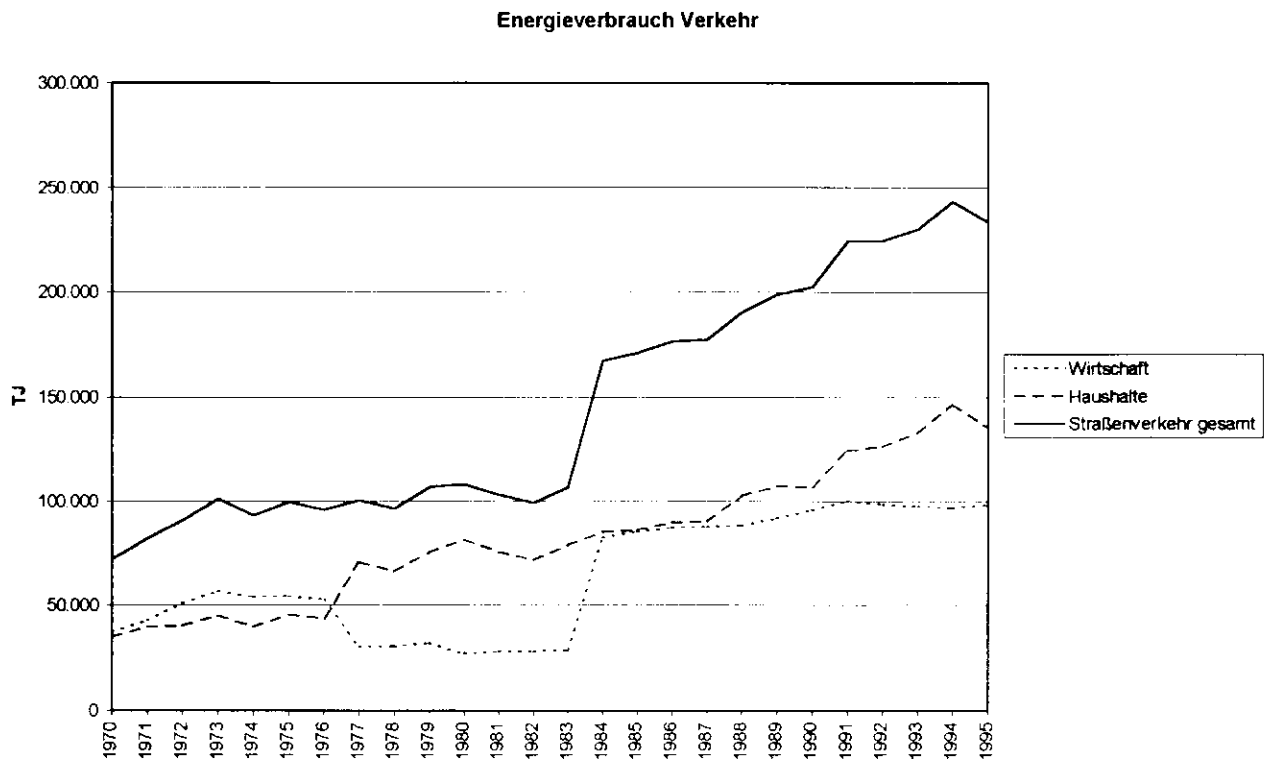


Abbildung 2.1: Energieverbrauch durch Verkehr, verursacht durch Haushalte vs. Wirtschaft

Der Energieverbrauch des Straßenverkehrs wurde hier indirekt ermittelt, indem der Verbrauch von Benzin und Diesel über alle Sektoren aufsummiert wurde. Während der Energieverbrauch durch den Straßenverkehr generell einen deutlich steigenden Trend aufweist, zeigt sich auch, daß die Haushalte im Vergleich zu den Wirtschaftsbereichen einen größeren Anteil am Wachstum verzeichnen.

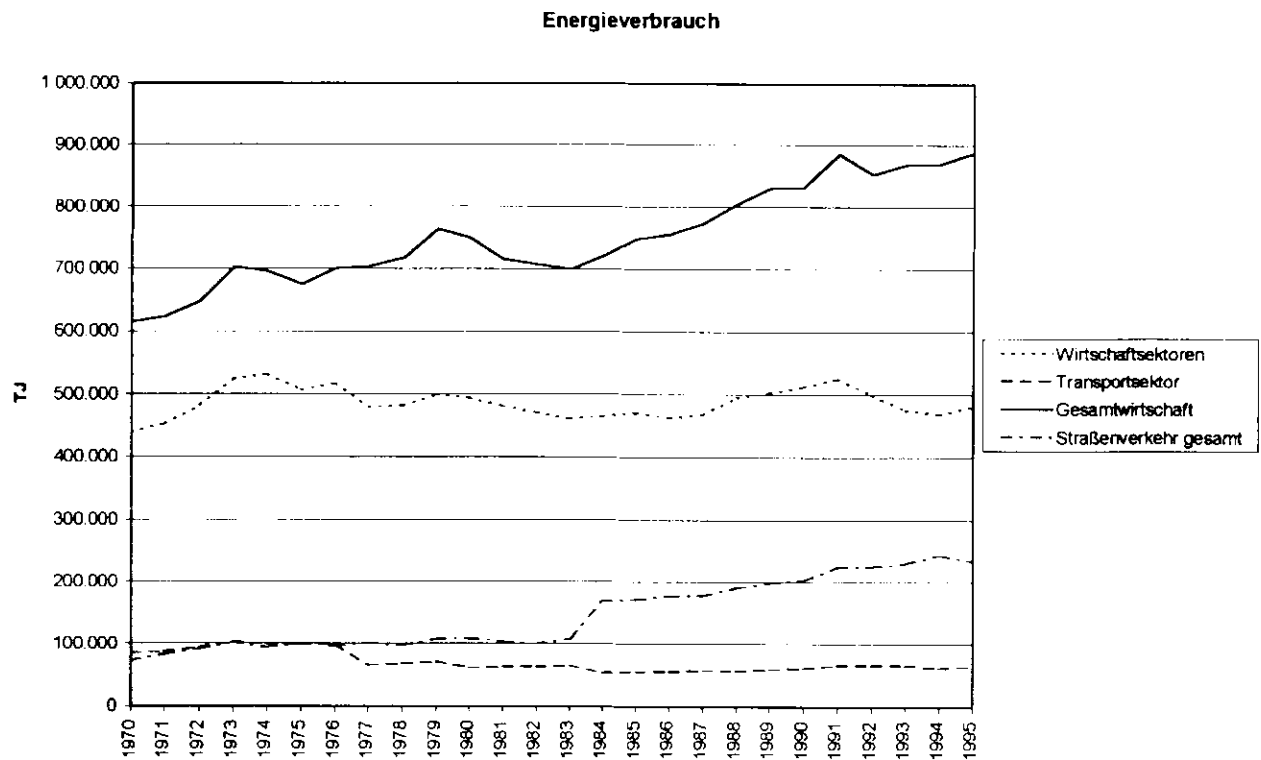


Abbildung 2.2: Energieverbrauch der Haushalte vs. Wirtschaftsbereiche

Hier ist deutlich zu erkennen, daß einerseits die Steigerung des Energieverbrauchs fast ausschließlich auf die privaten Haushalte zurückzuführen ist, und daß der Straßenverkehr einen deutlich steigenden Trend aufweist, während der Transportsektor sich auf gleichbleibendem Niveau bewegt.

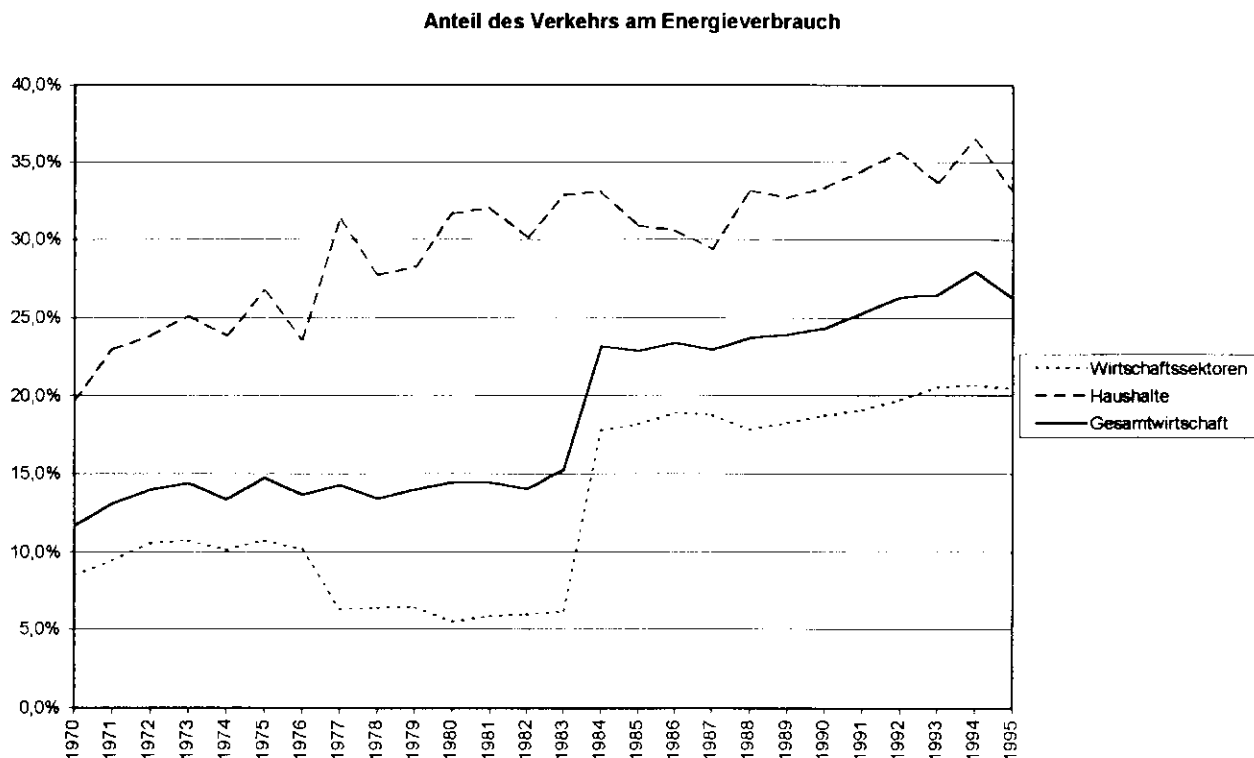


Abbildung 2.3: Anteil des Verkehrs in den Sektoren am Energieverbrauch

Bei den privaten Haushalten weist zusätzlich der Verkehr (hier repräsentiert durch den Verbrauch von Benzin und Diesel) einen deutlich größeren Anteil am Energieverbrauch auf, als dies bei den Wirtschaftssektoren der Fall ist. In beiden Bereichen ist jedoch der Anteil des Verkehrs am gesamten Verbrauch deutlich steigend.

3 Simulationsstudie zu speziellen umweltpolitischen Konsequenzen von Energiepolitik

3.1 Auswahlkriterien für das Simulationsmodell

Abgesehen von der Feinheit der Aufgliederung der Wirtschaft in einzelne Sektoren sowie die Auswahl relevanter Größen stellt sich die Frage, welcher Zugang gewählt werden soll: Schätzung eines Makro-Modells und Aufgliederung auf einzelne Sektoren, oder aber als Alternative die Betrachtung einzelner Sektoren und Aggregation zu einer gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.

Da eine starke Wechselwirkung zwischen gesamtheitlichen Größen und sektoralen Ausprägungen besteht, wird eine Kombination dieser beiden Ansätze als am sinnvollsten angesehen.

Aufgrund der schlechten Datenlage, insbesondere bezüglich des Energieverbrauchs, soll das Modell nicht zu fein und möglichst robust sein, aber detailliert auf die einzelnen Energieträger und damit verbundenen Technologien und Nutzungen eingehen.

3.2 Aufbau des Simulationsmodells

Kern des Modells ist das Input/Output-Modell „Austria 3“, das eine Aufteilung auf 10 Wirtschaftssektoren vornimmt. Es wurde ein spezielles Energiemodul hinzugefügt, das an verschiedenen Stellen mit dem Basismodell interagiert. Aus den hier ermittelten Energienachfragemengen werden dann durch Multiplikation mit den bereits beschriebenen Emissionsfaktoren energiebedingte CO₂-Emissionen ermittelt.

Die folgende Abbildung soll diese Zusammenhänge verdeutlichen.

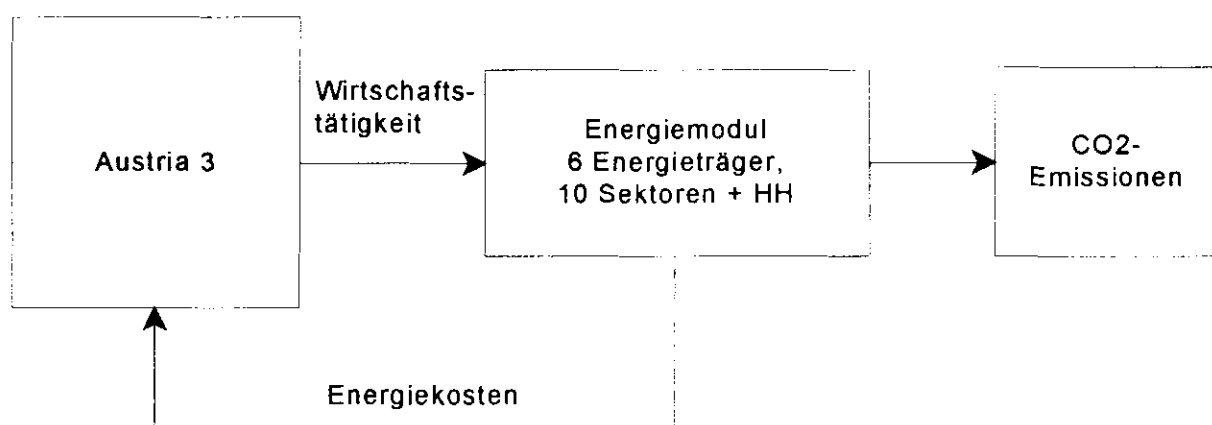


Abbildung 3.1: Interaktion zwischen Wirtschafts- und Energiemodell

3.2.1 Struktur des Energiemoduls

Es wurden Gleichungen jeweils für die Energieträger Kohle, Öl, Gas und Strom für jeden der 10 Sektoren sowie für die privaten Haushalte geschätzt. Dabei wurde Wert darauf gelegt, den Einfluß von Energiepreisen sowie der Wirtschaftstätigkeit im jeweiligen Sektor korrekt abzubilden. Für den Bedarf an Fernwärme und sonstigen Energieträgern wurden exogene Annahmen getroffen.

Um Substitutionseffekte zwischen Energieträgern berücksichtigen zu können, wurde in den Simulationsläufen ein zweistufiges Verfahren angewandt: Zuerst wurde der Gesamtenergieverbrauch pro Sektor ermittelt; dieser wurde dann auf Energieträger aufgeteilt, indem die Ergebnisse für die einzelnen Energieträger als Gewichtungsfaktoren herangezogen wurden. Auf diese Weise war es möglich, die Kreuzpreiselastizitäten zwischen allen Energieträgern korrekt abzubilden.

Auf diese Weise konnten beispielsweise auch die Auswirkungen des Ölpreises auf die Verwendung „sonstiger“ Energieträger berücksichtigt werden, ohne signifikante Preis-Mengen-Beziehungen für letztere zur Verfügung zu haben.

Aus den berechneten Energienachfragemengen wurden letztlich durch Multiplikation mit Emissionsfaktoren für die sechs Energieträger energiebedingte CO₂-Emissionen ermittelt.

3.3 Ergebnisse der Simulationsläufe

Es wurde ein Basisszenario simuliert, das von der Annahme ausgeht, daß keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden. Mit diesen Ergebnissen wurde dann die Simulationen der Szenarien verglichen, um die Auswirkungen der jeweiligen Maßnahmen feststellen zu können. Das Basisszenario stellt also eine Art dynamischen Maßstab dar an dem die Wirkung energiepolitischer Maßnahmen gemessen werden kann. Eine moderate Verschiebung dieses Maßstabs hat fast keine Auswirkungen auf die Beurteilungen der quantitativen Effekte der Energiepolitik - womit die Bedeutung der Richtigkeit der absoluten Prognosewerte des Basisszenarios wünschenswert gering gehalten wird.

Aufgrund der Problematik der sektoralen Aufteilung stimmen die ermittelten energiebedingten CO₂-Emissionen nicht mit den offiziellen Statistiken überein, sind mit diesem aber in ihrem zeitlichen Verlauf korreliert. Diese Abweichungen sind großteils auf die Vernachlässigung von Leitungsverlusten, Lagerveränderungen und Veränderungen der Emissionsfaktoren durch Energieträgersubstitution innerhalb eines aggregierten Energieträgers zurückzuführen; sie mußten in Kauf genommen werden, um die wesentlich aussagekräftigere indirekte Ermittlung über einzelne Energieträger und Sektoren zu ermöglichen.

3.3.1 Basislauf ohne Maßnahmen

Im Basisszenario wurde angenommen, daß keine besonderen Maßnahmen getroffen werden.

Die exogenen Variablen wurden jeweils fortgeschrieben. Auslands- und Inlandswachstum, internationale Verflechtung und monetäre Trends (Inflation, Wechselkurse) folgen den in den letzten zehn Jahren beobachteten Tendenzen. Spezielle Technologietrends werden sektoral gemäß den in fortgeschritteneren Ländern beobachteten Trends auch in Österreich eintreten. Struktur und Trends im öffentlichen Haushalt werden ebenso fortgeschrieben wie die (geschlechts- und qualifikationsspezifische) Struktur des Wachstums des Arbeitsangebots.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
BIP-Wachstum (real)	0,99	0,71	2,10	1,15	0,66	0,40	0,66	0,64	1,04	1,21
Arbeitslosenrate	7,77	7,64	7,27	6,84	6,33	6,02	5,98	5,99	6,02	6,04
Inflation	1,46	0,78	0,93	0,39	0,87	0,41	0,73	0,41	0,63	0,69
Budgetdefizitquote	-3,97	-2,88	-2,90	-4,33	-4,51	-4,45	-5,22	-4,28	-6,33	-7,50
Leistungsbilanz (%BIP)	-0,70	0,03	0,57	1,07	1,70	2,53	3,48	4,18	4,88	5,45
CO ₂ -Emissionen Energie (in 1000 t)	49.127	47.883	46.556	46.463	45.831	45.073	44.828	44.618	44.654	45.043

Tabelle 3.1: Simulationsergebnisse des Basis-Szenarios

Im Basisszenario nehmen die CO₂-Emissionen von 1988 bis 2005 um 3,99 % zu.

Die bereits hier vorhandene Verminderung der CO₂-Emissionen ist einerseits durch die im Modell endogen sich ergebenden technologischen Trends bei allen Produktionsprozessen bedingt, andererseits aber auch durch die weiterhin sich als recht schwach wachsend herausstellende Endnachfrage verständlich. In diesen Entwicklungen kommen bereits jene im Toronto-Technologieprogramm erwähnten Maßnahmen - insbesondere im Verkehrssektor - zum Ausdruck, für die kein Förderbedarf gegeben ist, da sie unabhängig von CO₂-relevanten Regelungen jedenfalls getroffen werden.

3.3.2 Das Toronto-Technologieprogramm

Es wurden die nachvollziehbaren Maßnahmen des Toronto-Technologieprogramms als Vorgaben für das Szenario festgelegt. Dies waren konkret 10 Maßnahmen aus dem Verkehrs- und 8 Maßnahmen aus dem Energiebereich.

Anhang A

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
BIP-Wachstum (real)	1,06	0,81	2,26	1,32	0,80	0,52	0,83	0,74	1,20	1,34
Arbeitslosenrate	7,77	7,64	7,27	6,85	6,35	6,04	6,01	6,04	6,08	6,11
Inflation	1,47	0,78	0,91	0,36	0,84	0,37	0,70	0,36	0,59	0,64
Budgetdefizitquote	-4,06	-3,05	-3,14	-4,65	-4,88	-4,89	-5,73	-4,86	-6,99	-8,27
Leistungsbilanz (%BIP)	-0,70	0,03	0,56	1,05	1,66	2,48	3,40	4,09	4,77	5,32
Induzierte Privatinvestitionen (Mio. ATS)	0	219	494	978	1022	1298	1395	2055	1913	2313
CO ₂ -Emissionen Energie (in 1000 t)	45.185	43.956	42.626	42.539	41.897	41.116	40.856	41.002	41.379	41.851

Tabelle 3.1: Simulationsergebnisse des Szenarios „Toronto-Technologieprogramm“

In diesem Szenario nehmen die CO₂-Emissionen von 1988 bis 2005 um 3,38 % ab.

Die Differenz zum Basisszenario ergibt sich wie folgt:

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
BIP-Wachstum (real)	0,07	0,10	0,16	0,17	0,14	0,12	0,17	0,10	0,16	0,13
Arbeitslosenrate	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07
Inflation	0,01	0,00	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03	-0,05	-0,04	-0,05
Budgetdefizitquote	-0,09	-0,17	-0,24	-0,32	-0,37	-0,44	-0,51	-0,58	-0,66	-0,77
Leistungsbilanz (%BIP)	0,00	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,05	-0,08	-0,09	-0,11	-0,13
CO ₂ -Emissionen Energie (1000 t)	-3942	-3927	-3930	-3924	-3934	-3957	-3972	-3616	-3275	-3192

Tabelle 3.2: Differenz der Simulationsergebnisse zwischen Toronto-Technologieprogramm und Basisszenario

Die Verminderung der CO₂-Emissionen im Jahr 2005 gegenüber dem Basisszenario beträgt demnach 7,37 % bezogen auf das Jahr 1988 (bzw. 7,09 % bezogen auf den Wert des Basisszenarios im Jahr 2005); dies weicht deutlich vom im Toronto-Technologieprogramm veranschlagten Wert von 20 % ab.

Außerdem hat Umweltschutz seinen makroökonomischen Preis. Das Budgetdefizit erhöht sich, es erfolgt also *keine* Kompensation der Investitionen durch die durch das höhere BIP-Wachstum erzielten zusätzlichen Steuereinnahmen.

Dies ist auf folgende Zusammenhänge zurückzuführen, die im Toronto-Technologieprogramm nicht berücksichtigt wurden:

- Die durch die Anreizinvestitionen induzierten Folgeinvestitionen werden endogen bestimmt und fallen wesentlich kleiner aus (im Jahr 2005 2313 Mio. S anstatt ca. 9755 Mio. S)
- Die zusätzlichen Investitionen zur CO₂-Emissionsreduktion substituieren Investitionen und/oder Konsum in anderen Bereichen, stellen also keine Netto-Erhöhung der Investitionen dar

- Die Energiekostenreduktion durch Effizienzsteigerung erhöht die Gewinne und oder die Investitionen, letztendlich jedenfalls die Gesamtnachfrage der Volkswirtschaft. Dadurch wird zusätzliche Energienachfrage induziert, die wiederum zu höheren Emissionswerten führt.
- Die Nachfrageerhöhung in den Sektoren, die von den zusätzlichen Investitionen profitieren, haben eine Erhöhung der Energienachfrage zur Folge.

4 Schluß

Die vorliegende Studie zeigt vor allem zweierlei:

Zum einen kann gezeigt werden, daß die von Schleicher/Kratena vorgenommene Modellierung, die ja in ihrem Einfluß auf die bisherige Politik des Umweltministeriums von größter Bedeutung war, in vielen Bereichen gravierende Mängel aufweist. Diese bestehen nicht nur in der Unterlassungen einer ökonomischer Untermauerung der wesentlichen Wirkungsmechanismen (private Investitionstätigkeit, Finanzierungsseite des Staates, Technologieentwicklung etc.) sondern auch in einer konzeptuellen Unausgegorenheit der Wahl des Modelles. Die - durchaus wünschenswerten - "starken" Resultate der Modellierung sind aus dieser Perspektive nicht mehr als "wishful thinking". Letzteres ist aber als Grundlage einer realistischen, und daher nachhaltigen Umweltpolitik nicht brauchbar.

Zum zweiten wurde im Rahmen einer Adaptierung des Modelles AUSTRIA 3 gezeigt, daß eine Simulationsstudie, die auf die kritisierten Mängel eingeht durchaus in der Lage ist interessante und plausible Ergebnisse zu liefern. Es sollte nicht verwundern, daß höhere Umweltqualität in diesem Modell ihren ökonomischen Preis (im vorgestellten Szenario in Form höherer Budgetdefizite) hat. Die Effekte des geplanten Maßnahmenpaketes fallen hier auch wesentlich schwächer aus als im eingangs kritisierten Modell (7,37% statt 20%). Sie bleiben daher im Rahmen der von der EU insgesamt als realistisch erachteten Zielvorgaben (etwa 8%) - womit die voreilig propagierte Vorreiterrolle Österreichs wohl keine realistische, ökonomische Grundlage haben dürfte. Das soll *nicht* heissen, daß beispielhaftes wirtschaftspolitisches Handeln im Umweltbereich "zu teuer" ist, es soll jedoch heissen, daß es jedenfalls mit Abstrichen in anderen Bereichen gekoppelt sein wird. Sein Ausmaß ist daher als Trade-Off zu betrachten, der letztlich nur durch einen politischen Willensbildungsprozeß festgelegt werden kann. Quantitative Ausmaße und mögliche Optionen solcher Trade-Offs zu ermitteln, genau dazu können Simulationsmodelle wie das hier präsentierte dienen.

Anhang A: Österreichische CO₂-Bilanz 1996: Struktur und Dynamik der österreichischen CO₂-Emissionen

(Stefan Schleicher, Universität Graz; Klaus Radunsky, Umweltbundesamt)

Lösungsalgorithmus des Modells (lt. Toronto-Technologieprogramm):

Simultane Bestimmung v. Gesamtnachfrage, Importen u. heimischem Output (reines Mengenmodell, keine Preisvariablen)

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

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

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

$$F_i = C_i + I_i + G_i + X_i$$

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

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

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

$$\Delta \ln C_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM) \quad (7/1)$$

$$\Delta \ln IHB_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM) \quad (7/2)$$

$$\Delta \ln IMASCH_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM) \quad (7/3)$$

$$\Delta \ln IFZ_t = f(\Delta \ln GDP_t, ECM) \quad (7/4)$$

$$w_{i,t} = c(0)_i + c(1)_i \cdot \ln C \text{ mit } \sum_i c(0)_i = 1, \sum_i c(1)_i = 0, \text{ Restriktionen f. Additivität} \quad (8)$$

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

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

Anhang A

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

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

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

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

(1) – (3): Güterbilanz

(4): Importe, abhängig von der Gesamtnachfrage

(1) – (4): Lösung für die Bruttoproduktionswerte

(6): BIP von der Nachfrageseite aus; Summe d. Endnachfrage minus Importvektor

(7): Erfassung der Summen der endogenen Nachfragegrößen mit Error Correction Mechanism

Mit:

F Spaltenvektor der gesamten Güter-Endnachfrage

C privater Konsum

IWB Wohnbauinvestitionen

IHB sonstige Hochbauinvestitionen

ITB Tiefbauinvestitionen

IMASCH maschinelle Investitionen

IFZ Fahrzeuginvestitionen

LV Lagerveränderungen

G öffentl. Konsum

X Exporte

M Importe

Q(A) Outputvektor

A Matrix der technischen Koeffizienten

Q Gesamtangebot an Gütern

Q(d) inländischer Güteroutput

w_i Anteil des Konsumgutes *i* am Gesamtkonsum

Anhang B: Das Modell des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung (WIFO-Modell)

Kombination aus Makro-Modell und (disaggregiertem) I/O-Modell

I/O-Modell ist ein reines Mengenmodell ohne Preisblock

Es werden die Endnachfragekategorien aufgrund v. ökonometr. Nachfragesystemen aufgeteilt, Importe nach Gütern u. die Beschäftigung (Erwerbstätige insg.) ebenfalls.

Basis vom Makro-Modell = Nachfrageaggregate der mittelfristigen gesamtwirtschaftlichen Prognose: privater u. öffentlicher Konsum, Investitionen (einschl. Lagerveränderungen), Exporte.

d.h. C, G, I, X sind gegeben.

Ermittlung der Güterbilanz

$$Q = A \cdot Q(A) + F \tag{1}$$

$$Q(d) = Q - M \tag{2}$$

$$Q(A) = D \cdot Q(d) \tag{3}$$

$$F_i = C_i + I_i + G_i + X_i \tag{4}$$

Importe

$$\Delta \ln M_{i,t} = c_{0i} + c_{1i} \cdot HECM_{i,t} + c_{2i} \cdot \ln Q_{i,t} + c_{3i} \cdot \Delta \ln Q_{i,t} \tag{5}$$

mit $HECM_{i,t} = (\ln M_{i,t-1} - \ln Q_{i,t-1}) \dots$ homogener Fehlerkorrekturmechanismus

Privater Konsum (AIDS-Modell)

$$w_{i,t} = c_{0i} + c_{1i} \cdot \ln C_t + c_{2i} \cdot (w_{i,t-1} - c_{0i} - c_{1i} \cdot \ln C_{t-1}) + c_{3i} \cdot \Delta \ln C_t \tag{6}$$

Investitionen, öffentlicher Konsum, Exporte

$$I_i = \sum_k b_{ik} I_k \quad (7)$$

$$G_i = g_i \cdot G \quad (8)$$

Exporte mit Einzelgleichungen nach Distributive Lag-Ansatz

$$\ln X_{i,t} = c_{0i} + c_{1i} \cdot \ln Yf_t + c_{2i} \cdot \ln Yf_{t-1} + c_{3i} \cdot \ln X_{i,t-1} \quad (9)$$

Produktivität und Beschäftigung

$$\ln l_{i,t} = c_{0i} + c_{1i} \cdot \ln Q_{i,t}(A) + c_{2i} \cdot t_i - c_{3i} \cdot \left(\ln l_{i,t-1} - c_{0i} - c_{1i} \cdot \ln Q_{i,t-1}(A) - c_{2i} \cdot (t-1)_i \right) \quad (10)$$

$$L_i = \frac{1}{l_i} \cdot Q_i(A) \quad (11)$$

- A Matrix der technischen Koeffizienten (verändert sich im Zeitablauf)
- D Marktanteilmatrix (bleibt konstant)
- F Spaltenvektor der gesamten Endnachfrage ($C+I+G+X$)
- $Q(A)$ Outputvektor (Output nach Aktivitäten), auch Brutto-Produktionswert
- $Q(d)$ inländischer Güteroutput
- Q Gesamtangebot an Gütern
- w_i Anteil des Konsumgutes i am Gesamtkonsum
- Yf Aktivitätsvariable (BIP der OECD od. der EU)
- l_i Arbeitsproduktivität in Sektor i

Anhang C: Liste der Wirtschaftssektoren

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

Literatur

- BMW 1996 Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, *Energiebericht 1996 der Österreichischen Bundesregierung*, Wien
- DAUBENEY 1998 Philip Daubenev (Vorsitzender des Umwelt- und Nachhaltigkeitsausschusses der UNIPEDE/EURELECTRIC): *Position der europäischen E-Wirtschaft*, Entwurf eines Referats anlässlich des Symposiums zum Kyoto-Protokoll, Vereinigung der Österreichischen Industrie: Wien, 22. April 1998
- EU-KOMMISSION 1997 Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Mitteilung der Kommission: *Energie für die Zukunft: Erneuerbare Energieträger; Weißbuch für eine Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan*, Brüssel, November 1997
- EURELECTRIC 1998 *Positionspapier der EURELECTRIC zum Handel mit Treibhausgasemissionen (emission trading)*, erstellt anlässlich des Symposiums zum Kyoto-Protokoll, Vereinigung der Österreichischen Industrie: Wien, 22. April 1998
- GLÜCK ET AL. 1993 Heinz Glück, Stefan Schleicher: *Endogenous Technical Progress Induced by CO₂ Reduction Policies: Simulation Results for Austria*, International Conference on Economic Instruments for Air Pollution Control, IIASA: Laxenburg, October 1993
- MUSIL 1993 Karl Musil: *Energieprognose des WIFO und CO₂-Reduktionsszenario*, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung: Wien, Februar 1993
- NGGIC 1996 National Greenhouse Gas Inventory Committee, *ENERGY – Workbook for Fuel Combustion Activities (Stationary Sources), Workbook 1.1 1996*, Australien
(<http://www.erin.gov.au/portfolio/esd/climate/ggi/natmethod/energy1/energy1.html>)
- ÖMV 1997 ÖMV, *Daten zur österreichischen Energieversorgung*, Wien, Oktober 1997
- ÖSTAT 1998 Österreichisches Statistisches Zentralamt, *Eine NAMEA der Luftschadstoffe Österreichs 1994*, in: *Statistische Nachrichten* 1/1998:56-67, Wien
- KRATENA ET AL. 1995 Kurt Kratena, Michael Wüger: *Das WIFO-Modell für die österreichischen Wirtschaftssektoren*, in: *WIFO-Monatsberichte* 9/95:593-601

Literatur

- KRATENA ET AL. 1996 Kurt Kratena, Karin Wagner: *Energieprognose bis zum Jahr 2010 mit einem disaggregierten Strukturmodell*,
- KRATENA ET AL. 1997 Österreichischer Klimabeirat: Kurt Kratena, Stefan Schleicher, Hans Schnitzer, Helfried Gartner, Wolfgang Jank Gilbert Ahamer, Klaus Radunsky: *Das Toronto-Technologieprogramm: Maßnahmen, Effekte und gesamtwirtschaftliche Kosten eines Technologieprogramms zur Erreichung des Toronto-Emissionsziels für CO₂*: Österreichischer Klimabeirat, c/o Institut f. Volkswirtschaftslehre, Universität Graz, Oktober 1997
- SCHLEICHER 1996 Stefan Schleicher: *Österreichische CO₂-Bilanz 1995: Struktur und Dynamik der österreichischen CO₂-Emissionen*:
<http://www.accc.gv.at/bilanz/bil96/bil96.htm>, September 1996
- SCHLEICHER ET AL. 1997 Stefan Schleicher, Klaus Radunsky: *Österreichische CO₂-Bilanz 1996: Struktur und Dynamik der österreichischen CO₂-Emissionen*:
<http://www.accc.gv.at/bilanz/bil96/bil96.htm>, September 1997
- SCHNEIDER 1998 Friedrich Schneider: *Das Kyoto-Protokoll: Inhalt, Perspektiven und Umsetzung*, Kurzfassung der Studie zum Vortrag anlässlich des Symposiums zum Kyoto-Protokoll, Vereinigung der Österreichischen Industrie: Wien, 22. April 1998
- UNFCCC 1997 United Nations: *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Kyoto, 1-10 December 1997
- UNFCCC 1998 United Nations: *Report of the Conference of the Parties on its Third Session*, Kyoto, 1-10 December 1997
- UBA 1996 Umweltbundesamt Wien: *Abschätzung der CO₂-Minderungspotentiale zur Erreichung des Torontoziels durch die Maßnahmen entsprechend dem Entwurf der Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VB „Torontoziel“*,
http://www.ubavie.gv.at/info/emi/treibhau/co2_mind.htm, Oktober 1996
- WOHLGEMUTH 1992 Norbert Wohlgemuth: *Strukturen und Perspektiven des österreichischen Energiesystems – Eine Quantitative Analyse Mit Strategien Zur CO₂-Reduktion*, Dissertation: Universität Wien, März 1992