

FINANZWISSENSCHAFTLICHE
DISKUSSIONSBEITRÄGE

NR. 00 - 2

**Umwelt-, Beschäftigungs- und Wohlfahrtswirkungen
einer ökologischen Steuerreform**

Eine dynamische Simulationsanalyse
unter besonderer Berücksichtigung
der Anpassungsprozesse im Übergang

von

**STEFAN BRAUN
WOLFGANG KITTERER**

Köln 2000

Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der
Universität zu Köln

Postfach 42 05 20

D-50889 Köln

Anschrift der Verfasser:
Seminar für Finanzwissenschaften
Universität zu Köln
Albertus-Magnus-Platz
D-50923 Köln
Email: kitterer@wiso.uni-koeln.de

ISSN 0945-490X
ISBN 3-923342-50-0

Gliederung

1. Einleitung
 2. Überblick
 3. Das Modell
 - 3.1. Der Produktionssektor
 - 3.2. Der repräsentative Haushalt
 - 3.3. Der Staat
 4. Elemente der Simulationsanalyse
 - 4.1. Basissimulation
 - 4.2. Politiksimulation
 - 4.3. Messung der Dividenden
 5. Simulationsergebnisse
 - 5.1. Die Auswirkungen der Ökosteuerreform auf Produktion, Beschäftigung und Konsum
 - 5.1.1. Kurz- bis mittelfristige Auswirkungen
 - 5.1.2. Langfristige Auswirkungen
 - 5.2. Wohlfahrtswirkungen
 - 5.3. Staatshaushalt
 6. Zur Lastenverteilung der Ökosteuerreform: Sind pareto-optimale Übergänge möglich?
 7. Zusammenfassende Bewertung
- Anhang A: Maximierung der genesteten Nutzenfunktion
Anhang B: Simulationsergebnisse
Literaturverzeichnis

Abstract

An Hand eines OLG-Modells vom Auerbach-Kotlikoff-Typ werden in dieser Arbeit die gesamtwirtschaftlichen Wirkungen einer ökologischen Steuerreform untersucht. Das Aufkommen aus einer indirekten Steuer auf den Umweltverbrauch wird zur Senkung der Beiträge zur Sozialversicherung verwendet. Es wird gezeigt, daß in der langen Frist zwar Wohlfahrtsverbesserungen zu erzielen sind, daß aber sowohl die Lenkungs- als auch die Beschäftigungswirkungen der Ökosteuerreform bescheiden sind. Im Rahmen einer dynamischen Simulationsanalyse werden insbesondere die Anpassungsprozesse im Übergang analysiert. Da in der kurzen Frist Wohlfahrtsverluste entstehen, wird überprüft, mit Hilfe welcher finanzpolitischer Maßnahmen pareto-optimale Übergänge erzeugt werden können. In einem Anhang wird die Maximierung einer genesteten Nutzenfunktion ausführlich dargestellt.

JEL-Classification: E6, H2, Q2

Umwelt-, Beschäftigungs- und Wohlfahrtswirkungen einer ökologischen Steuerreform

1 Einleitung

Die ökologische Steuerreform der rot-grünen Bundesregierung und die damit angestrebte sogenannte doppelte Dividende haben die Diskussion um die Sinnhaftigkeit eines solchen Unterfangens neu entfacht. Dabei stehen neben den ökologischen Lenkungszielen auch die Arbeitsmarktwirkungen und finanzwissenschaftliche Fragestellungen im Mittelpunkt der Diskussion. Der vorliegende Beitrag analysiert diese Problemkreise im Rahmen eines einfachen dynamischen Simulationsmodells. Es soll neben den langfristigen Wirkungen auch der Übergangsprozess, also die kurz- und mittelfristigen Auswirkungen, analysiert werden. Die umfangreiche Literatur zur Double-Dividend-Hypothese verwendet überwiegend statische und/oder partialanalytische Modelle. Während bei den statischen Modellen die Untersuchung von Übergangsproblemen und die Unterscheidung kurz- und langfristiger Wirkungen vernachlässigt wird, können partialanalytische Modelle Rückwirkungen zwischen verschiedenen Märkten und Sektoren nicht ausreichend berücksichtigen. Der Analyse des Anpassungspfades kommt sowohl aus theoretischer wie aus praktischer Sicht eine besondere Bedeutung zu. Geht man davon aus, dass eine perfekte Internalisierung im Sinne einer Pigousteuer an Informationsproblemen scheitert und man daher bei Umweltproblemen eher auf eine Vorgehensweise angewiesen ist, die sich stärker am Standard-Preis-Ansatz von Baumol-Oates (1971) orientiert, so ist die Frage, welche Anpassungsprozesse bei der Einführung einer Umweltsteuer auftreten und wie die ökologische Zielsetzung letztendlich auch von der Entwicklung ökonomischer Variablen abhängt, von großer Bedeutung. Vor diesem Hintergrund erscheint es uns sinnvoll, eine ökologische Steuerreform im Rahmen eines dynamischen Gleichgewichtsmodells zu untersuchen, um die Anpassungsprozesse analysieren zu können. Wir werden zeigen, dass die kurz- und langfristigen Wirkungen gegenläufig sein können.

Der Aufbau der Arbeit ist wie folgt: In Abschnitt 2 werden einige Vorüberlegungen zu den ökonomischen Wirkungen einer typisierten ökologischen Steuerreform präsentiert, bei der das Steueraufkommen aus der Einführung von indirekten Steuern auf den Umweltverbrauch für die Senkung von Beiträgen zur Sozialversicherung verwendet wird. Das für unsere Analyse verwendete Simulationsmodell, bei dem es sich um ein 2-Generationen-OLG-Modell vom Auerbach-Kotlikoff-Typ handelt, wird in Abschnitt 3 dargestellt. In den Abschnitten 4 und 5 werden die Simulationen und ihre

Ergebnisse vorgestellt. Anschließend wird in Abschnitt 6 überprüft, welche pareto-optimalen Übergänge möglich erscheinen. Abschnitt 7 dient der zusammenfassenden Bewertung.

2 Überblick

Mit einer ökologischen Steuerreform, die eine sogenannte doppelte Dividende abwerfen soll, werden mindestens zwei Ziele gleichzeitig verfolgt. Zum einen soll durch die Besteuerung umweltbelastender Aktivitäten ein Substitutionseffekt ausgelöst werden, um eine Verminderung der Umweltbelastung zu erreichen (Lenkungsziel), und zum zweiten soll das Steueraufkommen einer solchen Ökosteuer dazu verwendet werden, die Effizienz des bestehenden Steuersystems zu erhöhen, indem im Umfang der Einnahmen aus der Ökosteuer bestehende (verzerrende) Steuern gesenkt werden, um so die von der Besteuerung ausgelösten Zusatzlasten zu vermindern. In der aktuellen politischen Diskussion steht dabei insbesondere die Senkung der Lohnnebenkosten im Mittelpunkt, da man sich hiervon eine Verbesserung der Arbeitsmarktsituation erhofft.¹ D. h. die Verminderung der steuerlich bedingten Zusatzlasten wird hier konkretisiert in Form eines Abbaus der Arbeitslosigkeit. Die politische Botschaft dabei ist klar und einfach: Eine aufkommensneutrale Steuerreform, bei der der Faktor Arbeit entlastet wird (sei es durch Senkung der Lohnsteuer oder der Sozialabgaben) und gleichzeitig umweltbelastende Produktionsfaktoren oder Konsumaktivitäten steuerlich belastet werden, erbringt zwei positive Effekte gleichzeitig: Eine sauberere Umwelt und eine geringere Arbeitslosigkeit. Unterstellt wird dabei ein simpler Substitutionsprozess vom relativ teurer gewordenen Gut zum billiger gewordenen Gut.

Aus theoretischer Sicht stellt sich das Problem jedoch durchaus vielfältiger und weniger eindeutig dar. So ignoriert diese simplifizierte Argumentation, dass auch von der Ökosteuer selber Zusatzlasten in das Steuersystem hineingetragen werden, die u. U. höher sein können als die Verminderung der Zusatzlasten infolge der Senkung bestehender Steuern. Auch unterstellt eine solche Sichtweise, dass eine Senkung der Abgabenlast auf den Faktor Arbeit automatisch zu einer *Reallohnsenkung* führt. Wenn der Senkung der Lohnabgaben aber höhere Konsumentenpreise infolge höherer Energiepreise gegenüberstehen, ist die Veränderung des realen Lohnsatzes prinzipiell nicht eindeutig bestimmt. Es ist möglich, dass die Reallohnsenkung deutlich hinter der Senkung der Lohnabgaben zurückbleibt oder der Reallohn bei einer kompletten Überwälzung höherer Energiepreise auf die

¹ Siehe hierzu z.B. die Regierungserklärung des Bundeskanzlers vom 10.11.1998, Punkt 3 oder die Arbeiten von Bovenberg (1995), Bovenberg/van der Ploeg (1994) und Koskela/Schöb/Sinn (1998), in denen die 2. Dividende ausschließlich die Veränderung der Beschäftigungsmenge beinhaltet. Vgl. hierzu auch Braun (1999) S. 17ff.

Konsumenten (und Lohnbezieher) überhaupt nicht sinkt. In diesem Fall wäre auch nicht mit einer Ausweitung der Beschäftigung zu rechnen.

Einen wichtigen Beitrag für die gedankliche Präzision in der Double-Dividend-Debatte hat Goulder (1995) geleistet, der verschiedene Formen der doppelten Dividende unterschieden und definiert hat. Wir werden im folgenden stets die strenge Form im Goulder'schen Sinne verwenden. Danach umfasst die 1. Dividende ausschließlich die durch die Erhebung einer Ökosteuer erreichte Verbesserung der Umweltsituation (Bruttoumweltdividende). Die 2. Dividende hingegen beinhaltet die gesamten Wohlfahrtsänderungen infolge einer ökologischen Steuerreform ausgenommen der Wohlfahrtserhöhung durch die Verminderung der Umweltbelastung. D. h. die 2. Dividende enthält die saldierte Veränderung der Zusatzlasten, die aus der Erhebung der Ökosteuer einerseits und der Steuersenkung an anderer Stelle andererseits resultieren. Die Zusatzlasten, die von der Einführung der Umweltsteuer ausgehen, werden also nicht mit den Umweltwirkungen selber saldiert (Nettoumweltdividende), sondern der zweiten Dividende zugerechnet. Diese Aufspaltung der Dividenden ist insbesondere für finanzwissenschaftlich orientierte Betrachtungen von Vorteil, da hier die gesamten Zusatzlasten des Steuersystems zusammengefasst und von den ökologischen Zielgrößen getrennt werden.

Die „strenge“ Form der doppelten Dividende nach Goulder fordert dabei, dass die so definierte zweite Dividende positiv ist, wenn das Aufkommen der Ökosteuer zur Senkung von „typical or representative existing taxes“² verwendet wird. Die derart definierte 2. Dividende ist weitaus allgemeiner und umfassender als speziellere Ziele wie „Senkung der Arbeitslosigkeit“, „positive Wachstumswirkungen“ o. ä., welche jeweils einen u. U. erheblichen Teil der Wohlfahrtswirkungen einer ökologischen Steuerreform vernachlässigen. Wir werden uns im folgenden an dieser umfassenden Definition der 2. Dividende orientieren, allerdings verschiedene Einzelbestandteile (z.B. Entwicklung der Arbeitsmenge, des Steueraufkommens etc.) analysieren.

Zu den einflussreichsten Arbeiten auf dem Gebiet der Double-Dividend-Debatte gehören die zahlreichen Arbeiten von Bovenberg und seinen Co-Autoren.³ Insbesondere Bovenberg/De Mooij (1994a) schränken die Gültigkeit der Double-Dividend-Hypothese stark ein. Sie zeigen in einem allgemeinen Gleichgewichtsmodell, in dem Arbeit der einzige Produktionsfaktor ist und ein Teil des privaten Konsums externe Umwelteffekte bewirkt, dass eine aufkommensneutrale Steuerreform, die eine proportionale Lohnsteuer partiell durch eine spezielle Konsumsteuer auf den um

² Goulder (1995) S.161.

³ Siehe z.B. Bovenberg/De Mooij (1994a, b) sowie zu einer Übersicht Bovenberg (1997, 1998).

weltverschmutzenden Konsum ersetzt, nur für den empirisch eher wenig relevanten Fall einer negativen unkompensierten Lohnelastizität des Arbeitsangebotes zu einer positiven 2. Dividende im obengenannten strengen Sinne führen kann. Gegen dieses Ergebnis und das dahinterstehende Modell lassen sich zahlreiche Einwände anführen.⁴ Die beiden wichtigsten Probleme aus unserer Sicht sind zum einen die Tatsache, dass es sich um ein statisches Modell unter Vernachlässigung des Produktionsfaktors Kapital handelt,⁵ womit sämtliche intertemporalen Aspekte außer Acht gelassen werden. Zum zweiten ist das Steuersystem in Bovenberg/De Mooij (1994a), wie Gliesmann/Ruocco (1997, S. 177) zeigen, in der Ausgangslage abgesehen von den Umweltexternalitäten second-best-optimal, da die im Ausgangssystem vorhandene Lohnsteuer infolge der Annahme einer schwach separablen homothetischen Nutzenfunktion und der Abwesenheit fixer Einkommensbestandteile eine second-best-optimale Steuer darstellt (unter Vernachlässigung der Umweltproblematik). Damit ist von vornherein eine Verminderung der steuerlich induzierten Zusatzlasten durch eine aufkommensneutrale Steuerreform ausgeschlossen, da die steuerliche Zusatzlast bereits in der Ausgangssituation minimiert ist. Um überhaupt die Möglichkeit einer positiven zweiten Dividende zu eröffnen, darf das Steuersystem in der Ausgangslage (unter Vernachlässigung nicht internalisierter Umweltschäden, deren Beseitigung unter die erste Dividende fällt) nicht second-best-optimal sein. Beide Kritikpunkte sind mittlerweile in einer Reihe von Modellen berücksichtigt worden, wobei es sich allerdings weiterhin zumeist um statische Modelle handelt.⁶

Wesentlich geringer ist die Anzahl dynamischer Modelle,⁷ die sich dezidiert mit der Analyse der Double-Dividend-Debatte befassen.⁸ Bovenberg/Heijdra (1998) bilden Umwelt als dauerhaftes Konsumgut im Rahmen eines OLG-Modells mit exogenem Arbeitsangebot ab und untersuchen die intergenerativen Verteilungswirkungen von Umweltsteuern. Lau (1996) betrachtet Energiesteuern in einer offenen Volkswirtschaft mit 2 Produktionssektoren und endogenem Arbeitsangebot. Ebenso wie in Bovenberg/Heijdra (1998) wird ein OLG-Modell vom Blanchard-Typ verwendet. Im Gegensatz zu dem von uns verwendeten OLG-Modell vom Auerbach-Kotlikoff-Typ ist bei

⁴ Siehe z.B. Goulder (1995) S. 162ff., Gliesmann/Ruocco (1997) S. 176.

⁵ Gleiches gilt z.B. auch für Gottfried/Wiegard (1995).

⁶ Siehe zu einer Übersicht z.B. Schmidt (1999) S. 80ff. und 208ff. sowie Braun (1999) Kapitel 2.

⁷ Die folgende Betrachtung beschränkt sich auf Modelle, die - wie die vorliegende Arbeit - ausdrücklich auf generationenbezogene Betrachtungen der Double-Dividend-Hypothese abzielen, und vernachlässigt damit das umfangreichere Gebiet endogener Wachstumsmodelle zur ökologischen Steuerreform, die infolge der unendlichen Lebenserwartung der Modellakteure ungeeignet zu einer generationenbezogenen Analyse der Wohlfahrtswirkungen sind. Siehe zu einer Übersicht Hettich (1998) S. 287ff.

⁸ Dynamische Modelle zu ökologischen Steuerreformen mit anderen Schwerpunkten präsentieren u.a. Oepping (1997) mit einem ökonomischen Modell und Wendner (1997) zum Zusammenhang von CO₂-Reduktionspolitik und Pensionssicherung sowie Ono (1996) mit einer Untersuchung optimaler Besteuerung in einem einfachen OLG-Modell vom Auerbach-Kotlikoff-Typ.

diesen Modellen die Lebenserwartung aller zu einem Zeitpunkt lebenden Generationen identisch, so dass auch in den genannten Arbeiten der erwartete Nutzen aus einer Umweltverbesserung im Laufe des Restlebens für alle Generationen, die zum Zeitpunkt der Steuerreform existieren, identisch ist. Eine sinnvolle generationenbezogene Differenzierung der 1. Dividende ist daher nur für lebende und zukünftig geborene Generationen möglich, nicht aber innerhalb der lebenden Generationen. Im vorliegenden Modell wird dagegen grundsätzlich zwischen der jungen erwerbstätigen und der alten Generation im Ruhestand unterschieden.

Während bei Bovenberg/Heijdra (1998) die Existenz einer gesamtwirtschaftlich positiven 2. Dividende bereits durch die Modellierung des Steuersystems ausgeschlossen ist, da die Umweltsteuern die einzigen verzerrenden Steuern im Modell darstellen, kommt Lau (1996) zu dem Ergebnis, dass allenfalls eine geringe positive 2. Dividende möglich ist, die zudem sehr sensitiv gegenüber der Parametrisierung des Modells ist⁹.

Böhringer et al. (1997) untersuchen die Einführung von Ökosteuern mit aufkommensneutraler Rückverteilung anhand eines intertemporalen, allgemeinen Gleichgewichtsmodells für die Bundesrepublik und kommen zu dem Ergebnis, dass keine doppelte Dividende einer solchen Steuerreform zu erwarten ist.

Wir werden im folgenden versuchen, die Wohlfahrtswirkungen einer ökologischen Steuerreform in einem einfachen Simulationsmodell darzustellen und dabei auch die einzelnen Effekte, die zu Veränderungen der Gesamtwohlfahrt führen, zu identifizieren. Wir verwenden ein dynamisches Gleichgewichtsmodell, um einerseits zwischen kurz- und langfristigen Wirkungen unterscheiden zu können und andererseits die Rückwirkungen zwischen den verschiedenen Wirtschaftssektoren und Märkten berücksichtigen zu können. Dabei werden wir eine Ausgangssituation betrachten, in der das Steuersystem auch unter Vernachlässigung der Umweltexternalitäten nicht second-best-optimal ist, um das Ergebnis bezüglich der zweiten Dividende nicht zu präjudizieren, sondern den Raum für eine Verminderung der saldierten Zusatzlasten des Steuersystems überhaupt zu ermöglichen.

Es wird sich dabei zeigen, dass zwar im kurzfristigen Übergang – genauer: für die in der Reformperiode alte Generation – tatsächlich die zweite Dividende negativ ist, dass aber langfristig gerade diese Dividende positiv ist und deutlich höher ausfällt als die erste. Damit werden die Ergebnisse von Lau (1996) und Böhringer et al. (1997) sowie Bovenberg/De Mooij (1994a) relativiert. Allerdings ergeben sich sowohl auf dem Arbeitsmarkt als auch im Umweltbereich nur relativ geringe Veränderungen.

3 Das Modell

Es wird ein 2-Generationen-OLG-Modell vom Auerbach-Kotlikoff-Typ verwendet.¹⁰ Aufgrund seiner Kohortenstruktur bietet es die Möglichkeit intergenerativer Belastungsvergleiche und ermöglicht als dynamisches Modell zudem die explizite Untersuchung des Anpassungsprozesses sowie die Unterscheidung kurz- und langfristiger Wirkungen und intertemporaler Rückwirkungen, die in statischen und partialanalytischen Modellansätzen verborgen bleiben. Die Bevölkerungsgröße sei annahmegemäß konstant. Die betrachtete Wirtschaft besteht aus drei Sektoren: den privaten Haushalten, dem Unternehmenssektor und dem Staat. Es wird eine geschlossene Wirtschaft unterstellt, wodurch eine endogene Anpassung des Zinsniveaus ermöglicht wird. Eine solche Betrachtungsweise wäre bei Berücksichtigung außenwirtschaftlicher Aspekte nur zulässig, wenn man unterstellt, dass die steuerpolitischen Maßnahmen nicht auf nationaler Ebene, sondern weltweit harmonisiert erfolgen. Unter der Annahme kleiner identischer Volkswirtschaften ändert sich in einem solchen Fall nichts an den Preis- und Faktorrelationen, so dass es zu keinen internationalen Rückwirkungen kommt und der grenzüberschreitende Faktor- und Güterhandel vernachlässigt werden kann.¹¹

Das Umweltproblem im vorliegenden Modell besteht darin, dass Teile des privaten Konsums die Umwelt belasten. Wir modellieren dieses in Form eines negativen externen Effektes innerhalb des Haushaltssektors und vernachlässigen damit sowohl alle Umweltprobleme, die durch die Güterproduktion (insbesondere etwa bei der Energieproduktion) entstehen als auch die Beeinträchtigung von Produktionsprozessen infolge einer verunreinigten Umwelt, sondern beschränken uns auf Umweltprobleme, die vom privaten Verbrauch ausgehen und zur Beeinträchtigung der Wohlfahrt anderer Konsumenten führen (z.B. die Abgasbelastung der Luft durch die private Pkw-Nutzung). Die von uns betrachtete spezielle Konsumsteuer kann aber auch dann ein geeignetes Instrument zur Internalisierung von Umweltexternalitäten sein, wenn der externe Effekt von der Konsumseite ausgeht und Kosten in der Produktion hervorruft, oder wenn der externe Effekt nicht durch den Konsum selbst, sondern bei der Produktion eines für den Endverbrauch bestimmten Gutes auftritt und eine Steuer auf Produktionsebene nicht zur Verfügung steht. Das von uns betrachtete Instrument ist also durchaus in einem breiteren Feld einsetzbar, wir werden die letztgenannten Fälle aber nicht explizit abbilden.

⁹ Vgl. Lau (1996) S. 45ff.

¹⁰ Vgl. Auerbach/Kotlikoff (1987).

¹¹ Es wird also ein Cournot-Nash-Gleichgewicht des Steuerwettbewerbs in der Tradition von Zodrow/Mieskowski (1986) unterstellt.

3.1 Der Produktionssektor

Die Produktionsfunktion ist eine linear-homogene CES-Funktion mit den zwei Produktionsfaktoren Arbeit (L) und privatem Kapital (K). Der Preis des Outputs Y wird auf 1 normiert. Beide Produktionsfaktoren haben positive, aber abnehmende Grenzproduktivitäten.

$$(1) Y = \delta \left[\beta^{1/\sigma_{KL}} \cdot L_t^{-\mu_{KL}} + (1-\beta)^{1/\sigma_{KL}} \cdot K_t^{-\mu_{KL}} \right]^{-1/\mu_{KL}} \quad \text{mit } \mu_{KL} = \frac{1-\sigma_{KL}}{\sigma_{KL}} \Leftrightarrow \sigma_{KL} = \frac{1}{1+\mu_{KL}} .$$

Die Faktorentlohnung erfolgt gemäß der Grenzproduktivitätsregel, so dass aufgrund der Annahme einer linear homogenen Produktionsfunktion keine Unternehmens(überschuss-)gewinne entstehen.

$$(2) \frac{\partial Y_t}{\partial L_t} = \delta^{-\mu_{KL}} \cdot \beta^{1/\sigma_{KL}} \cdot \left[\frac{Y_t}{L_t} \right]^{1+\mu_{KL}} = w_t .$$

$$(3) \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \delta^{-\mu_{KL}} \cdot (1-\beta)^{1/\sigma_{KL}} \cdot \left[\frac{Y_t}{K_t} \right]^{1+\mu_{KL}} = r_t .$$

Wir gehen von vollständiger Konkurrenz auf den Faktormärkten aus. Diese Annahme ist insbesondere in Bezug auf den Arbeitsmarkt und die Beschäftigungswirkungen einer ökologischen Steuerreform vor dem Hintergrund der anhaltend hohen Arbeitslosigkeit in der Bundesrepublik nicht unkritisch. Eine Variante dieses Modells mit unvollkommenen Arbeitsmärkten betrachtet Braun (1999).

3.2 Der repräsentative Haushalt

Der repräsentative Haushalt plant über einen Horizont von zwei Perioden. In der Jugendperiode arbeitet er und verwendet sein (Netto-)Lohneinkommen zum Konsum in der Jugendphase sowie für seine Ersparnis, welche zur Finanzierung des Alterskonsums dient. In jeder Lebensphase werden zwei verschiedene Güter konsumiert. Zum einen ein „sauberes“ Gut c, dessen Konsum die Umwelt in keiner Weise belastet und zum anderen ein „schmutziges“ Gut d, mit dessen Konsum negative externe Effekte verbunden sind, die den Nutzen aller Haushalte vermindern. Der relative Preis (ohne indirekte Steuern) der beiden Konsumgüter wird auf 1 normiert. Die Budgetrestriktion der Jugend stellt sich damit folgendermaßen dar:¹²

$$(4) (1 - \tau_{w,t} - \tau_{s,t}) \cdot w_t \cdot l_t + \tau_{w,t} \cdot FB + z_t^1 = (1 + \tau_c) c_t^1 + (1 + \tau_c + \tau_{cd}) d_t^1 + s_t^1 .$$

¹² Im folgenden bezeichnen Großbuchstaben stets aggregierte Größen, während Kleinbuchstaben pro-Kopf-Größen (pro Kopf der jungen Generation) anzeigen. Abweichend hiervon sind mit "k" und "y" der Kapitalstock respektive das Sozialprodukt in intensiver Form, d. h. je Arbeitseinheit gemeint (siehe Gleichung 2 und 3).

Dabei bezeichnet z_t^1 (pauschale) staatliche Transferzahlungen in der Jugendphase.¹³ τ_c ist der Steuersatz einer allgemeinen Konsumsteuer und τ_{cd} ist der Steuersatz einer speziellen Konsumsteuer auf den Konsum umweltschädigender Güter (dirty goods). Von seinen Bruttolohneinkünften in der Jugendphase muss der Haushalt zum einen Lohnsteuer mit dem proportionalen Steuersatz τ_w und zum anderen einen ebenfalls proportionalen Beitrag zur staatlichen Rentenversicherung τ_s zahlen. Die Lohnsteuer beinhaltet einen Freibetrag in Höhe von FB , so dass die Lohnsteuer indirekt progressiv ausgestaltet ist.

Im Alter lebt das Wirtschaftssubjekt von seiner verzinsten Jugendersparnis abzüglich einer Zinssteuer mit dem Steuersatz τ_r sowie von einer pauschalen staatlichen Rente z_{t+1}^2 . Das gesamte Einkommen dient zur Finanzierung des Konsums im Alter. Das Arbeitsangebot des Haushaltes in der Altersphase ist definitionsgemäß gleich Null.

$$(5) \left(1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}\right) \cdot s_t^1 + z_{t+1}^2 = (1 + \tau_c)c_{t+1}^2 + (1 + \tau_c + \tau_{cd})d_{t+1}^2 .$$

Die Budgetrestriktionen der Jugend- und Altersphase lassen sich zur intertemporalen Budgetrestriktion zusammenfassen, wobei m_t den Barwert des (Netto-)Lebenseinkommens des Wirtschaftssubjektes bezeichnet.

$$(6) m_t = (1 - \tau_{w,t} - \tau_{s,t}) \cdot w_t \cdot l_t + \tau_{w,t} \cdot FB + z_t^1 + \frac{z_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}}$$

$$= (1 + \tau_c) \left[c_t^1 + \frac{c_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}} \right] + (1 + \tau_c + \tau_{cd}) \left[d_t^1 + \frac{d_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}} \right]$$

Kleinere Umstellungen der obigen intertemporalen Budgetrestriktion ergeben das maximal erreichbare Nettoeinkommen des Haushaltes e_t :

$$(7) e_t = (1 - \tau_{w,t} - \tau_{s,t}) \cdot w_t + \tau_{w,t} \cdot FB + z_t^1 + \frac{z_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}}$$

$$= (1 - \tau_{w,t} - \tau_{s,t})w_t (1 - l_t) + (1 + \tau_c) \left[c_t^1 + \frac{c_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}} \right] + (1 + \tau_c + \tau_{cd}) \left[d_t^1 + \frac{d_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}} \right]$$

$$= w_{n,t} (1 - l_t) + e_{c,t} + e_{d,t}$$

¹³ Hierbei und im folgenden bezeichnet der untere Index die Periode und der obere Index die Lebensphase, in der ein Vorgang stattfindet.

Die letzte Zeile gibt die alternativen Verwendungsmöglichkeiten des maximal erzielbaren Lebens-
einkommens an, die aus den Freizeit“ausgaben“ sowie dem Barwert der Ausgaben für sauberen
($e_{c,t}$) respektive schmutzigen Konsum ($e_{d,t}$) bestehen. Dabei stellt $w_{n,t}$ den Nettolohnsatz dar.

Der Nutzen des Wirtschaftssubjektes hängt ab von privatem und öffentlichem Konsum sowie dem
Ausmaß an Freizeit in seiner Jugendphase. Außerdem treten externe Effekte auf, die darin beste-
hen, dass durch den Konsum umweltschädigender Güter der Nutzen aller Wirtschaftssubjekte ge-
mindert wird, wobei sie bei ihrer Nutzenmaximierung diesen Effekt vernachlässigen, da sie davon
ausgehen, dass ihr persönlicher Konsum keinen spürbaren Einfluss auf die Gesamtbelastung der
Umwelt hat. Zur Vereinfachung wird davon ausgegangen, dass die Nutzenfunktion streng separabel
bzgl. der Umweltbelastung, dem Staatskonsum und den privaten Konsumgütern inklusive der Frei-
zeit ist. Für die Nutzenfunktion soll daher gelten:

$$(8a) \quad W_t = U(c_t^1, c_{t+1}^2, d_t^1, d_{t+1}^2, l_t) + u_d^-(d_t^1, d_t^2, d_{t+1}^1, d_{t+1}^2) + u_g(g_t, g_{t+1})$$

$$\text{mit } \frac{\partial U}{\partial c_t^1}, \frac{\partial U}{\partial c_{t+1}^2}, \frac{\partial U}{\partial d_t^1}, \frac{\partial U}{\partial d_{t+1}^2} > 0, \frac{\partial U}{\partial l_t} < 0, \frac{\partial u_d^-}{\partial d_t^1}, \frac{\partial u_d^-}{\partial d_{t+1}^2}, \frac{\partial u_d^-}{\partial d_t^2}, \frac{\partial u_d^-}{\partial d_{t+1}^1} < 0, \frac{\partial u_g}{\partial g_t}, \frac{\partial u_g}{\partial g_{t+1}} > 0 \quad \text{bzw.}$$

$$(8b) \quad W_t = W[x_t, 1-l_t, g] = U(x_t, 1-l_t) + u_g + u_d^-.$$

Dabei beschreibt U den Nutzen aus dem aggregierten Lebenskonsum x_t und der Freizeit ($1-l_t$), u_g
den Nutzen aus Staatskonsum und u_d^- die Nutzenminderung durch die vom schmutzigen Konsum
ausgehende Umweltbelastung. U wird als dreistufige (genestete) CES-Funktion modelliert.

Auf der obersten Stufe wird der Nutzen $u_{x,t}$ aus dem gesamten Lebenskonsum (x_t) und der Freizeit
($1-l_t$) abgebildet.

$$(8c) \quad U_t = U(u_{x,t}, 1-l_t) = \left[\alpha^{1/\sigma} \cdot u_{x,t}^\mu + (1-\alpha)^{1/\sigma} \cdot (1-l_t)^\mu \right]^{1/\mu}; \quad \mu = \frac{\sigma-1}{\sigma}$$

$$\text{mit } \mu < 1, 0 < \alpha < 1.$$

Der aggregierte Nutzen des Lebenskonsums wird auf einer zweiten Stufe disaggregiert in den Nut-
zen aus dem sauberen respektive schmutzigen Lebenskonsum:

$$(8d) \quad u_{x,t}(u_{c,t}, u_{d,t}) = \left[\alpha_x^{1/\sigma_x} \cdot u_{c,t}^{\mu_x} + (1-\alpha_x)^{1/\sigma_x} \cdot u_{d,t}^{\mu_x} \right]^{1/\mu_x}; \quad \mu_x = \frac{\sigma_x-1}{\sigma_x}$$

$$\text{mit } \mu_x < 1, 0 < \alpha_x < 1.$$

Der jeweilige Lebenskonsum der beiden Güterformen schließlich setzt sich aus dem Konsum in der Jugend- und der Altersphase zusammen. Deren nutzenmäßige Bewertung beschreiben die beiden folgenden intertemporalen (Teil-)Nutzenfunktionen:

$$(8e) \quad u_{c,t}(c_t^1, c_{t+1}^2) = \left[\alpha_c^{1/\sigma_c} \cdot (c_t^1)^{\mu_c} + (1 - \alpha_c)^{1/\sigma_c} \cdot (c_{t+1}^2)^{\mu_c} \right]^{\frac{1}{\mu_c}} ; \quad \mu_c = \frac{\sigma_c - 1}{\sigma_c}$$

$$(8f) \quad u_{d,t}(d_t^1, d_{t+1}^2) = \left[\alpha_d^{1/\sigma_d} \cdot (d_t^1)^{\mu_d} + (1 - \alpha_d)^{1/\sigma_d} \cdot (d_{t+1}^2)^{\mu_d} \right]^{\frac{1}{\mu_d}} ; \quad \mu_d = \frac{\sigma_d - 1}{\sigma_d}$$

mit $\mu_c, \mu_d < 1$, $0 < \alpha_c, \alpha_d < 1$.

Sofern nicht ausdrücklich anders erwähnt, wird außerdem im folgenden $\sigma_c = \sigma_d$ und $\alpha_c = \alpha_d$ angenommen.

Der Nutzen aus dem Staatskonsum in beiden Lebensphasen wird analog zu den beiden intertemporalen (Teil-)Nutzenfunktionen für den privaten Konsum modelliert. Dabei beschreibt der Parameter b den Anteil des Nutzens aus Staatskonsum am Gesamtnutzen.

$$(8g) \quad u_{g,t}(g_t, g_{t+1}) = b \cdot \left[\alpha_g^{1/\sigma_g} \cdot g_t^{\mu_g} + (1 - \alpha_g)^{1/\sigma_g} \cdot g_{t+1}^{\mu_g} \right]^{\frac{1}{\mu_g}} \quad \text{mit } b > 0, \text{ und } \mu_g < 1, 0 < \alpha_g < 1.$$

Die Nutzenbeeinträchtigung, die vom Konsum schmutziger Güter ausgeht, wird durch Gleichung (8h) beschrieben:

$$(8h) \quad u_d^-(d_t, d_{t+1}) = \frac{a}{2} \cdot \left[\left((d_t^1 + d_t^2)^2 + (d_{t+1}^1 + d_{t+1}^2)^2 \right) \right] \quad \text{mit } a < 0.$$

Der Parameter a bestimmt das relative Gewicht der externen Effekte in der Nutzenfunktion und damit auch den quantitativen Einfluss der ersten Dividende auf die gesamte Wohlfahrtswirkung der im folgenden betrachteten Steuerreformen. Diesem Parameter kommt also eine große Bedeutung zu, wenn die Vorzeichen der 1. und 2. Dividende differieren, da von diesem Gewichtungparameter dann letztendlich das Vorzeichen der Gesamtdividende abhängt.¹⁴

Das relative Gewicht des Staatskonsums in der Nutzenfunktion wird durch b bestimmt. Die gesamte Nutzenfunktion ist in Pro-Kopf-Größen formuliert. Sofern es sich beim öffentlichen Konsum um die Bereitstellung öffentlicher Güter handelt und auch die negativen Konsumexternalität

¹⁴ Vgl. hierzu auch Abschnitt 4.1.

ten vom Gesamtniveau des Konsums schmutziger Güter abhängen, wie weiter oben angenommen, müsste man jeweils das Gesamtniveau von D bzw. G aufnehmen. Da wir aber von einer konstanten Bevölkerungsgröße ausgehen, ist der Unterschied zwischen Pro-Kopf- und aggregierten Größen bei den gewählten funktionalen Formen von Produktions- und Nutzenfunktion hier irrelevant und kann durch entsprechende Anpassung der Parameter a und b korrigiert werden.

Der Haushalt maximiert die Nutzenfunktion (8a) unter Beachtung der intertemporalen Budgetrestriktion (7), wobei er alle Steuersätze, Staatsausgaben, Faktorpreise und das Ausmaß des Umweltschadens als gegeben ansieht, so dass die Maximierung von (8a) im Ergebnis mit der Maximierung von (8c) identisch ist. Aus den Bedingungen erster Ordnung ergeben sich die folgenden Konsumnachfragefunktionen:¹⁵

Nachfrage nach „sauberen“ Konsumgütern

$$(9) \quad c_t^1 = \frac{\alpha_c \cdot e_{c,t}}{p_{c1,t}^{\sigma_c} \cdot \Phi_c}$$

$$(10) \quad c_{t+1}^2 = \frac{(1-\alpha_c) \cdot e_{c,t}}{p_{c2,t}^{\sigma_c} \cdot \Phi_c} \quad \text{mit } p_{c1,t} = 1 + \tau_c; \quad p_{c2,t} = \frac{1 + \tau_c}{1 + (1-\tau_r) \cdot r_{t+1}}$$

$$\text{und } \Phi_c = \alpha_c \cdot p_{c1,t}^{1-\sigma_c} + (1-\alpha_c) \cdot p_{c2,t}^{1-\sigma_c}$$

Nachfrage nach „schmutzigen“ Konsumgütern

$$(11) \quad d_t^1 = \frac{\alpha_d \cdot e_{d,t}}{p_{d1,t}^{\sigma_d} \cdot \Phi_d}$$

$$(12) \quad d_{t+1}^2 = \frac{(1-\alpha_d) \cdot e_{d,t}}{p_{d2,t}^{\sigma_d} \cdot \Phi_d} \quad \text{mit } p_{d1,t} = 1 + \tau_c + \tau_{cd}; \quad p_{d2,t} = \frac{1 + \tau_c + \tau_{cd}}{1 + (1-\tau_r) \cdot r_{t+1}}$$

$$\text{und } \Phi_d = \alpha_d \cdot p_{d1,t}^{1-\sigma_d} + (1-\alpha_d) \cdot p_{d2,t}^{1-\sigma_d}$$

Das Arbeitsangebot des Haushaltes lässt sich aus der Freizeitnachfrage ermitteln:

$$(13a) \quad 1 - l_t = \frac{(1-\alpha) \cdot e_t}{w_{n,t}^{\sigma} \cdot \Phi} \quad \text{und damit}$$

$$(13b) \quad l_t = 1 - \frac{(1-\alpha) \cdot e_t}{w_{n,t}^{\sigma} \cdot \Phi} \quad \text{mit } \Phi = \alpha \cdot p_{x,t}^{1-\sigma} + (1-\alpha) \cdot w_{n,t}^{1-\sigma}$$

$$\text{und } e_t = w_{n,t} + \tau_w \cdot \text{FB} + z_t^1 + \frac{z_{t+1}^2}{1 + (1-\tau_r) \cdot r_{t+1}} = p_{x,t} \cdot x_t + w_{n,t} \cdot (1 - l_t)$$

¹⁵ Siehe zur Herleitung und zur Definition einzelner Größen Anhang A.

Die Ersparnis der jungen Generation ergibt sich wie folgt:

$$(14) s_t^1 = w_{n,t} \cdot l_t + \tau_w \cdot \text{FB} + z_t^1 - [p_{cl,t} \cdot c_t^1 + p_{dl,t} \cdot d_t^1].$$

In den Simulationen wird davon ausgegangen, dass die Gegenwartspräferenz und die Substitutionselastizität zwischen Jugend- und Alterskonsum für beide Konsumformen identisch sind ($\alpha_c = \alpha_d$ und $\sigma_c = \sigma_d$). Dieses impliziert für die Ersparnis

$$s_t^1 = \frac{e_{x,t}}{1 + \frac{\alpha_c}{1 - \alpha_c} \cdot [1 + (1 - \tau_r) \cdot r_{t+1}]^{1 - \sigma_c}} - \frac{z_{t+1}^2}{1 + (1 - \tau_r) \cdot r_{t+1}}.$$

Die Jugendersparnis der Haushalte entspricht gleichzeitig dem gesamtwirtschaftlichen Kapitalangebot. Diese Vermögensbildung der laufenden Periode soll annahmegemäß für den Aufbau des Kapitalstocks in der Folgeperiode verwendet werden. Das Kapitalmarktgleichgewicht wird daher durch die folgende Gleichung beschrieben :

$$S_t^1 = K_{t+1} \text{ bzw. in pro-Kopf-Größen } s_t^1 = (1 + n) \cdot k_{t+1} \cdot l_{t+1}$$

Unter Vernachlässigung des Barwertes der Rentenzahlung ergibt sich die Ersparnis als Anteil am Haushaltseinkommen, der - neben den Parametern der Nutzenfunktion - nur vom Nettozinssatz abhängt, wobei gilt:

$$\frac{\partial s_t^1}{\partial (1 - \tau_r) \cdot r_{t+1}} \underset{<}{=} 0 \quad \text{für } \sigma_c \underset{<}{=} 1.$$

Bei steigendem Nettozins sinkt der Preis des Alterskonsums. Dadurch ist einerseits eine geringere Ersparnis bei gegebenem Alterskonsum notwendig, andererseits wird bei normalen Gütern ein Substitutionseffekt zu Lasten des Jugendkonsums bewirkt, der eine höhere Ersparnis erfordert. Ist die Substitutionselastizität größer (kleiner) als eins, ist der Preiseffekt schwächer (stärker) als der Substitutionseffekt. Infolgedessen steigt (sinkt) die Ersparnis. Berücksichtigt man zudem die Rentenzahlung, wird der beschriebene Effekt dadurch verstärkt (abgeschwächt), dass ein steigender Zins zu einem geringeren Barwert der Rentenzahlung führt und c. p. eine höhere Jugendersparnis erfordert.

Veränderungen der Steuerpolitik haben mit Ausnahme der Zinsbesteuerung nur dann einen Einfluss auf die Ersparnis, wenn sie den Barwert des Haushaltseinkommens e_x verändern. Insbesondere wirkt sich eine Veränderung des relativen Preises zwischen clean und dirty goods nur dann auf die Ersparnis aus, wenn sich daraus auch eine Veränderung des Konsumpreisniveaus p_x ergibt, die zu einer Variation des Arbeitsangebotes und damit des Haushaltseinkommens führt.

Diese einfachen Zusammenhänge gelten nicht mehr, wenn sich die Präferenzen und die Substituiertsmöglichkeiten des Jugend- und Alterskonsums für saubere und schmutzige Güter unterscheiden ($\alpha_c \neq \alpha_d$ und / oder $\sigma_c \neq \sigma_d$). Dann haben auch Änderungen des Relativpreises von clean und dirty goods einen Einfluss auf die Ersparnis.

3.3 Der Staat

Im Staatssektor unterscheiden wir zwei Bereiche mit getrennten Budgets. Zum einen den originären Staatshaushalt und zum zweiten ein rudimentäres Sozialversicherungssystem zur Finanzierung einer umlagefinanzierten Rente. Im eigentlichen Staatshaushalt werden zum einen die staatlichen Konsumausgaben G_t und zum zweiten staatliche Transfers Z_t^1 an die Jugendgeneration finanziert. Beide Ausgabeformen werden in ihrer Höhe an die Entwicklung des Sozialprodukts gekoppelt. Zur Finanzierung dieser Ausgaben stehen dem Staat drei Einnahmequellen zur Verfügung. Eine proportionale Einkommensteuer mit dem konstanten Steuersatz τ_w für die Lohneinkommen¹⁶ und τ_r für die Zinseinkommen sowie eine allgemeine Konsumsteuer mit dem phaseninvarianten Steuersatz τ_c . Es wird davon ausgegangen, dass dem Staat keine Pauschalsteuern zur Verfügung stehen, so dass das Steuersystem (unter Vernachlässigung des vom Konsum ausgehenden externen Effektes) bestenfalls second-best-optimal sein kann. Darüber hinaus nehmen wir an, dass auch die allgemeine Konsumsteuer nur in eingeschränktem Maße zur Verfügung steht, weshalb zumindest ein Teil der allgemeinen Staatsausgaben über die Lohnsteuer finanziert werden muss. Das Steuersystem in der Ausgangslage ist damit in jedem Fall nicht second-best-optimal.

Der Staatshaushalt sei stets ausgeglichen:

$$(15a) \quad \tau_w \cdot w_t \cdot L_t - \tau_w \cdot FB \cdot N_t + \tau_c (C_t^1 + C_t^2 + D_t^1 + D_t^2) + \tau_r \cdot r_t \cdot S_t^1 = G_t + Z_t^1 \text{ bzw.}$$

$$(15b) \quad \tau_w \cdot (w_t \cdot l_t - FB) + \tau_c \cdot \left[c_t^1 + \frac{c_t^2}{1+n} + d_t^1 + \frac{d_t^2}{1+n} \right] + \tau_r \cdot r_t \cdot s_{t-1}^1 = g_t + z_t^1 .$$

Sowohl die Ausgabenquote in Relation zum Sozialprodukt als auch das Verhältnis der konsumtiven Staatsausgaben zu den Transferleistungen an die junge Generation sei jeweils konstant. Für die Staatsausgaben soll daher gelten:

$$(16a) \quad \frac{G_t}{Y_t} = \frac{g_t}{y_t \cdot l_t} = \zeta_g \quad \text{und} \quad (16b) \quad \frac{Z_t^1}{Y_t} = \frac{z_t^1}{y_t \cdot l_t} = \zeta_1 .$$

¹⁶ Die Lohnsteuer wird durch einen Freibetrag indirekt regressiv gestaltet.

Aus diesen Annahmen folgt auch eine konstante Steuerquote. Da die Ausgabenseite in Gleichung (15) durch Gleichung (16) determiniert ist und annahmegemäß der Konsumsteuersatz exogen auf 15% festgelegt wird, können Variationen in der Bemessungsgrundlage einer der beiden Steuern oder eine divergierende Entwicklung von Ausgabenniveau und Steuerbemessungsgrundlagen nur über eine endogene Anpassung des Lohnsteuersatzes ausgeglichen werden.

Die staatlichen Rentenzahlungen an die alte Generation werden in der Ausgangssituation in einem einfachen Umlageverfahren über die Beitragszahlungen der gleichzeitig lebenden jungen Generation finanziert. Der Beitragssatz der Alterssicherung ist τ_s . Die Bemessungsgrundlage ist das Lohn Einkommen. Dabei sorgt eine endogene Anpassung des Beitragssatzes dafür, dass der Etat der Sozialversicherung stets ausgeglichen ist:

$$(17) \tau_{s,t} w_t L_t = Z_t^2 .$$

Das Rentenniveau ist derart bemessen, dass ein konstanter Anteil des von den Jungen erwirtschafteten Sozialprodukts an die alte Generation transferiert wird:

$$(18) \frac{Z_t^2}{Y_t} = \frac{z_t^2 / (1+n)}{y_t \cdot l_t} = \zeta_2 .$$

Veränderungen der gesamtwirtschaftlichen Rentenzahlungen, die sich z. B. durch einen Anstieg des Sozialprodukts ergeben, müssen daher ebenso durch eine Anpassung des Beitragssatzes τ_s kompensiert werden wie eine Veränderung des Arbeitsangebots. Bei konstanter Rentenquote ist gesichert, dass sich das Rentenniveau pro Kopf z^2 immer proportional zum gesamtwirtschaftlichen Pro-Kopf-Einkommen $y_t l_t$ entwickelt. Da der Anteil am Sozialprodukt der beiden staatlichen Budgets jeweils konstant ist, ist auch die gesamte Ausgabenquote (und infolgedessen auch die Abgabenquote) stets konstant. Obwohl mit dieser Annahme sowohl das gesamte Ausgabenvolumen (in Relation zum Sozialprodukt) des Staates als auch die Aufteilung auf die beiden staatlichen Budgets exogen determiniert wird, verhilft die Trennung dieser Budgets¹⁷ zu wichtigen Erkenntnissen über die dynamische Entwicklung der Staatseinnahmen. Zwar kommen sowohl die Einnahmen aus der Ökosteuer als auch die Mindereinnahmen durch die Senkung des Rentenbeitragssatzes im Etat der Rentenversicherung zum Tragen. Durch die induzierten Verhaltensänderungen verändern sich jedoch auch die

¹⁷ In den meisten theoretischen Studien zu ökologischen Steuerreformen wird keine solche Trennung vorgenommen, sondern lediglich ein allumfassendes staatliches Budget betrachtet (siehe z.B. Lau (1996), Bovenberg/Heijdra (1998), Bovenberg/de Mooij (1994a,b), Gottfried/Wiegard (1995), Ruocco/Wiegard (1997)). Dahingegen weisen Weiland (1997) S. 233ff. und der Beirat beim Finanzministerium (BMF (1997) S. 110ff.) darauf hin, dass von einer ökologischen Steuerreform verschiedene Gebietskörperschaften und Parafisci betroffen sein können und insbesondere im dynamischen Kontext entsprechende Ausgleichsprobleme auftreten können.

Bemessungsgrundlagen auf der Einnahmenseite des allgemeinen Staatshaushaltes, so dass auch hier endogene Anpassungen zumindest eines Steuersatzes notwendig sind.

4 Elemente der Simulationsanalyse

4.1 Basissimulation

In der von uns berechneten Basissimulation werden die Rentenzahlungen an die alte Generation ausschließlich über einen lohnbezogenen Sozialversicherungsbeitrag der jungen Generation finanziert. Die sonstigen Staatsausgaben werden über die Einnahmen aus der allgemeinen Konsumsteuer und der Lohnsteuer finanziert. Für die Simulation des Basismodells werden die in Tabelle 1 angegebenen Parameterwerte zugrundegelegt.¹⁸

Tabelle 1: Basissimulation

Nutzenfunktion		Produktionsfunktion	
α_c	0,8	δ	2
σ_c	1,5	β	0,73
α_d	0,8	σ_{KL}	0,75
σ_d	1,5		
α_x	0,6	Staat	
σ_x	1,4	G/Y	0,2
α	0,72	Z ¹ /Y	0,1
σ	1,7	Z ² /Y	0,1
α_g	0,5	τ_c	0,15
σ_g	1,5	τ_r	0,1
a	-0,15	FB	0,3
b	0,05		

Das Ausgangs-Steady-State ist so kalibriert, dass die Konsumausgaben zu 60% auf den Konsum sauberer und zu 40% auf umweltverschmutzende Güter aufgeteilt werden. Es wird unterstellt, dass die Gegenwartspräferenz und die intertemporale Substitutionselastizität für beide Konsumformen identisch sind. Außerdem wird davon ausgegangen, dass die Substituierbarkeit innerhalb einer Gütergruppe (sauber bzw. schmutzig) einfacher ist als zwischen den beiden Gütergruppen. Aus diesen beiden Annahmen folgt $\alpha_c = \alpha_d$ und $\sigma_c = \sigma_d > \sigma_x$. Von Bedeutung für das quantitative Verhältnis der ersten und zweiten Dividende einer ökologischen Steuerreform ist die Wahl des Parameters a, der das Gewicht des Umweltschadens in der Nutzenfunktion bestimmt und für den

¹⁸ Zu einer detaillierteren Erörterung einzelner Parameterwerte und entsprechenden Sensitivitätsanalysen siehe Braun (1999), S. 126ff. und 166ff.

es nach unserer Kenntnis keine geeigneten empirischen Schätzungen gibt. Im Ausgangsgleichgewicht entspricht der Nutzenverlust durch die Konsumexternalität gut 3,5% des Gesamtnutzens aus privatem Konsum und Freizeit.¹⁹

Die Staatsquote beträgt 40%, wovon 3/4 auf den allgemeinen Staatshaushalt und 1/4 auf die Sozialversicherung entfällt, wobei zu beachten ist, dass die Sozialversicherung im Modell lediglich die Rentenversicherung enthält und alle sonstigen Transferleistungen des Staates im allgemeinen Staatsbudget enthalten sind. Der allgemeine Staatshaushalt wird wiederum zu 40% mittels der allgemeinen Konsumsteuer finanziert, auf die Lohnsteuer entfallen 51% und auf die Zinssteuer 9%. Der Anteil der indirekten Steuern an den gesamten Steuern und Abgaben des Staates beträgt damit rund 30%.

4.2 *Politiksimulation*

In der Politiksimulation werden die Wirkungen der ökologischen Steuerreform mit dem Ziel einer Senkung der Beitragssätze in der Sozialversicherung untersucht. Im einzelnen wird wie folgt vorgegangen: Es wird ohne Ankündigungseffekt eine spezielle Konsumsteuer auf den Konsum der schmutzigen Güter eingeführt.²⁰ Die Einnahmen aus dieser speziellen Konsumsteuer fließen ausschließlich dem Haushalt der Rentenversicherung zu, so dass im Gegenzug der Beitragssatz zur Rentenversicherung gesenkt werden kann. Gleichung (17) wird damit zu:

$$(17a) \tau_{s,t} w_t L_t + \tau_{cd} (D_t^1 + D_t^2) = Z_t^2 .$$

In den folgenden Perioden wird der spezielle Konsumsteuersatz konstant gehalten, und eine endogene Anpassung des Beitragssatzes sorgt für einen ausgeglichenen Rentenversicherungsetat. Da diese Politik Auswirkungen auf die Lohnsumme und den aggregierten Konsum hat, sind auch die Bemessungsgrundlagen der Lohnsteuer und der allgemeinen Konsumsteuer tangiert. In unserem Modell sorgt dabei eine endogene Anpassung des Lohnsteuersatzes dafür, dass auch für die Finanzierung der allgemeinen Staatsausgaben stets genug Steuereinnahmen zur Verfügung stehen, während der allgemeine Konsumsteuersatz annahmegemäß unverändert bleibt.

¹⁹ Wicke (1993), S.112-119, ermittelt auf Basis mehrerer Einzelstudien einen saldierten Umweltschaden für die (alten Länder der) Bundesrepublik im Jahr 1992, der mit 133 Mrd. DM ca. 5% des BIP dieses Jahres ausmacht. Angesichts der Tatsache, dass dabei - im Gegensatz zum vorliegenden Modell - auch Umweltschäden, die im Unternehmensbereich anfallen oder durch diesen verursacht werden, berücksichtigt werden und zudem durch eine ökologische Steuerreform in der Realität nicht alle Formen von Umweltexternalitäten im Haushaltsbereich berücksichtigt werden können, erscheint eine Größenordnung von 3,5 % als adäquat, wobei dieser Wert aus den vorangegangenen Erwägungen heraus eher als Obergrenze zu sehen ist.

²⁰ Da es keinen Ankündigungseffekt gibt, muss die in t=0 alte Generation ihren in der Jugendphase geplanten Alterskonsum an die veränderte Güterpreisrelation anpassen. Zum Optimierungsansatz für die Übergangsperiode siehe Braun (1999), Abschnitt 4.1.1.4.

Wir betrachten dabei keine strikt aufkommensneutrale Steuerreform in dem Sinne, dass die gesamten Steuern und Abgaben betragsmäßig konstant bleiben, weil uns dieses insbesondere in der langen Frist angesichts des langen Zeithorizontes unrealistisch erscheint. Vielmehr gehen wir davon aus, dass die Abgabenquote, die in unserem Modell mit der staatlichen Ausgabenquote übereinstimmt, in jeder Periode konstant ist und somit die prozentuale Veränderung der gesamten Staatseinnahmen bzw. -ausgaben stets mit der prozentualen Veränderung des Sozialprodukts übereinstimmt. Beim zugrundeliegenden Inzidenzkonzept handelt es sich also nicht um eine reine Differentialinzidenz, sondern um eine differentielle Steuerquoteninzidenz.²¹

4.3 Messung der Dividenden

Die Messung der Dividenden erfolgt in intertemporal disaggregierter Weise,²² d. h. es wird für jede einzelne Generation ermittelt, welche Veränderung ihrer Wohlfahrt sich aus der betrachteten Steuerreform ergibt und für jede einzelne Generation eine 1. und 2. Dividende ausgewiesen, so dass sowohl die intergenerative Distribution als auch die Zerlegung des Gesamteffektes in die weiter oben diskutierte 1. und 2. Dividende analysiert werden kann. Die 1. Dividende besteht in der Veränderung des Umweltschadens, der durch das (additive) Element der Nutzenfunktion ($u_d^- < 0$) ausgedrückt wird (Bruttoumweltdividende), während die zweite Dividende alle übrigen Effekte der Steuerreform umfasst.

Grundlage der Dividendenmessung ist die Nutzenfunktion gemäß Gleichung (8b):

$$W_t = W[x_t, 1 - l_t, g, d] = U(x_t, 1 - l_t) + u_g + u_d^- .$$

Die relative Veränderung des Gesamtnutzens gegenüber dem Ausgangsgleichgewicht vor der Steuerreform für einen in t geborenen Haushalt²³ ergibt sich als: $\Delta W_t = \frac{W_t - W_{SS}}{W_{SS}}$, wobei der Index „SS“ auf die entsprechenden Steady-State-Werte vor der Reform hinweist. Als Maß für die Wohlfahrtsänderung wird die Hicks'sche Äquivalente Variation (HEV) verwendet.

²¹ Siehe Kitterer (1990) S.292ff. Dahingegen verwenden sowohl Lau (1996) S. 30, als auch Bovenberg/Heijdra (1998) S. 9, offene Inzidenzkonzepte im Sinne von Kitterer (1990), indem bei Lau zumindest langfristig vorhandene Haushaltsdefizite infolge der Steuerreform durch zusätzliche lump-sum-Steuern finanziert werden müssen, während bei Bovenberg/Heijdra die Einnahmen aus der Umweltsteuer zu höheren Transferzahlungen an die Haushalte führen, so dass sowohl das Steueraufkommen als auch die Steuerquote variabel sind.

²² Zu Beispielen für aggregierte dynamische Wohlfahrtsmaße siehe Lau (1996), S. 40-43 und Schmidt (1999), S. 141-144. Dahingegen betrachten Bovenberg/Heijdra (1998), S. 13-21 analog zur hier verwendeten Vorgehensweise generationsbezogene Wohlfahrtsveränderungen, allerdings nur anhand ausgewählter Generationen.

²³ Aufgrund der Annahme identischer Haushalte und einer konstanten Bevölkerungsgröße gelten die folgenden Zusammenhänge sowohl für einen einzelnen Haushalt als auch für die entsprechende Generation.

Diese ist definiert als derjenige Pauschalbetrag, den man einem (repräsentativen) Haushalt zusätzlich zu seinem Einkommen in der Situation vor der Steuerreform zahlen müsste, damit er bei gleichen Preisen und Steuersätzen wie im Ausgangsgleichgewicht dieselbe Nutzenverbesserung erreichen kann wie durch die Steuerreform. Gottfried (1992, S. 211-212) zeigt, dass für eine genestete CES-Nutzenfunktion die Äquivalente Variation nach Hicks wie folgt berechnet werden kann:

$$(19) \text{ HEV} = \frac{U_1 - U_0}{U_0} \cdot Y_0^{\max},$$

wobei Y_0^{\max} das maximal erreichbare Haushaltseinkommen in der Ausgangssituation ist. Dieses entspricht im vorliegenden Modell dem Einkommen e_t gemäß Gleichung (7), das sich bei einer Freizeitnachfrage von Null ergibt. Für das hier betrachtete Modell ergibt sich die Äquivalente Variation von Hicks demnach als:

$$\begin{aligned} \text{HEV}_t &= \frac{W_t - W_{SS}}{W_{SS}} \cdot e_{SS} \\ &= \left(\frac{U_t - U_{SS}}{U_{SS}} \cdot e_{SS} \right) \cdot \frac{U_{SS}}{W_{SS}} + \left(\frac{u_{g,t} - u_{g,SS}}{u_{g,SS}} \cdot e_{SS} \right) \cdot \frac{u_{g,SS}}{W_{SS}} + \left(\frac{u_{d,t}^- - u_{d,SS}^-}{u_{d,SS}^-} \cdot e_{SS} \right) \cdot \frac{u_{d,SS}^-}{W_{SS}}, \end{aligned}$$

wobei die Aufteilung in der zweiten Zeile aufgrund der Annahme der additiven Separabilität zwischen den entsprechenden Elementen der Nutzenfunktion möglich ist.²⁴ Hiervon ausgehend lassen sich die einzelnen Dividenden der Steuerreform ermitteln. Dabei bezeichnet der letzte Term die 1. Dividende (Bruttoumweltdividende). Alle anderen Auswirkungen der Steuerreform werden von den ersten beiden Termen erfasst. Der zweite Term, der die Veränderung des Nutzens infolge einer Variation der konsumtiven Staatsausgaben beschreibt, ist bei unveränderten Staatsausgaben im Rahmen einer strikt aufkommensneutralen Steuerreform stets Null. In diesem Fall beschreibt der erste Term ausschließlich die Veränderung der Zusatzlasten des Steuersystems, weil sich die Steuerzahllast nicht verändert. Steigen (sinken) hingegen die Staatsausgaben infolge einer Ausweitung (Verringerung) des Sozialprodukts, so ist der zweite Term stets positiv (negativ), wobei dies nicht auf eine Veränderung der steuerlichen Zusatzlasten sondern auf die reine Veränderung des staatlichen Ausgabenniveaus zurückzuführen ist. Daher wird der zweite Term im folgenden separat als "Staatsdividende" ausgewiesen, um aufzuzeigen, dass die entsprechende Veränderung der Wohlfahrt nicht auf die Strukturveränderungen des Steuersystems, sondern auf veränderte Staatsausgaben zurückgeht.

²⁴ Die gleiche Vorgehensweise erfolgt auch bei Gottfried/Wiegard (1995), S. 504 und Ruocco/Wiegard (1997), S. 181/182. Allerdings ist die Umweltschadensfunktion sowohl in der genannten Literatur als auch hier keine genestete CES-Funktion, so dass der letzte Term der obigen Gleichung eher pragmatisch zu sehen ist.

Die 2. Dividende wird dann durch den ersten Term der obigen Gleichung ausgedrückt, der alle Wohlfahrtsveränderungen außer der Veränderung des Umweltschadens und der Variation der konsumtiven Staatsausgaben umfasst. Damit sind allerdings nicht alle Effekte aus der 2. Dividende eliminiert, die auf Veränderungen des staatlichen Ausgabenniveaus zurückzuführen sind. Denn aufgrund der Annahme einer stets gleichbleibenden Struktur der Staatsausgaben verändern sich bei einer Variation der konsumtiven Staatsausgaben auch stets die Transferzahlungen an die Haushalte.²⁵ Die gesamte Wohlfahrtswirkung einer Steuerreform lässt sich demgemäss wie folgt aufspalten:

$$\begin{aligned}
 (20) \quad HEV_t &= \left(\frac{U_t - U_{SS}}{U_{SS}} \cdot e_{SS} \right) \cdot \frac{U_{SS}}{W_{SS}} + \left(\frac{u_{g,t} - u_{g,SS}}{u_{g,SS}} \cdot e_{SS} \right) \cdot \frac{u_{g,SS}}{W_{SS}} + \left(\frac{u_{d,t}^- - u_{d,SS}^-}{u_{d,SS}^-} \cdot e_{SS} \right) \cdot \frac{u_{d,SS}^-}{W_{SS}} \\
 &= \quad \text{2. Dividende} \quad + \quad \text{Staatsdividende} \quad + \quad \text{1. Dividende} \quad , \\
 &= \quad \text{Div}_t^2 \quad + \quad \text{Div}_t^G \quad + \quad \text{Div}_t^1
 \end{aligned}$$

wobei man Div_t^2 auch als 2.Dividende im engeren Sinne und die Summe der beiden ersten Terme als 2. Dividende im herkömmlichen Sinne bezeichnen könnte. In den folgenden Ausführungen werden die beiden Bestandteile aber getrennt ausgewiesen, da das Vorzeichen der Staatsdividende (Div_t^G) gleichzeitig einen Hinweis auf die Veränderung des Staatsausgabenniveaus gibt.

Im nächsten Abschnitt werden die Ergebnisse einer Erhöhung des speziellen (Konsum-) Steuersatzes auf den umweltverschmutzenden Konsum von 0 auf 10% erörtert.

5 Simulationsergebnisse

5.1 Die Auswirkungen der Reform auf Produktion, Beschäftigung und Konsum

5.1.1 Kurz- bis mittelfristige Auswirkungen

Tabelle 1 im Anhang zeigt die Auswirkungen der Einführung einer speziellen Konsumsteuer auf den Konsum von dirty goods in der Reformperiode 0. Die Gesamtbelastung des schmutzigen Konsums mit Konsumsteuer beträgt damit 25%, da zu den 15% allgemeiner Konsumsteuer nunmehr die 10%ige spezielle Konsumsteuer hinzutritt.²⁶ Die Verteuerung des umweltverschmutzenden Konsums bewirkt einen Substitutionseffekt, der zu einer Verringerung dieses Konsums in Jugend und Alter führt. Obwohl spiegelbildlich der Konsum der clean goods steigt, nimmt der gesamtwirtschaftliche Konsum in der Reformperiode leicht ab (vgl. Abb. 1).

²⁵ Da die staatlichen Transferzahlungen Pauschalzahlungen sind, bestände die Möglichkeit, die 2. Dividende um die Veränderung des Barwertes der Transferzahlungen zu bereinigen. Dieser Barwert ist jedoch zusätzlich von der endogenen Zinssatzveränderung abhängig. Daher wird im folgenden auf diese Bereinigung verzichtet.

Die Ersparnis der Jugend steigt dagegen an. Dies ist vor allem auf die Entlastungseffekte der Steuerreform zurückzuführen. Der Rentenbeitragssatz sinkt kräftig (um 4 Prozentpunkte); die leichte Erhöhung des Lohnsteuersatzes ist demgegenüber vernachlässigbar. Der (nominale) Nettolohn steigt um gut 6 %. Zwar nimmt der reale Nettolohnsatz, der den für die Arbeitsangebotsentscheidung relevanten relativen Preis zwischen Freizeit und Konsum darstellt, in deutlich geringerem Umfang zu, da durch die Umweltsteuer auch das aggregierte Konsumpreisniveau p_x steigt. Die Haushalte dehnen aber ihr Arbeitsangebot aus, so dass trotz des (nur in der Reformperiode) leicht sinkenden Bruttolohnniveaus auch das Bruttolohneinkommen steigt (vgl. Abb. 2).

Durch den vermehrten Arbeitseinsatz in der Produktion sinkt die Kapitalintensität zunächst. Das Produktionsniveau steigt dennoch aufgrund der Ausweitung der eingesetzten Arbeitsmenge bei gleichbleibendem Kapitalstock (vgl. Abb. 3).

In der Initialperiode der Steuerreform wird das angestrebte Umweltziel in Form eines gut 5%igen Rückgangs des pro-Kopf-Konsums von dirty goods erreicht (vgl. Abb. 1). Dabei verteilt sich die Senkung des schmutzigen Konsums unterschiedlich auf die beiden Generationen. Sie ist bei der alten Generation besonders hoch. Dort wird nämlich der kräftige Substitutionseffekt wirksam, der durch die Erhöhung des relativen Preises für den Umweltverbrauch hervorgerufen wird. Ihm wirkt nur ein geringer Einkommenseffekt durch die mäßige Erhöhung der Alterseinkünfte entgegen. Beim Jugendkonsum steht jedoch der Preissteigerung die oben bereits beschriebene deutliche Erhöhung des Lohneinkommens gegenüber, die mit dem Gesamtkonsum auch den Umweltverbrauch anregt.

Von entscheidender Bedeutung für die weitere Entwicklung ist die deutliche Ausweitung der Ersparnis der jungen Generation in Periode 0, da diese für eine entsprechende Erhöhung des Kapitalstocks der Folgeperiode ($t=1$) sorgt. Die erheblichen Neuinvestitionen sorgen dafür, dass in Periode 1 die Grenzproduktivität des Kapitals und damit der Zinssatz deutlich sinkt und andererseits die Grenzproduktivität der Arbeit und somit auch der Bruttolohn steigt. Infolgedessen wird das Arbeitsangebot der privaten Haushalte erneut ausgeweitet.

²⁶ Hieraus wird deutlich, dass die spezielle Konsumsteuer rein steuertechnisch in Form eines erhöhten Umsatzsteuersatzes erhoben wird und daher nicht die Bemessungsgrundlage der allgemeinen Konsumsteuer erhöht.

Abb. 1

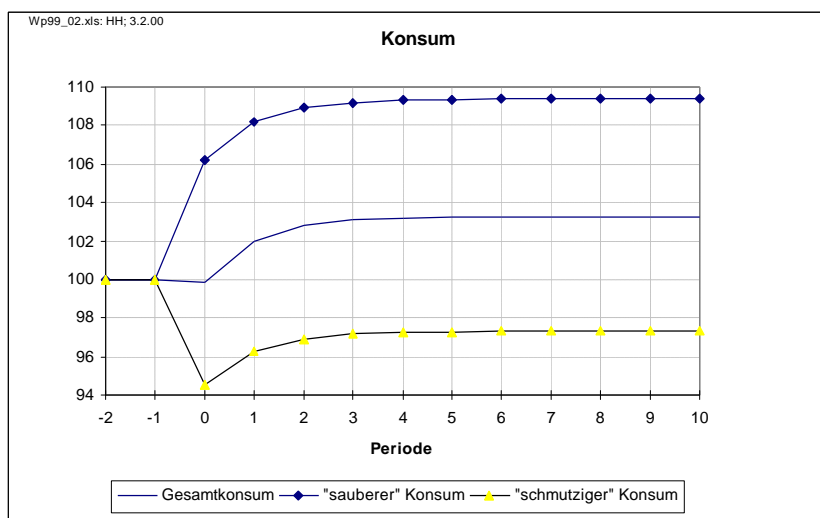


Abb. 2

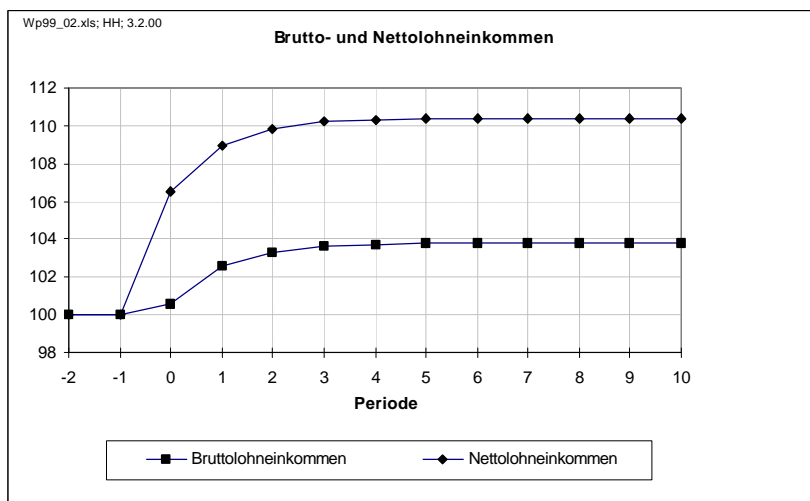
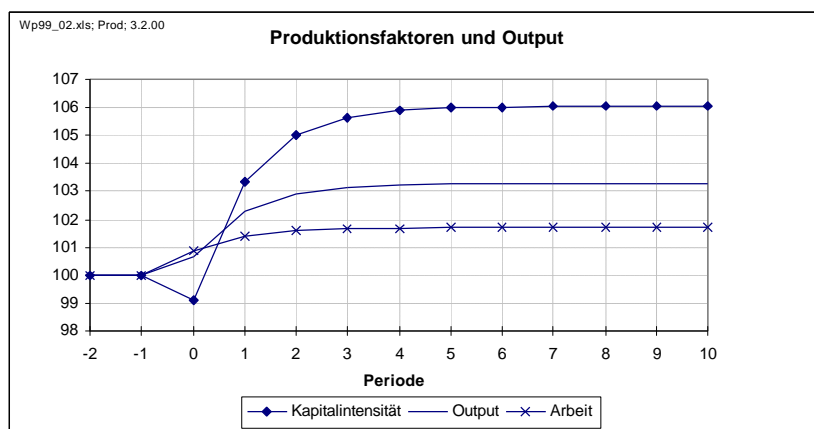


Abb. 3



Damit steigt das Haushaltseinkommen deutlich an, wobei dieser Anstieg aus insgesamt vier Ursachen resultiert: Der Erhöhung der Grenzproduktivität des Faktors Arbeit, den verminderten direkten Steuern bzw. Abgaben, der Ausweitung des Arbeitsangebotes und der Erhöhung der staatlichen Transfers in Jugend- und Altersphase aufgrund des erhöhten Sozialprodukts. Da sich die Ökosteuer nicht weiter erhöht, steigen von Periode 1 an sowohl der Konsum sauberer als auch schmutziger Güter infolge des höheren Haushaltseinkommens an, so dass der ursprünglich erreichte Lenkungseffekt sich mittel- und langfristig wieder abmindert.

5.1.2 Langfristige Auswirkungen

Im neuen langfristigen Gleichgewicht schließlich beträgt die Verminderung des schmutzigen Konsums nur noch weniger als 3% im Vergleich zu über 5% in Periode 0. Diese äußerst mäßige Lenkungswirkung einer Steuerreform, die immerhin über 6% des gesamten Steueraufkommens und beinahe 20% der indirekten Steuern aus Ökosteuern generiert, erklärt sich aus der expansiven gesamtwirtschaftlichen Wirkung. Der Kapitalstock steigt um fast 8%, da die Verlagerung eines erheblichen Teils der Steuerlast in die Altersperiode zu einer entsprechend starken Ausweitung der Jugendersparnis und damit auch der Investitionen führt. Der Arbeitseinsatz ist hingegen mit etwa 1,7% vergleichsweise moderat ausgeweitet worden, da zwar die steigenden (realen) Nettolöhne einen erhöhten Anreiz zum Arbeiten bieten, die höheren staatlichen Transferzahlungen diesem Effekt aber entgegenwirken, da sie auch ohne Ausweitung des Arbeitsangebotes einen höheren Konsum ermöglichen. Insgesamt resultiert aus dem höheren Faktoreinsatz in der langen Frist ein gut 3% höheres Sozialprodukt.

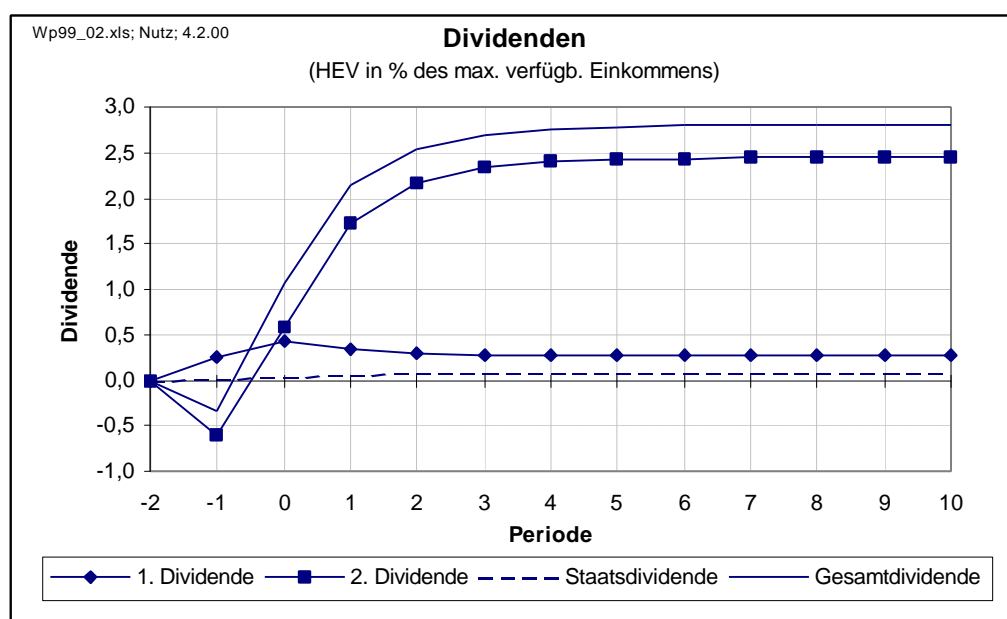
Ein weiterer wichtiger Punkt verdient Beachtung. Die Kapitalintensität ist um gut 6% gestiegen, obwohl die Durchschnittsbelastung der Lohneinkünfte um mehr als 10% reduziert wurde, während die Kapitalsteuerbelastung unverändert bleibt und damit die steuerliche Benachteiligung der Einkünfte aus dem Faktor Arbeit gegenüber den in geringerem Umfang besteuerten Kapitalerträgen deutlich vermindert wurde. D.h. von der steuerlichen Entlastung des Faktors Arbeit profitiert im Endeffekt der Produktionsfaktor Kapital deutlich stärker als der Faktor Arbeit. Der Grund hierfür ist, dass mit der Verschiebung eines Teiles der Abgabenlast von der Jugend- in die Altersphase dem ersparnismindernden Effekt der umlagefinanzierten Rentenversicherung entgegengewirkt wird, so dass die Ersparnis der jungen Generation langfristig um knapp 8% höher liegt als im Ausgangs-

gleichgewicht. Die wesentliche Triebfeder der Ausweitung der Produktionstätigkeit stellt also weniger das Arbeitsangebot als vielmehr das Kapitalangebot dar.²⁷

5.2 Wohlfahrtswirkungen

Wie Abbildung 4 zeigt, sind die Wohlfahrtswirkungen der betrachteten Steuerreform in Summe äußerst positiv. Im neuen langfristigen Gleichgewicht wird immerhin eine Gesamtdividende von 2,8% erreicht.²⁸ Von dieser Nutzenerhöhung gehen allerdings weniger als 10% auf die Verbesserung der Umweltsituation (1. Dividende) zurück. Die Hauptquelle des Nutzensuwachses liegt in der starken Ausweitung des privaten (wie auch des öffentlichen Konsums) begründet, der die leichten Nutzeneinbußen infolge eines höheren Arbeitsleids bei weitem überkompensiert. Festzuhalten bleibt damit zunächst, dass sowohl die erste wie auch die zweite Dividende in der langen Frist positiv sind, wobei die zweite Dividende deutlich höher ausfällt als die erste.

Abb. 4



In der kurzen Frist hingegen ergibt sich ein völlig gegensätzliches Ergebnis. Die in $t=-1$ geborene, d.h. in der Reformperiode lebende alte Generation verzeichnet unter dem Strich eine leichte Verschlechterung ihrer Nutzensituation um etwa 0,34%, weil sie lediglich von den höheren Ökosteuern betroffen ist, ohne in ihrer Jugend bereits durch niedrigere Rentenbeitragsätze entlastet wor

²⁷ Aus dieser Perspektive erfährt auch die Forderung des Sachverständigenrates, anstelle der Entlastung des Faktors Arbeit im Rahmen einer ökologischen Steuerreform investitionsstimulierende Steuerentlastungen einzubeziehen, eine Unterstützung. Vgl. SVR (1998), S. 453.

²⁸ Um dieses Ziel zu erreichen, mussten 3 Prozentpunkte der gesamtwirtschaftlichen Abgabenquote von den direkten zu den indirekten Steuern umgeschichtet werden.

den zu sein. Folgerichtigerweise ist die 2. Dividende für diese Generation negativ. Die leicht positive 1. Dividende, die die Verbesserung der Umweltsituation abbildet, fällt zu gering aus, um diese Generation für ihren geringeren Konsumnutzen zu entschädigen. Es ergibt sich also kein pareto-optimaler Übergang zum neuen Gleichgewicht. Selbstverständlich ist dieses Ergebnis stark abhängig von der Höhe des Parameters „a“ in Gleichung (8a), der das relative Gewicht der Umweltschäden in der Nutzenfunktion bestimmt. Bei einem höheren Wert für a ergäbe sich für die alte, in $t=-1$ geborene Generation insgesamt eine Verbesserung ihres Nutzens.²⁹ Der hier auftretende Gesamteffekt wird aber noch durch drei weitere Faktoren beeinflusst. Zum einen steigt der Zinssatz in der kurzen Frist leicht an, so dass ein unerwartet höheres Gesamtbudget im Alter zur Verfügung steht. Und zum anderen sorgt das gewählte Inzidenzkonzept dafür, dass infolge des in der Reformperiode etwas ansteigenden Sozialprodukts sich auch die konsumtiven Staatsausgaben im gleichen prozentualen Umfang erhöhen wie das Sozialprodukt. Das gleiche gilt für die Rentenzahlungen an die alte Generation. Diese drei Faktoren führen - neben den verringerten Umweltschäden - dazu, dass die Verminderung des Nutzens sich in Grenzen hält. Insbesondere die Anpassung des Staatshaushaltes bewirkt also, dass die zweite Dividende weniger negativ ausfällt (vgl. auch Abb. 4) als etwa bei einer Steuerreform mit unveränderten Staatsausgaben.³⁰

Für die in $t=0$ geborene Generation, die als erste Generation sowohl von den Steuererhöhungen wie den Beitragssenkungen betroffen ist, ergeben sich hingegen - ebenso wie für alle folgenden Generationen - schon zwei positive Dividenden. Dabei ist für die in der Reformperiode geborene Generation die 1. Dividende quantitativ fast genauso bedeutsam wie die 2. Dividende. Für die folgenden Generationen hingegen steigt die 2. Dividende infolge der Ausweitung der Kapitalbildung und des wachsenden Sozialprodukts deutlich an, während die 1. Dividende sowohl absolut wie auch relativ gesehen zurückgeht. D.h. der Umweltschutzeffekt tritt im Zeitablauf deutlich in den Hintergrund.

Eine ähnliche zeitliche Entwicklung der 2. Dividende ermitteln auch Bovenberg/Heijdra (1998) in einem Generationenmodell vom Blanchard-Typ. Die zum Reformzeitpunkt alten Generationen erfahren eine Verminderung ihrer (nicht umweltbezogenen) Wohlfahrt, während die gegenwärtig jungen sowie zukünftige Generationen gewinnen, sofern der Umweltsteuersatz im Ausgangsgleichgewicht nicht zu hoch ist. Allerdings geht die Umweltbelastung in diesem Modell vom Produktionsfaktor Kapital aus, so dass die Ökosteuer in Form einer Kapitalsteuer erhoben und mittels lump-

²⁹ Beim kritischen Wert für a, bei dem für die in $t=0$ alte Generation die 2. Dividende betragsmäßig gerade der 1. Dividende entspricht, entspräche der Umweltschaden im Ausgangsgleichgewicht über 9% des Gesamtnutzens. Angesichts der Schätzungen von Wicke (1993) zum Ausmaß des gesamten Umweltschadens in der Bundesrepublik dürfte ein solcher Wert in jedem Fall außerhalb des empirisch relevanten Bereiches liegen. (Vgl. Fußnote 19).

³⁰ Siehe hierzu auch Abschnitt 5.2.

sum-Transfers zurückerstattet wird und die Belastung der alten Generationen insbesondere auf die geringeren Nettoerträge ihres Vermögens zurückgeht.³¹ Daher sind die auftretenden Wirkungsmechanismen nur sehr bedingt mit denen des vorliegenden Modells zu vergleichen. Lau (1996) betrachtet hingegen Energiesteuern im Produktionsbereich bei unterschiedlicher Verwendung des Energiesteueraufkommens. Wird dieses Aufkommen wie im vorliegenden Modell zur Senkung einer proportionalen Steuer auf Lohneinkommen verwendet, so sinkt ebenfalls die (nicht umweltbezogene) Wohlfahrt der zum Reformzeitpunkt alten Generationen, während die jüngeren Generationen von der Reform profitieren. Im Gegensatz zum hier vorliegenden Modell geht aber auch die Wohlfahrt – unter Vernachlässigung der Umweltqualität – der meisten zukünftigen Generationen infolge eines sinkenden Kapitalstocks und dem damit einhergehenden Rückgang des inländischen Produktionsniveaus zurück. Der Rückgang des inländischen Kapitalstocks rührt u.a. daher, dass Lau (1996) eine kleine offene Volkswirtschaft betrachtet, in der die teilweise Überwälzung der Energiesteuerlast auf die Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital, von denen nur das Kapital international mobil ist, u.a. zu geringeren Investitionen im Inland und Kapitalflucht ins Ausland führt.³² Dahingegen führt in unserem Modell die stärkere Konsumorientierung des Steuersystems zu einer höheren Ersparnisbildung der jungen Generation, die in einer geschlossenen Volkswirtschaft auch einen höheren Kapitalstock nach sich zieht. Bei einer aggregierten Wohlfahrtsmessung über alle Generationen kann sich bei Lau (1996) eine geringe positive 2. Dividende ergeben, die jedoch stark sensitiv auf Änderungen verschiedener Parameter – z.B. der Installationskosten des Kapitals und der Höhe der Energiesteuern im Ausgangsgleichgewicht – sowie der genauen Form der Produktionsfunktion reagiert.

5.3 Staatshaushalt

Goulder (1995) unterscheidet zwei Auswirkungen bei der Einführung von Ökosteuern auf die bestehenden Steuerarten. Zum einen den „revenue-recycling“-Effekt, der darin besteht, dass die Einnahmen aus der Ökosteuer dazu verwendet werden können, die Steuersätze anderer (verzerrender) Steuern zu senken, und zum anderen den „tax-interaction“-Effekt, der die Rückwirkungen der Erhebung einer Ökosteuer auf die Steuerbemessungsgrundlage der bestehenden Steuern erfasst. Der revenue-recycling-Effekt ermöglicht zunächst die Senkung des Rentenversicherungsbeitragssatzes um fast ein Drittel, so dass die Rentenversicherungsbeiträge entsprechend stark sinken (vgl. Abb.

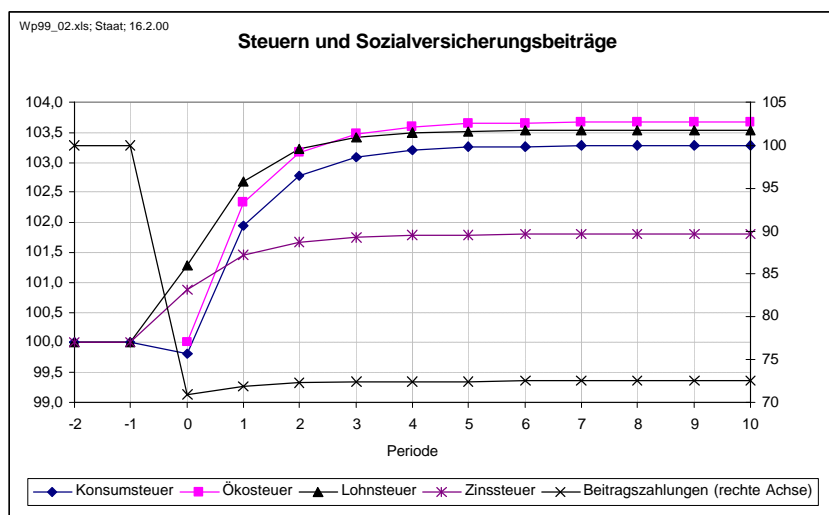
³¹ Siehe Bovenberg/Heijdra (1998), S. 14-16.

³² Siehe Lau (1996), S. 30-34, 43-45.

5). Zwar wird damit eine Verminderung der Excess Burden des bestehenden Abgabensystems erreicht. Dem stehen aber neue Zusatzlasten aus der Erhebung der Ökosteuer gegenüber.³³

Der tax-interaction-Effekt ist mittel- und langfristig positiv. Bei gegebenem Konsumsteuersatz und relativ konstantem Lohnsteuersatz steigt das Aufkommen beider Steuern wegen der gesamtwirtschaftlichen Expansion langfristig um mehr als 3,5%, während das Aufkommen aus der Zinssteuer etwas weniger stark ansteigt (vgl. Abb. 5).

Abb. 5



Kurzfristig ist nur bei der Konsumsteuer ein gegenläufiger Effekt festzustellen, weil, wie bereits beschrieben, der gesamtwirtschaftliche Konsum lediglich in der Reformperiode unter sein ursprüngliches Niveau absinkt.

Insgesamt führt die Steuerreform dazu, dass der Anteil der indirekten Steuern an den gesamten Staatseinnahmen von 30 auf 37% ansteigt. Wie zuvor beschrieben, liegt in dieser Umstrukturierung von direkten Abgaben zu indirekten Steuern einer der zentralen Wirkungsmechanismen der betrachteten Steuerreform, weil ein Teil der Abgabenlast von der Jugend- in die Altersphase verlagert wird. Die Haushalte werden dadurch zu einer Vorsorgeersparnis für zukünftige Steuerlasten angeregt. Die davon ausgehende Förderung der gesamtwirtschaftlichen Kapitalbildung liegt aber auch darin begründet, dass der Staat in der Reformperiode die kurzfristigen Einnahmeausfälle, die bei einer intertemporal aufkommensneutralen Verlagerung eines Teiles der Jugendsteuerlast in die Altersphase zwangsläufig entstehen, nicht durch Staatsverschuldung, sondern durch die Besteuerung der in der Reformperiode alten Generation deckt. Auch dadurch wird die gesamtwirtschaftli-

³³ Bei der Darstellung der Einnahmen aus der Ökosteuer in Abb. 5 ist zu beachten, dass diese erst ab Periode 0 erhoben wird. Im Gegensatz zu den anderen Steuereinnahmen sind daher nicht die Einnahmen im vorherigen Steady-State, sondern die Einnahmen in Periode 0 auf 100 normiert.

der in der Reformperiode alten Generation deckt. Auch dadurch wird die gesamtwirtschaftliche Kapitalbildung geschont.

6 Zur Lastenverteilung der Ökosteuerreform: Sind pareto-optimale Übergänge möglich?

Die ökologische Steuerreform bei ausgeglichenem Budget (und konstanter Steuerquote) beeinflusst die intergenerative Einkommensverteilung im Übergang. Die in der Reformperiode lebende alte Generation hat in ihrer Jugendphase noch nicht von der Senkung der Lohnabgaben profitiert, muss aber dennoch die neuen Belastungen aus der Ökosteuer mittragen. Schließlich wird sie auch noch zur Deckung kurzfristiger Einnahmelücken herangezogen. Die Senkung der Rentenversicherungsbeiträge der jungen Generation kann nämlich nicht durch ihre Beiträge zur Ökosteuer kompensiert werden, weil deren Bemessungsgrundlage, der Umweltverbrauch der Jungen, erheblich geringer ist als ihr Lohneinkommen, von dem die Rentenversicherungsbeiträge erhoben werden.³⁴ Für die aufgeführten Belastungen erhält die alte Generation im Übergang weder kompensatorische Transferzahlungen noch irgendwelche Steuerentlastungen, und auch der schwache Anstieg der Rentenzahlungen (um rund 0,7 Prozent) kann keinen entsprechenden Ausgleich schaffen. Sie bezahlt daher einen Teil der Nutzengewinne zukünftiger Generationen mit der Verschlechterung ihrer Wohlfahrtsposition. Ein nicht unerheblicher Teil der langfristigen Wohlfahrtsgewinne ist also nicht einer höheren Effizienz des Steuersystems, sondern einer intergenerativen Umverteilung zuzuschreiben.

Um die Belastung der alten Generation in der Reformperiode gegenüber den nachfolgenden Generationen deutlich zu machen, soll ein Maß verwendet werden, das nutzenunabhängig ist und den gesamten Lebenszyklus einer Generation erfasst. Als ein solches Maß haben Auerbach/Kotlikoff das „generational account“ eingeführt. Diese Generationenbilanz misst den Barwert aller Nettobelastungen aus Steuern, die eine Kohorte an den Staat abführen muss, abzüglich der Transferzahlungen, die sie im Laufe ihres Lebenszyklus vom Staat erhält.³⁵ Bezeichnet man die Steuerzahlungen einer in Periode t geborenen Generation über die beiden Phasen ihres Lebenszyklus mit θ_t^1 und θ_{t+1}^2 und die staatlichen Transferzahlungen mit z_t^1 und z_{t+1}^2 , so hat die Generationenbilanz formal die folgende Form:

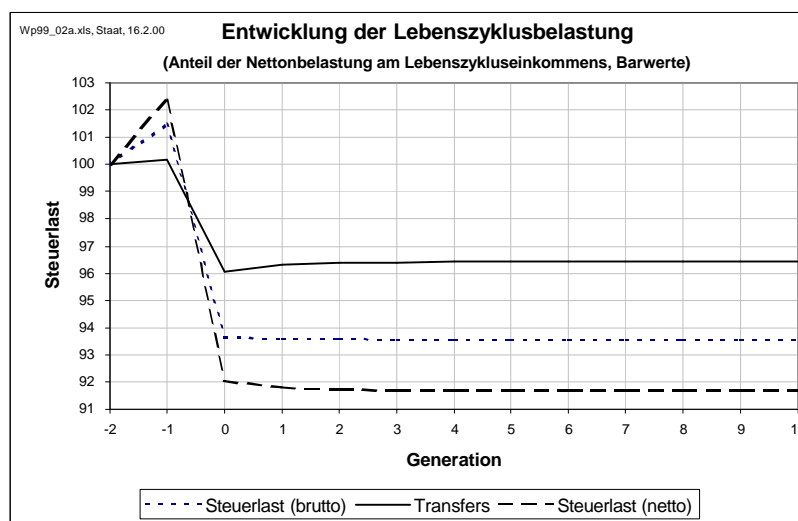
³⁴ Ein Teil der Steuerauffälle wird allerdings auch durch höhere Lohnsteuern der jungen Generation ausgeglichen.

³⁵ Vgl. dazu Auerbach/Kotlikoff (1995), S. 234.

$$m_t = m_t^1 + \frac{m_{t+1}^2}{1+r_{t+1}} = \theta_t^1 + \frac{\theta_{t+1}^2}{1+r_{t+1}} - \left[z_t^1 + \frac{z_{t+1}^2}{1+r_{t+1}} \right].$$

Da absolute Belastungszahlen im Vergleich wenig aussagekräftig sind, soll die Generationenbilanz auf das jeweilige (maximale) Lebensinkommen bezogen werden, so dass man eine relative Lebenszyklus(netto-)last erhält.³⁶ Abb. 6 zeigt die Entwicklung der so definierten Lebenszyklusbelastung (relative Generationenbilanz) im Zeitverlauf. Nur die in Periode $t = -1$ geborene und daher in der Reformperiode $t = 0$ alte Generation hat einen Anstieg der Nettobelastung um mehr als 2 % zu verzeichnen. Die in der Reformperiode ebenfalls lebende junge Generation hat bereits eine positive relative Generationenbilanz zu verzeichnen, weil - in absoluten Größen - die Transferzahlungen ansteigen und die Steuerbelastung abnimmt. Bei gleichzeitig steigendem Lebenszykluseinkommen sinkt dadurch die Nettobelastung sehr stark ab. Für die nachfolgenden Generationen ändert sich die Situation kaum, weil zwar die Transferzahlungen und die Steuerlasten absolut wieder ansteigen, jedoch auch das Einkommen entsprechend wächst.

Abb. 6³⁷



Die Wohlfahrtsgewinne zukünftiger Generationen aus der ökologischen Steuerreform beruhen also auf drei Komponenten: Die Einführung der Ökosteuer vermindert den Umweltverbrauch und damit die Umweltschäden. Die gleichzeitige Senkung der Beitragssätze vermindert die Zusatzlasten lohnbezogener Abgaben über die neu entstandenen Zusatzlasten der Ökosteuer hinaus und führt zu ei-

³⁶ Zu dem Konzept der Lebenszyklusbelastung vgl. Fullerton/Rogers (1993), S. 64-66 und 184-192.

³⁷ Bei der Interpretation von Abbildung 6 ist zu beachten, dass es sich bei den Zeitreihen um die Änderungsraten der einzelnen Größen handelt, so dass sich aufgrund unterschiedlicher Basiswerte aus der Differenz der Änderungsraten der Bruttosteuerlast und der Transfers nicht die Änderungsrate der Nettosteuerlast ergibt.

ner positiven 2. Dividende. Schließlich gewinnen zukünftige Generationen auch dadurch, dass der in der Reformperiode lebenden alten Generation bestimmte Lasten aufgebürdet werden.³⁸

Dieses Ergebnis legt die Frage nahe, ob es nicht möglich ist, die ökologische Steuerreform pareto-optimal, d.h. ohne Benachteiligung lebender Generationen, zu gestalten. Bovenberg/Heijdra (1998, Abschnitt 3 und 4) haben bereits gezeigt, dass dies schwierig ist und haben daher vorgeschlagen, dass der Staat Schulden aufnehmen solle. Auf diese Weise könnten die Wohlfahrtsgewinne aus der Ökosteuerreform gleichmäßig auf alle Generationen verteilt werden. Anders gewendet: Durch Verschiebung von Lasten in die Zukunft könnten zukünftige Wohlfahrtsgewinne bereits den derzeit lebenden Generationen verfügbar gemacht werden. Vom Einsatz der Staatsverschuldung soll hier jedoch abgesehen werden, weil die Verwendung dieses finanzpolitischen Instrumentes in Zeiten, in denen die Haushaltspolitik der meisten Länder auf einen Abbau der Staatsverschuldung gerichtet ist, nicht adäquat erscheint.³⁹

Die deutlichen Wohlfahrtsgewinne folgender Generationen lassen vermuten, dass es möglich ist, auch ohne staatliche Schuldenaufnahme zukünftige Wohlfahrtsgewinne über einen geeigneten Kompensationsmechanismus auf die in der Reformperiode alte Generation umzuverteilen. Diese Möglichkeit hängt jedoch stark von der Wahl des Kompensationsmechanismus und dessen Finanzierung ab. Zur Kompensation der alten Generation in der Periode 0 gibt es im Rahmen des Modells drei Möglichkeiten:⁴⁰ Die Senkung indirekter Steuern, die Verminderung der Zinsbesteuerung oder höhere Rentenzahlungen. Da die ausschließliche Senkung indirekter Steuern für die alte Generation auf eine kohortenspezifische Konsumbesteuerung hinausläuft, die in der Realität nicht praktikierbar ist,⁴¹ betrachten wir nur die beiden verbleibenden Möglichkeiten, die sich bei näherer Betrachtung allerdings kaum unterscheiden. Denn eine Zinssteuersenkung in der Altersperiode hat

³⁸ Diese intergenerative Umverteilung der Abgabenlast von Lohnbeziehern zu Transferempfängern wird in der Realität u. U. von einer intragenerativen Lastumschichtung zuungunsten von Sozialhilfebeziehern, Beamten, Selbständigen oder anderen Gruppen, die zumindest nicht direkt an der Senkung der Sozialversicherungsbeiträge teilhaben, begleitet.

³⁹ Aus rein theoretischer Sicht bedeutet dies keine starke Einschränkung. Es ist bekannt, dass die Staatsverschuldung als ein pauschales (d.h. nicht mit Zusatzlasten behaftetes) Umverteilungsinstrument zwischen den Generationen interpretiert werden kann, das auch durch einen Steuer-Transfer-Mechanismus bei ausgeglichenem Budget ersetzt werden kann. Vgl. Pestieau (1975), Kotlikoff (1988, 1993).

⁴⁰ Unter Kompensation einer Generation wird im folgenden der Fall verstanden, in dem die Kompensation gerade so hoch ist, dass der Lebensnutzen aus Konsum und Freizeit gegenüber dem vorherigen Steady-State unverändert bleibt, so dass ihre 2. Dividende nicht negativ wird. Um das zuvor beschriebene Problem der Gewichtung des Umweltschadens in der Nutzenfunktion zu vermeiden, wird die erste Dividende bei der Kompensation nicht berücksichtigt.

⁴¹ Vgl. hierzu auch Ono (1996), der verschiedene optimale Steuersysteme für ein OLG-Modell mit Umweltexternalitäten untersucht und dabei auf kohortenspezifische Konsumsteuern zurückgreift. Er zeigt allerdings auch, dass ein System kohortenspezifischer Konsumsteuern u. U. durch die Kombination einer allgemeinen Konsumsteuer und einer Zinssteuer ersetzt werden kann.

Gibt man hingegen gemäß Variante 2 die Annahme einer konstanten Staatsquote auf und finanziert die zusätzlichen Rentenzahlungen an die alte Generation durch eine Erhöhung des Rentenbeitragsatzes, die der Senkung desselben infolge der Ökosteuerreform also entgegenwirkt, so lässt sich der eben beschriebene pareto-optimale Übergang nicht realisieren. Der durch die Finanzierung der zusätzlichen Transfers entstehende Wohlfahrtsverlust der in $t=0$ geborenen Generation (bzw. folgender Generationen) lässt sich durch beitragsfinanzierte Erhöhungen der Rente nicht kompensieren, ohne dass zumindest die erste nachfolgende Generation einen Wohlfahrtsverlust realisiert, wie die Spalten 4-6 von Tabelle 2 zeigen. Der Wohlfahrtsverlust der ersten Generation, die keine zusätzliche Kompensation erhält, steigt umso stärker an, je mehr vorangegangene Generationen eine Kompensation erhalten haben. Dementsprechend ist auch der notwendige Kompensationsbetrag (und damit auch die Staatsquote) umso höher, je weiter der Geburtszeitpunkt der betrachteten Generation von der Reformperiode entfernt ist. Das bedeutet, dass sich in unserem Szenario nur mit Hilfe des Steuersystems, d.h. ohne die Finanzierung der Kompensationsleistung durch Staatsverschuldung oder geringere Transferzahlungen an die junge Generation, kein pareto-optimaler Übergang bewerkstelligen lässt, sofern die 1. Dividende der in $t=0$ alten Generation nicht hoch genug ist, um die negative 2. Dividende auszugleichen.

7 Zusammenfassende Bewertung

In dieser Arbeit wurde eine ökologische Steuerreform untersucht, bei der das Steueraufkommen aus der Einführung von indirekten Steuern auf den Umweltverbrauch für die Senkung von Beiträgen zur Sozialversicherung verwendet wird. Das Steuersystem in der Ausgangslage ist nicht second-best-optimal, weil die Lohnsteuer bei Vorhandensein anderer (pauschaler) Einkommensquellen nicht mehr äquivalent zu einer allgemeinen Konsumsteuer und damit nicht mehr second-best-optimal ist. Zwar ist auch eine spezielle Konsumsteuer wie die hier eingeführte Ökosteuer nicht second-best-optimal; aufgrund der Tatsache, dass ihr Steuersatz über beide Lebensphasen konstant ist, verlagert sie aber im Gegensatz zur Lohnsteuer, die in unserem Modell nur in der Jugendphase anfällt, einen Teil der Steuerzahllast in die Zukunft und regt damit die private Ersparnisbildung an, was zu den beschriebenen expansiven Effekten führt.

Auch wenn sich die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der präsentierten Reform auf den ersten Blick positiv darstellen, ist sie doch auf den zweiten Blick nur bedingt empfehlenswert. Ihre umweltpolitische Lenkungswirkung ist nur gering, was allerdings impliziert, dass die Umweltsteuer

nicht durch Erosion ihrer eigenen Bemessungsgrundlage zu einem sehr unzuverlässigen Instrument der Einnahmenerzielung wird, sondern eine dauerhafte Senkung anderer Abgaben ermöglicht.

Neben dem erwünschten aber schwachen Lenkungseffekt wird noch ein weiterer Substitutionsprozess in Gang gesetzt. Innerhalb des Produktionssektors verlagert sich das Faktoreinsatzverhältnis stark zugunsten des Faktors Kapital. Die steuerliche Entlastung des Faktors Arbeit wirkt sich daher nur sehr mäßig auf die Beschäftigung aus. Die positiven Wachstums- und Arbeitsmarktwirkungen beruhen im wesentlichen auf der ersparnisfördernden Umschichtung von direkten zu indirekten Steuern. Diesen Effekt könnte man aber mit geringeren steuerlichen Zusatzlasten erreichen, wenn man den allgemeinen Konsumsteuersatz erhöhen würde, anstatt eine spezielle Konsumsteuer einzuführen.

Die kurz- und langfristigen Wirkungen der ökologischen Steuerreform verlaufen nicht in der gleichen Richtung. Zwar steigen Output und Beschäftigung schon in der Reformperiode geringfügig an. Die gesamte Wohlfahrtswirkung ist jedoch am Anfang negativ. Dies liegt im wesentlichen daran, dass die Steuerreform die alte Generation im Übergang benachteiligt, weil sie nicht mehr von den Beiträgen zur Sozialversicherung entlastet werden kann, aber dennoch die zusätzlichen Lasten der Steuer auf den Umweltverbrauch tragen muss.

Der Versuch, die Steuerreform mit flankierenden Maßnahmen so zu gestalten, dass sie pareto-optimal ist, d.h. keine Generation im Übergang benachteiligt, ist schwierig, wenn die Politik auf den Einsatz der Staatsverschuldung verzichtet. Spezifische Steuersenkungen für die Ruhestandsgeneration sind kaum möglich. Höhere Rentenzahlungen an die alte Generation, die durch höhere Beiträge finanziert werden, steigern die Staatsquote und führen zu dauerhaften Wohlfahrtsverlusten. Eine „Gegenfinanzierung“ höherer Renten durch sinkende Transferzahlungen an die junge Generation kann zwar zu einem pareto-optimalen Übergang führen, ist aber möglicherweise mit dem Nachteil verbunden, dass mehrere Generationen auf Wohlfahrtsgewinne verzichten müssen.

Anhang A: Maximierung der genesteten Nutzenfunktion

In diesem Anhang wird die Maximierung der Nutzenfunktion U aus dem Gleichungssystem (8c-8f) beschrieben. Das Maximierungsproblem lautet:

$$\text{Max. (8c) } U_t = U(u_x, 1 - l_t) = [\alpha^{1/\sigma} \cdot u_{x,t}^\mu + (1 - \alpha)^{1/\sigma} \cdot (1 - l_t)^\mu]^{1/\mu} \quad (1. \text{ Stufe})$$

$$\text{mit (8d) } u_{x,t}(u_{c,t}, u_{d,t}) = [\alpha_x^{1/\sigma_x} \cdot u_{c,t}^{\mu_x} + (1 - \alpha_x)^{1/\sigma_x} \cdot u_{d,t}^{\mu_x}]^{1/\mu_x} \quad (2. \text{ Stufe})$$

$$\begin{aligned} \text{und (8e) } u_{c,t}(c_t^1, c_{t+1}^2) &= [\alpha_c^{1/\sigma_c} \cdot (c_t^1)^{\mu_c} + (1 - \alpha_c)^{1/\sigma_c} \cdot (c_{t+1}^2)^{\mu_c}]^{1/\mu_c} \\ \text{und (8f) } u_{d,t}(d_t^1, d_{t+1}^2) &= [\alpha_d^{1/\sigma_d} \cdot (d_t^1)^{\mu_d} + (1 - \alpha_d)^{1/\sigma_d} \cdot (d_{t+1}^2)^{\mu_d}]^{1/\mu_d} \end{aligned} \quad (3. \text{ Stufe})$$

unter der Nebenbedingung

$$(7) e_t = w_{n,t}(1 - l_t) + p_{c1,t}c_t^1 + p_{c2,t}c_{t+1}^2 + p_{d1,t}d_t^1 + p_{d2,t}d_{t+1}^2.$$

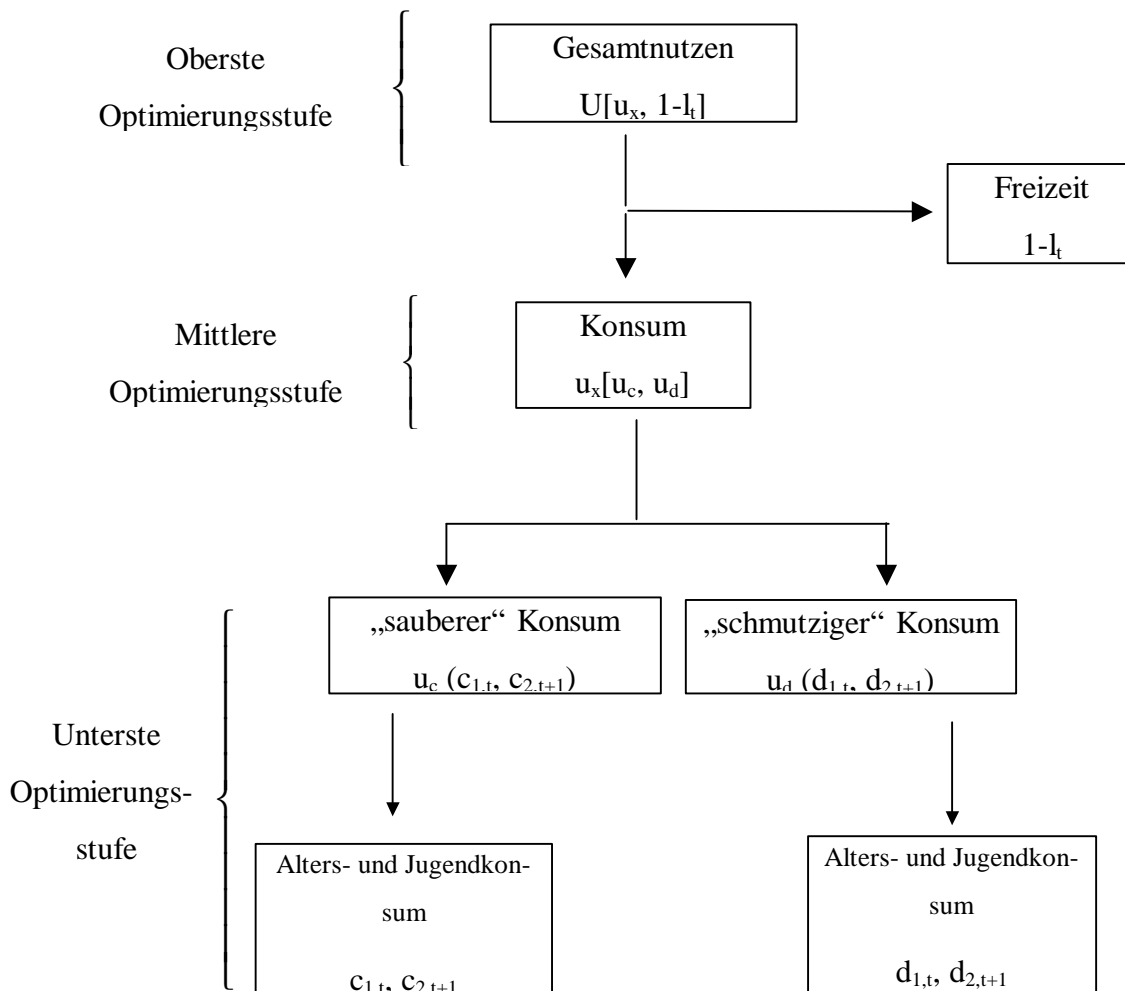
Wie die obigen Gleichungen erkennen lassen, sind sowohl die Preise in (7) als auch die (Teil-) Nutzenfunktionen in (8c-f) zeitabhängig. Zugunsten einer übersichtlichen Schreibweise wird im folgenden bei Preisen und Preisindizes sowie den (Teil-) Nutzenfunktionen der Zeitindex t vernachlässigt.

Die Optimierung folgt dabei der Vorgehensweise von Blackorby et al. (1970). Bei der Nutzenfunktion handelt es sich um eine dreistufige genestete CES-Funktion (vgl. Übersicht A-1), die auf allen Stufen linear homogen in den jeweiligen Argumenten ist. Jeder Stufe der Nutzenfunktion wird eine Budgetrestriktion zugeordnet, die die jeweiligen Ausgaben auf dieser Stufe beinhaltet, und die als Teilbudget des Gesamtbudgets e_t in Gleichung 7 verstanden werden kann. Dieses Budget lässt sich folgendermaßen zerlegen:

$$\begin{aligned} e_t &= w_{n,t}(1 - l_t) + p_{c1}c_t^1 + p_{c2}c_{t+1}^2 + p_{d1}d_t^1 + p_{d2}d_{t+1}^2 \\ (a.1) &= w_{n,t}(1 - l_t) + p_{c1}c_t^1 + p_{c2}c_{t+1}^2 + p_{d1}d_t^1 + p_{d2}d_{t+1}^2 \\ &= w_{n,t}(1 - l_t) + p_x x_t \end{aligned}$$

Der Optimierungsprozess beginnt auf der untersten (3.) Stufe. Deren Ergebnisse werden in der mittleren (2.) Optimierungsstufe verwertet, deren Ergebnisse wiederum auf der obersten (1.) Optimierungsstufe berücksichtigt werden.

Übersicht A-1: Genestete Nutzenfunktion



Unterste Optimierungsstufe: Intertemporale Konsumnachfragefunktionen

Auf der untersten Stufe des Optimierungsprozesses seien für den repräsentativen Haushalt die intertemporalen Nutzenfunktionen für den „sauberen“ und den „schmutzigen“ Konsum in Form der folgenden CES-Funktionen vorgegeben:

$$(8e) \quad u_c(c_t^1, c_{t+1}^2) = \left[\alpha_c^{1/\sigma_c} (c_t^1)^{\mu_c} + (1 - \alpha_c)^{1/\sigma_c} (c_{t+1}^2)^{\mu_c} \right]^{\frac{1}{\mu_c}}$$

$$(8f) \quad u_d(d_t^1, d_{t+1}^2) = \left[\alpha_d^{1/\sigma_d} (d_t^1)^{\mu_d} + (1 - \alpha_d)^{1/\sigma_d} (d_{t+1}^2)^{\mu_d} \right]^{\frac{1}{\mu_d}}.$$

σ_c und σ_d sind die jeweiligen Substitutionselastizitäten zwischen laufendem und zukünftigem Konsum. μ_c und μ_d wurden nur zur Vereinfachung der Schreibweise gewählt. Es gilt die Beziehung:

$$\mu_c = 1 - \frac{1}{\sigma_c}; \quad \mu_d = 1 - \frac{1}{\sigma_d}.$$

Es wird davon ausgegangen, dass dem Haushalt für diesen Optimierungsvorgang zwei getrennte Budgets für den „sauberen“ und für den schmutzigen Konsum, e_c und e_d zur Verfügung stehen, die erst auf der nächsten Optimierungsstufe zusammengeführt werden. Der Haushalt verfügt über das folgende Budget für den sauberen Konsum:

$$(a.2) \quad e_{c,t} = p_c \cdot c_t = p_{c1} \cdot c_t^1 + p_{c2} \cdot c_{t+1}^2$$

p_c ist der Preisindex für den „sauberen“ Gesamtkonsum c . Er wird erst auf der nächsten Optimierungsstufe bestimmt. Für die Einzelpreise des laufenden und zukünftigen Konsums gelten die folgenden Definitionen:

$$p_{c1} = 1 + \tau_c \quad ; \quad p_{c2} = \frac{1 + \tau_c}{1 + (1 - \tau_r) \cdot r_{t+1}}$$

Für den „schmutzigen“ Konsum steht das folgende Budget zur Verfügung:

$$(a.3) \quad e_{d,t} = p_d \cdot d_t = p_{d1} \cdot d_t^1 + p_{d2} \cdot d_{t+1}^2$$

Wegen der Ökosteuer sind die Preise für den laufenden und zukünftigen Konsum in diesem Fall etwas anders definiert:

$$p_{d1} = 1 + \tau_c + \tau_d \quad ; \quad p_{d2} = \frac{1 + \tau_c + \tau_d}{1 + (1 - \tau_r) \cdot r_{t+1}}$$

Für den „sauberen“ und den „schmutzigen“ Konsum wird die Optimierung getrennt und unter der Beachtung der dargestellten Teilfunktionen durchgeführt. Da das Optimierungsproblem für beide Konsumarten die gleiche formale Struktur hat, soll hier nur das Verfahren für den „sauberen“ Konsum ausführlicher behandelt werden. Der Lagrange-Ansatz lautet demnach:

$$(a.4) \quad \text{Max. } L = u_c(c_t^1, c_{t+1}^2) - \lambda_{c,t} [e_{c,t} - p_{c1,t}c_t^1 - p_{c2,t}c_{t+1}^2]$$

Die notwendigen Bedingungen für das Optimum ergeben sich aus den ersten Ableitungen der Lagrange-Funktion nach c_t^1 und c_{t+1}^2 :

$$u_{c1} = -\lambda_{c,t} p_{c1}; \quad u_{c2} = -\lambda_{c,t} p_{c2},$$

wobei u_{c1} und u_{c2} die partiellen Ableitungen der Nutzenfunktion u_c nach c_1 und c_2 darstellen. Durch Division erhält man:

$$-\frac{dc_t^1}{dc_{t+1}^2} = \frac{u_{c2}}{u_{c1}} = \frac{p_{c2}}{p_{c1}}.$$

Unter Berücksichtigung der Grenznutzen der CES-Funktion folgt aus der Optimalbedingung:

$$(a.5) \quad p_{c1}c_t^1 = \frac{\alpha_c}{1-\alpha_c} \left[\frac{p_{c2}}{p_{c1}} \right]^{\sigma_c-1} p_{c2}c_{t+1}^2.$$

Einsetzen dieses Zusammenhangs in die Budgetrestriktion (a.2) ergibt:

$$(a.6) \quad e_{c,t} = \left[\alpha_c p_{c1}^{1-\sigma_c} + (1-\alpha_c) p_{c2}^{1-\sigma_c} \right] \frac{p_{c2}^{\sigma_c} c_{t+1}^2}{1-\alpha_c}.$$

Der Klammerausdruck ist ein Preisindex für den Gesamtkonsum c , der folgendermaßen abgekürzt wird:

$$\Phi_c = \alpha_c p_{c1}^{1-\sigma_c} + (1-\alpha_c) p_{c2}^{1-\sigma_c}.$$

Man erhält daher die folgende Nachfragefunktion für den „sauberen“ Zukunftskonsum:

$$(a.7) = (10) \quad c_{t+1}^2 = \frac{(1-\alpha_c)e_{c,t}}{p_{c2}^{\sigma_c} \Phi_c} \quad \text{bzw.} \quad p_{c2}c_{t+1}^2 = \frac{(1-\alpha_c)e_{c,t}}{p_{c2}^{\sigma_c-1} \Phi_c}.$$

(a.7) in (a.5) eingesetzt ergibt wiederum

$$(a.8) = (9) \quad c_t^1 = \frac{\alpha_c e_{c,t}}{p_{c1}^{\sigma_c} \Phi_c} \quad \text{bzw.} \quad p_{c1}c_t^1 = \frac{\alpha_c e_{c,t}}{p_{c1}^{\sigma_c-1} \Phi_c}.$$

Setzt man die Nachfragefunktionen für den laufenden und den Zukunftskonsum in die direkte Nutzenfunktion u_c ein, erhält man die indirekte Nutzenfunktion v_c , die nicht von den Gütermengen, sondern von den jeweiligen Preisen und dem Einkommen abhängig ist:

$$v_c = \left[\alpha_c p_{c1}^{1-\sigma_c} + (1-\alpha_c) p_{c2}^{1-\sigma_c} \right]^{\frac{1}{\mu_c}} \cdot \frac{e_{c,t}}{\Phi_c}.$$

Berücksichtigt man, dass der Klammerausdruck gleich Φ_c ist, so folgt:

$$(a.9) \quad v_c = \Phi_c^{\frac{1}{\sigma_c - 1}} \cdot e_{c,t}$$

Das Verfahren zur Ermittlung der Nachfragefunktionen und der indirekten Nutzenfunktion für den „schmutzigen“ Konsum verläuft völlig analog. Insgesamt erhält man als Ergebnis der 1. Stufe der Optimierung also:

$$\begin{aligned} c_t^1 &= \frac{\alpha_c e_{c,t}}{p_{c1}^{\sigma_c} \Phi_c} & ; \quad c_{t+1}^2 &= \frac{(1 - \alpha_c) e_{c,t}}{p_{c2}^{\sigma_c} \Phi_c} & ; \quad v_c &= \Phi_c^{\frac{1}{\sigma_c - 1}} \cdot e_{c,t} \\ d_t^1 &= \frac{\alpha_d e_{d,t}}{p_{d1}^{\sigma_d} \Phi_d} & ; \quad d_{t+1}^2 &= \frac{(1 - \alpha_d) e_{d,t}}{p_{d2}^{\sigma_d} \Phi_d} & ; \quad v_d &= \Phi_d^{\frac{1}{\sigma_d - 1}} \cdot e_{d,t} \end{aligned}$$

$$\text{mit} \quad \Phi_c = \alpha_c p_{c1}^{1 - \sigma_c} + (1 - \alpha_c) p_{c2}^{1 - \sigma_c} \quad \text{und} \quad \Phi_d = \alpha_d p_{d1}^{1 - \sigma_d} + (1 - \alpha_d) p_{d2}^{1 - \sigma_d} .$$

Mittlere Optimierungsstufe: Privater Konsum und Umweltverbrauch

Auf der zweiten Optimierungsstufe enthält die Nutzenfunktion den aggregierten „sauberen“ Konsum c und den ebenso aggregierten „schmutzigen“ Konsum d :

$$(8d) \quad u_x [u_c(c), u_d(d)] = \left[\alpha_x^{1/\sigma_x} u_c^{\mu_x} + (1 - \alpha_x)^{1/\sigma_x} u_d^{\mu_x} \right]^{\frac{1}{\mu_x}} .$$

In der dazugehörigen Budgetrestriktion werden alle Ausgaben für die beiden Konsumarten zusammengefasst:

$$(a.10) \quad e_{x,t} = p_x x_t = p_c c_t + p_d d_t .$$

In dieser Budgetrestriktion sind die Teilbudgets für den „sauberen“ Konsum $e_c = p_c c$ und für den „schmutzigen“ Konsum $e_d = p_d d$ enthalten. Wir definieren nun die Preisindizes für die aggregierten Konsumelemente c und d mit Hilfe der im ersten Optimierungsschritt bereits abgeleiteten Indizes ϕ_c und ϕ_d :

$$p_c = \Phi_c^{\frac{1}{1 - \sigma_c}} \quad \text{und} \quad p_d = \Phi_d^{\frac{1}{1 - \sigma_d}}$$

Blackorby et al. (1970) zeigen, dass diese und die im folgenden definierten Preisindizes konsistent mit dem verwendeten Optimierungsverfahren sind. Da diese Indizes auch in den oben abgeleiteten indirekten Nutzenfunktionen enthalten sind (vgl. a.9), erhält man

$$(a.11) \quad c = \frac{e_{c,t}}{p_c} = \Phi_c^{\frac{1}{\sigma_c-1}} e_{c,t} = v_c \quad \text{und} \quad (a.12) \quad d = \frac{e_{d,t}}{p_d} = \Phi_d^{\frac{1}{\sigma_d-1}} e_{d,t} = v_d.$$

Die indirekten Nutzenfunktionen entsprechen also den Mengenindizes für sauberen respektive schmutzigen Konsum.

Die Nutzenfunktion $u_x(u_c, u_d)$ wird unter der in (a.10) angegebenen Budgetrestriktion maximiert, wobei wegen $u_c=v_c=c$ bzw. $u_d=v_d=d$ in der Budgetrestriktion anstelle der Mengenindizes c und d die direkten Nutzenfunktionen u_c und u_d eingesetzt werden. Der Lagrangesche Maximierungsansatz lautet also:

$$(a.13) \quad \text{Max}_{\{u_c, u_d\}} L = u_x(u_c, u_d) - \lambda_x (e_{x,t} - p_c u_c - p_d u_d).$$

Die notwendigen Bedingungen für das Optimum ergeben sich aus den ersten Ableitungen der Lagrangefunktion (a.13):

$$u_{xc} = \frac{\partial u_x}{\partial u_c} = \lambda_x p_c \quad \text{bzw.} \quad u_{xd} = \frac{\partial u_x}{\partial u_d} = \lambda_x p_d.$$

Durch Division ergibt sich:

$$-\frac{du_c}{du_d} = \frac{u_{xd}}{u_{xc}} = \frac{p_d}{p_c}.$$

Leitet man aus der CES-Nutzenfunktion u_x die Grenznutzen ab und setzt sie in die Optimalbedingung ein, so erhält man zunächst

$$\frac{u_{xd}}{u_{xc}} = \left[\frac{1 - \alpha_x}{\alpha_x} \right]^{1/\sigma_x} \left[\frac{u_c}{u_d} \right]^{1-\mu_x} = \frac{p_d}{p_c}$$

und nach einigen Umformungen

$$\frac{u_c}{u_d} = \frac{\alpha_x}{1 - \alpha_x} \left[\frac{p_d}{p_c} \right]^{\sigma_x}.$$

Wegen $u_c=v_c=c$ bzw. $u_d=v_d=d$ kann statt des Verhältnisses der direkten Nutzenfunktionen auch das Konsumprofil c/d eingesetzt werden, so dass sich schließlich

$$(a.14) \quad c_t = \frac{\alpha_x}{1-\alpha_x} \left[\frac{p_d}{p_c} \right]^{\sigma_x} d_t$$

ergibt. Wenn man diesen Ausdruck in die Budgetrestriktion (a.10) einsetzt, erhält man die Nachfragefragefunktion für den „schmutzigen“ Konsum

$$(a.15) \quad d_t = \frac{(1-\alpha_x) \cdot e_{x,t}}{p_d^{\sigma_x} \Phi_x} \quad \text{mit} \quad \Phi_x = [\alpha_x \cdot p_c^{1-\sigma_x} + (1-\alpha_x) p_d^{1-\sigma_x}]$$

Einsetzen in (a.14) ergibt die Nachfrage nach dem „sauberen“ Konsum:

$$(a.16) \quad c_t = \frac{\alpha_x \cdot e_{x,t}}{p_c^{\sigma_x} \Phi_x}$$

Setzt man die Nachfragefunktionen c und d in die direkte Nutzenfunktion u_x ein, so erhält man die indirekte Nutzenfunktion v_x in Abhängigkeit von den Preisen. Dabei ist zu beachten, dass u_x nicht direkt von den Gütermengen, sondern unmittelbar von den direkten Nutzenfunktionen u_c und u_d abhängt. Die dazugehörigen, von den Preisen abhängigen indirekten Nutzenfunktionen haben wir bereits auf der ersten Optimierungsstufe ermittelt. Setzt man sie in die direkte Nutzenfunktion u_x ein, so ergibt sich die indirekte Nutzenfunktion v_x in der Form

$$v_x = \left[\alpha_x^{1/\sigma_x} v_c^{\mu_x} + (1-\alpha_x)^{1/\sigma_x} v_d^{\mu_x} \right]^{\frac{1}{\mu_x}}$$

mit

$$v_c = \Phi_c^{\frac{1}{\sigma_c-1}} \cdot e_{c,t} \quad v_d = \Phi_d^{\frac{1}{\sigma_d-1}} \cdot e_{d,t}$$

$$e_{c,t} = p_c \cdot c_t = \frac{\alpha_x \cdot e_{x,t}}{p_c^{\sigma_x-1} \Phi_x} \quad e_{d,t} = p_d \cdot d_t = \frac{(1-\alpha_x) \cdot e_{x,t}}{p_d^{\sigma_x-1} \Phi_x}$$

Nach einigen Umformungen erhält man daraus die indirekte Nutzenfunktion

$$(a.17) \quad v_x = \Phi_x^{\frac{1}{\sigma_x-1}} e_{x,t}$$

Oberste Optimierungsstufe: Konsum und Freizeit

Die bisherigen Berechnungen können auch als Maximierung der Nutzenfunktion des Haushaltes bei gegebenem Arbeitsangebot l_t interpretiert werden, da in diesem Fall auch das realisierte Haushaltseinkommen $e_{x,t}$ gegeben ist. Tatsächlich ergibt sich das Arbeitsangebot und damit das Konsumbudget $e_{x,t}$ aber endogen aus der Optimierung der Nutzenfunktion auf der obersten Stufe:

$$(8c) \quad U = U(u_x, 1-l_t) = \left[\alpha^{1/\sigma} u_x^\mu + (1-\alpha)^{1/\sigma} (1-l_t)^\mu \right]^{1/\mu} .$$

Sie enthält allerdings keine zwei Teilnutzenfunktionen, sondern nur eine Teilnutzenfunktion für den gesamten Lebenskonsum u_x sowie die Freizeit $(1-l_t)$ als Argument. Der repräsentative Haushalt hat die folgende Budgetrestriktion zu beachten:

$$e_t = w_{n,t} + z_t^1 + \frac{z_{t+1}^2}{1+r_{t+1}} = p_x x_t + w_{n,t} (1-l_t) .$$

Auf der linken Seite dieser Gleichung steht der Barwert des maximal möglichen Netto-Lebenseinkommens, den wir mit e_t bezeichnen. Das gesamte Lebenseinkommen teilt der Haushalt auf in den Konsum $p_x x_t$ und den zum Nettolohn bewerteten Freizeitkonsum $w_{n,t} (1-l_t)$. Der Preisindex p_x für den Gesamtkonsum soll mit Hilfe des in der zweiten Optimierungsstufe bereits ermittelten Indexes Φ_x (vgl. a.15) definiert werden:

$$(a.18) \quad p_x = \Phi_x \frac{1}{1-\sigma_x} .$$

Dieser Index ist auch in der indirekten Nutzenfunktion enthalten. Infolgedessen gilt auch:

$$x = \frac{e_x}{p_x} = \Phi_x^{\frac{1}{\sigma_x-1}} e_x = v_x .$$

Wegen $x_t = v_x = u_x$ können die Gesamtausgaben für den Konsum auch in der Form $p_x u_x$ geschrieben werden. Der Lagrangesche Maximierungsansatz auf der obersten Stufe lautet demnach:

$$(a.19) \quad \text{Max.}_{u_x, (1-l_t)} L = U(u_x, 1-l_t) - \lambda_t [e_t - w_{n,t} (1-l_t) - p_x u_x] .$$

Die notwendigen Bedingungen für das Optimum ergeben sich aus den ersten Ableitungen der Lagrange-Funktion nach u_x und l :

$$U_x = -\lambda_t p_x \quad \text{bzw.} \quad U_l = \lambda_t w_{n,t}$$

Durch Division erhält man :

$$\frac{du_x}{dl_t} = -\frac{U_l}{U_x} = \frac{w_{n,t}}{p_x}$$

Setzt man die Grenznutzen aus der CES-Nutzenfunktion u_x in die Optimalbedingung ein, so ergibt sich zunächst

$$\frac{p_x u_x}{1-l_t} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \left[\frac{w_{n,t}}{(p_x)^\mu} \right]^\sigma.$$

Da u_x wiederum gleich x gesetzt werden kann, gilt

$$(a.20) \quad p_x x_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} \left[\frac{w_{n,t}}{(p_x)^\mu} \right]^\sigma (1-l_t).$$

Setzt man die aggregierten Konsumausgaben $p_x x$ in die Budgetrestriktion ein, so folgt nach einigen Umformungen die Freizeitnachfrage:

$$(a.21) = (13a) \quad 1-l_t = \frac{(1-\alpha)e_t}{w_{n,t}^\sigma \Phi} \quad \text{mit} \quad \Phi = \alpha p_x^{1-\sigma} + (1-\alpha) w_{n,t}^{1-\sigma}.$$

Durch Auflösen nach l lässt sich daraus unmittelbar das Arbeitsangebot ableiten. Setzt man die Freizeitnachfrage wiederum in die Ausgabengleichung (a.20) ein, so erhält man die aggregierte Konsumnachfrage

$$(a.22) \quad x_t = \frac{\alpha e_t}{p_x^\sigma \Phi}.$$

Damit sind alle relevanten Nachfragefunktionen ermittelt. Die folgende Übersicht fasst die Ergebnisse dieses Anhangs zusammen:

Übersicht A.2: Zusammenfassung der Ergebnisse

Unterste Optimierungsstufe: Intertemporale Konsumnachfragefunktionen

Nutzenfunktionen:
$$u_c(c_t^1, c_{t+1}^2) = \left[\alpha_c^{1/\sigma_c} (c_t^1)^{\mu_c} + (1 - \alpha_c)^{1/\sigma_c} (c_{t+1}^2)^{\mu_c} \right]^{\frac{1}{\mu_c}}$$

$$u_d(d_t^1, d_{t+1}^2) = \left[\alpha_d^{1/\sigma_d} (d_t^1)^{\mu_d} + (1 - \alpha_d)^{1/\sigma_d} (d_{t+1}^2)^{\mu_d} \right]^{\frac{1}{\mu_d}}$$

Budgetrestriktionen:
$$e_{c,t} = p_c \cdot c_t = p_{c1} \cdot c_t^1 + p_{c2} \cdot c_{t+1}^2$$

$$e_{d,t} = p_d \cdot d_t = p_{d1} \cdot d_t^1 + p_{d2} \cdot d_{t+1}^2$$

Gegenwartskonsum:
$$c_t^1 = \frac{\alpha_c e_{c,t}}{p_{c1}^{\sigma_c} \Phi_c}; \quad d_t^1 = \frac{\alpha_d e_{d,t}}{p_{d1}^{\sigma_d} \Phi_d}$$

Zukunftskonsum:
$$c_{t+1}^2 = \frac{(1 - \alpha_c) e_{c,t}}{p_{c2}^{\sigma_c} \Phi_c}; \quad d_{t+1}^2 = \frac{(1 - \alpha_d) e_{d,t}}{p_{d2}^{\sigma_d} \Phi_d}$$

Indirekte Nutzenfunktionen:
$$v_c = \Phi_c^{\frac{1}{\sigma_c - 1}} \cdot e_{c,t}; \quad v_d = \Phi_d^{\frac{1}{\sigma_d - 1}} \cdot e_{d,t}$$

mit
$$p_{c1} = 1 + \tau_c; \quad p_{c2} = \frac{1 + \tau_c}{1 + (1 - \tau_r)r_{t+1}};$$

$$p_{d1} = 1 + \tau_c + \tau_d; \quad p_{d2} = \frac{1 + \tau_c + \tau_d}{1 + (1 + \tau_r)r_{t+1}};$$

$$\Phi_c = \alpha_c p_{c1}^{1 - \sigma_c} + (1 - \alpha_c) p_{c2}^{1 - \sigma_c}$$

$$\Phi_d = \alpha_d p_{d1}^{1 - \sigma_d} + (1 - \alpha_d) p_{d2}^{1 - \sigma_d}.$$

Mittlere Stufe der Optimierung: Privater Konsum und Umweltverbrauch

Nutzenfunktion:
$$u_x[u_c(c), u_d(d)] = \left[\alpha_x^{1/\sigma_x} u_c^{\mu_x} + (1 - \alpha_x)^{1/\sigma_x} u_d^{\mu_x} \right]^{\frac{1}{\mu_x}}$$

Budgetrestriktion:
$$e_{x,t} = p_x x_t = p_c c_t + p_d d_t$$

Konsum:
$$c_t = \frac{\alpha_x e_{x,t}}{p_c^{\sigma_x} \Phi_x}; \quad d_t = \frac{(1 - \alpha_x) e_{x,t}}{p_d^{\sigma_x} \Phi_x}$$

Indirekte Nutzenfunktion:
$$v_x = \Phi_x^{\frac{1}{\sigma_x - 1}} \cdot e_{x,t}$$

mit
$$p_c = \Phi_c^{\frac{1}{1 - \sigma_c}}, \quad \text{so dass} \quad v_c = c_t$$

$$p_d = \Phi_d^{\frac{1}{1 - \sigma_d}}, \quad \text{so dass} \quad v_d = d_t$$

$$\Phi_x = \alpha_x p_c^{1 - \sigma_x} + (1 - \alpha_x) p_d^{1 - \sigma_x}.$$

Oberste Stufe der Optimierung: Nachfrage nach aggregiertem Konsum und Freizeit:

Nutzenfunktion:
$$U = U(u_x, 1-l) = \left[\alpha^{1/\sigma} u_x^\mu + (1-\alpha)^{1/\sigma} (1-l)^\mu \right]^\frac{1}{\mu}$$

Budgetrestriktion:
$$e_t = p_x x_t + w_{n,t} (1-l_t)$$

Konsum und Freizeit:
$$x_t = \frac{\alpha e_t}{p_x^\sigma \Phi}; \quad 1-l_t = \frac{(1-\alpha)e_t}{w_{n,t}^\sigma \Phi}$$

mit
$$p_x = \Phi_x \frac{1}{1-\sigma_x}, \quad \text{so dass} \quad v_x = x$$

$$\Phi = \alpha p_x^{1-\sigma} + (1-\alpha) w_{n,t}^{1-\sigma}.$$

Anhang B: Simulationsergebnisse

t	k_t	Y_t	r_t	w_t	$p_{c1,t}$	$p_{c2,t}$	$p_{d1,t}$	$p_{d2,t}$	$\Phi_{c,t}$	
-2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10
-1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	10
0	99,11	100,66	100,88	99,68	100,00	99,45	108,70	108,10	99,71	9
1	103,33	102,28	96,84	101,16	100,00	102,02	108,70	110,89	99,57	9
2	105,00	102,90	95,32	101,73	100,00	103,02	108,70	111,98	99,52	9
3	105,65	103,14	94,75	101,95	100,00	103,40	108,70	112,39	99,50	9
4	105,89	103,23	94,53	102,03	100,00	103,55	108,70	112,55	99,49	9
5	105,99	103,26	94,45	102,06	100,00	103,60	108,70	112,61	99,49	9
6	106,02	103,28	94,42	102,07	100,00	103,62	108,70	112,63	99,49	9
7	106,03	103,28	94,41	102,08	100,00	103,63	108,70	112,64	99,49	9
8	106,04	103,28	94,40	102,08	100,00	103,63	108,70	112,65	99,49	9
9	106,04	103,28	94,40	102,08	100,00	103,64	108,70	112,65	99,49	9
10	106,04	103,28	94,40	102,08	100,00	103,64	108,70	112,65	99,49	9

t	$p_{x,t}$	$w_{n,z}$	Φ_t	e_t	l_t	x_t	$e_{x,t}$	c_t^1	c
-2	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100
-1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100
0	103,96	106,10	96,99	105,07	100,90	101,42	105,43	107,14	102
1	104,25	108,28	96,52	106,99	101,40	103,28	107,66	109,57	103
2	104,36	109,12	96,34	107,73	101,59	103,99	108,53	110,50	104
3	104,40	109,44	96,28	108,01	101,66	104,26	108,85	110,86	105
4	104,42	109,56	96,25	108,12	101,68	104,37	108,98	110,99	105
5	104,42	109,60	96,24	108,16	101,69	104,41	109,03	111,04	105
6	104,43	109,62	96,24	108,17	101,70	104,42	109,04	111,06	105
7	104,43	109,63	96,24	108,18	101,70	104,43	109,05	111,07	105
8	104,43	109,63	96,24	108,18	101,70	104,43	109,05	111,07	105
9	104,43	109,63	96,24	108,18	101,70	104,43	109,05	111,07	105
10	104,43	109,63	96,24	108,18	101,70	104,43	109,05	111,07	105

Umwelt-, Beschäftigungs- und Wohlfahrtswirkungen einer ökologischen Steuerreform

t	T_c	T_r	T_d	T_w	τ_w	T_s	τ_s	$\tau_w + \tau_s$
-2	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
-1	100,00	100,00		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
0	99,81	100,88	100,00	101,29	100,55	70,99	70,58	90,37
1	101,94	101,46	102,32	102,68	99,44	71,91	70,11	89,48
2	102,77	101,68	103,16	103,22	99,02	72,29	69,95	89,15
3	103,09	101,76	103,48	103,42	98,86	72,43	69,89	89,02
4	103,21	101,79	103,60	103,49	98,80	72,49	69,87	88,97
5	103,26	101,80	103,64	103,52	98,78	72,51	69,86	88,95
6	103,27	101,80	103,66	103,53	98,77	72,51	69,85	88,95
7	103,28	101,81	103,67	103,54	98,76	72,52	69,85	88,95
8	103,28	101,81	103,67	103,54	98,76	72,52	69,85	88,94
9	103,28	101,81	103,67	103,54	98,76	72,52	69,85	88,94
10	103,28	101,81	103,67	103,54	98,76	72,52	69,85	88,94

t	W_t	U_t	$u_{x,t}$	$u_{c,t}$	$u_{d,t}$	$u_{d,t}^-$	u_g	$\frac{\text{Div}_t^1}{e_{-2}} \cdot 100$	$\frac{\text{Div}_t^2}{e_{-2}} \cdot 100$
-2	100,0 0	100,0 0	100,0 0	100,0 0	100,0 0	100,0 0	100,0 0	0,0000	0,0000
-1	99,66	99,40	99,22	100,6 2	97,13	93,00	100,3 3	0,2542	-0,6047
0	101,0 6	100,5 8	101,4 2	106,2 2	94,51	88,02	101,4 7	0,4349	0,5914
1	102,1 3	101,7 1	103,2 8	108,1 6	96,25	90,78	102,5 9	0,3348	1,7341
2	102,5 5	102,1 5	103,9 9	108,9 1	96,91	91,80	103,0 2	0,2978	2,1737
3	102,7 0	102,3 1	104,2 6	109,2 0	97,17	92,19	103,1 8	0,2836	2,3412
4	102,7 6	102,3 8	104,3 7	109,3 0	97,26	92,34	103,2 5	0,2782	2,4048
5	102,7 8	102,4 0	104,4 1	109,3 5	97,30	92,40	103,2 7	0,2762	2,4289

Umwelt-, Beschäftigungs- und Wohlfahrtswirkungen einer ökologischen Steuerreform

6	102,7 9	102,4 1	104,4 2	109,3 6	97,31	92,42	103,2 8	0,2754	2,4380
7	102,8 0	102,4 1	104,4 3	109,3 7	97,32	92,43	103,2 8	0,2751	2,4415
8	102,8 0	102,4 1	104,4 3	109,3 7	97,32	92,43	103,2 8	0,2750	2,4428
9	102,8 0	102,4 1	104,4 3	109,3 7	97,32	92,43	103,2 8	0,2749	2,4433
10	102,8 0	102,4 1	104,4 3	109,3 7	97,32	92,43	103,2 8	0,2749	2,4435

LITERATURVERZEICHNIS

- Auerbach, Alan J. and Laurence J. Kotlikoff (1987):** Dynamic Fiscal Policy, Cambridge 1987.
- Auerbach, Alan J. and Laurence J. Kotlikoff (1995):** Macroeconomics: An integrated approach, Cincinnati, Ohio 1995.
- Baumol, William J. and Wallace E. Oates (1971):** The Use of Standards and Prices for Protection of the Environment, in: Swedish Journal of Economics 73, 1971, S. 42-54.
- Blackorby, Charles et al. (1970):** Homothetic Separability and Consumer Budgeting, in: Econometrica 38, 1970, S. 468-472.
- BMF (1997):** Umweltsteuern aus finanzwissenschaftlicher Sicht - Gutachten des Wissenschaftlichen Beirates beim Bundesministerium der Finanzen, in: Schriftenreihe des Bundesministeriums der Finanzen, Heft 63, Bonn 1997.
- Bovenberg, A. Lans (1997):** Environmental Policy, Distortionary Labor Taxation, and Employment: Pollution Taxes and the Double Dividend, in: Carraro, Carlo and Domenico Siniscalco (eds.), New Directions in the Economic Theory of the Environment, Cambridge 1997, S. 69-104.
- Bovenberg, A. Lans (1998):** Green Tax Reforms: Implications for Welfare and Distribution, in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik 134, 1998, S. 271-295.
- Bovenberg, A. Lans and Ruud A. de Mooij (1994a):** Environmental Levies and Distortionary Taxation, in: American Economic Review 84, 1994, S. 1085-1089.
- Bovenberg, A. Lans and Ruud A. de Mooij (1994b):** Environmental Taxes and Labor-Market Distortions, in: European Journal of Political Economy 10, 1994, S. 655-683.
- Bovenberg, A. Lans and Ben J. Heijdra (1998):** Environmental Tax Policy and Intergenerational Distribution, in: Journal of Public Economics 67, 1998, S. 1-24.
- Braun, Stefan (1999):** Ökologische Steuerreform, Wohlfahrt und Beschäftigung. Eine dynamische Simulationsanalyse unter besonderer Berücksichtigung unvollkommener Arbeitsmärkte, Dissertation Universität Köln, 1999.
- Brown, Murray and Dale Heien (1972):** The S-branch Utility Tree: A Generalization of the Linear Expenditure System, in: Econometrica 40, 1972, S. 737-747.
- Fullerton, D. and D.L. Rogers (1993):** Who Bears the Lifetime Tax Burden? The Brookings Institution, Washington, D.C. 1993.
- Gliesmann, Christian and Anna Ruocco (1997):** Computational General Equilibrium Analysis and Economic Reasoning, in: Swiss Journal of Economics and Statistics 133, 1997, S. 175-188.
- Gottfried, Peter (1992):** Die verdeckten Effizienzwirkungen der Umsatzsteuer, in: Finanzwissenschaftliche Schriften, Bd. 47, Frankfurt 1992.
- Gottfried, Peter und Wolfgang Wiegard (1995):** Wunderwaffe Ökosteuern? Eine finanzwissenschaftliche Betrachtung, in: Wirtschaftswissenschaftliches Studium 24, 1995, S. 500-508.
- Goulder, Lawrence H. (1995):** Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide, in: International Tax and Public Finance 2, 1995, S. 157-183.
- Kitterer, Wolfgang (1990):** Übergangsprobleme bei Steuerreformen: Einige methodische Anmerkungen, in: Bea, Franz Xaver und Wolfgang Kitterer (Hrsg.): Finanzwissenschaft im Dienste der Wirtschaftspolitik, Dieter Pohmer zum 65. Geburtstag, Tübingen 1990, S. 285-304.
- Keller, Wouter J. (1976):** A nested CES-type Utility Function and its Demand and Price-index Functions, in: European Economic Review 7, 1976, S. 175-186.
- Kotlikoff, Laurence J. (1988):** The Deficit is not a Well-Defined Measure of Fiscal Policy, in: Science, Vol. 24, 1988, S. 791-795.

- Kotlikoff, Laurence J. (1993):** From Deficit Delusion to the Fiscal Balance Rule: Looking for an Economically Meaningful Way to Assess Fiscal Policy, in: *Journal of Economics*, Suppl.7, 1993, S.17-41.
- Lau, Morten (1996):** Evaluating Environmental Tax Reforms in a Small Open Economy, Economic Policy Research Unit, Economic Studies 4, Kopenhagen 1996.
- Oepping, Hardy (1995):** Ökologische Steuerreform. Eine mikroökonomisch fundierte Simulationsstudie, Wiesbaden 1995.
- Ono, Tetsuo (1996):** Optimal Tax Schemes and the Environmental Externality, in: *Economics letters* 53, 1996, S. 283-289.
- Pestieau, Pierre (1975):** The Role of Taxation in the Determination of the Social Discount Rate, in: *International Economic Review*, Vol. 16, 1975, S.362-368.
- Pigou, Arthur C. (1920):** *The Economics of Welfare*, 3. Edition, London 1920.
- Ruocco, Anna and Wolfgang Wiegard (1997):** Green Tax Reforms. Understanding the Double Dividend Hypothesis, in: *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 20, 1997, S. 171-198.
- Schmidt, Tobias F.N. (1999):** Integrierte Bewertung umweltpolitischer Strategien in Europa - Methoden, eine AGE-Modellentwicklung und Simulationsanalysen, Heidelberg 1999.
- Weiland, Raimund (1997):** Finanzwirkungen einer ökologischen Steuerreform, in: *Zeitschrift für Umweltpolitik & Umweltrecht* 20, 1997, S. 227-254.
- Wendner, Roland (1997):** CO₂-Reduktionspolitik und Pensionssicherung. Umwelt und Ökonomie 22, Heidelberg 1997.