

Kurt Kratena, Michael Wüger

## PROMETEUS: Ein multisektorales makroökonomisches Modell der österreichischen Wirtschaft

Das WIFO hat ein neues disaggregiertes makroökonomisches Modell der österreichischen Wirtschaft entwickelt ("PROMETEUS" – Projecting and Modelling the Economy, Transport and Energy Use for Sustainability), mit dem speziell Simulationen zu den ökonomischen Effekten von Veränderungen oder Schocks im Energiesystem (z. B. Rohölpreisschock) berechnet werden können. Die integrierte Darstellung von Ökonomie, Energiesystem und Ökologie (CO<sub>2</sub>-Emissionen) erlaubt die Evaluierung von Kosten und Nutzen der Erreichung umwelt- und energiepolitischer Ziele; dabei werden einzelwirtschaftliche Aspekte (im Energiesektor selbst) und gesamtwirtschaftliche Aspekte (Kosten, Beschäftigungseffekte usw.) aufgezeigt.

Begutachtung: Serguei Kaniovski • Wissenschaftliche Assistenz: Martina Agwi, Alexandra Wegscheider • E-Mail-Adressen: [Kurt.Kratena@wifo.ac.at](mailto:Kurt.Kratena@wifo.ac.at), [Michael.Wueger@wifo.ac.at](mailto:Michael.Wueger@wifo.ac.at)

Das WIFO hat ein neues disaggregiertes makroökonomisches Modell der österreichischen Wirtschaft entwickelt (PROMETEUS: Projecting and Modelling the Economy, Transport and Energy Use for Sustainability), das speziell Simulationen zu den ökonomischen Effekten von Veränderungen oder Schocks im Energiesystem (z. B. Rohölpreisschock) ermöglicht. PROMETEUS ist eine Weiterentwicklung des in Kratena – Zakarias (2001) beschriebenen Modells MULTIMAC. Bezüglich der Abbildung von Produktion und Faktornachfrage besteht die wichtigste Neuerung in einer Integration des früher isolierten Modells der österreichischen Energiewirtschaft (DAEDALUS; Kratena – Schleicher, 2001) in das disaggregierte Makromodell. Andere wesentliche und für den vorliegenden Beitrag relevante Neuerungen betreffen die Modellierung des privaten Konsums (unter besonderer Berücksichtigung der Energienachfrage), die Implementierung des öffentlichen Sektors mit detaillierter Darstellung der lohn- und energieabhängigen Steuereinnahmen und die Modellierung des Arbeitsmarktes im Sinne eines Sektormodells der Sucharbeitslosigkeit.

Ein wesentlicher Aspekt von PROMETEUS ist die Disaggregation in 31 Branchen, die über eine Aggregation der 60 NACE-Zweisteller definiert sind. Das Modell besteht aus vier großen Blöcken: der Produktionsseite, der Güternachfrage, dem Arbeitsmarkt und der Einkommenseite. Den Kern des Modells bildet die Input-Output-Tabelle 2000 von Statistik Austria, die die Lieferverflechtungen zwischen den 31 Wirtschaftszweigen abbildet.

Um diesen Kern wurde ein System von Gleichungen zur Beschreibung der Modellblöcke gebaut. Alle Beziehungen beruhen auf ökonometrisch geschätzten Gleichungen für die Stützperiode 1988 bis 2003 und nicht – wie in allgemeinen Gleichgewichtsmodellen – auf Elastizitäten aus der Literatur und kalibrierten Gleichungen. PROMETEUS soll wie schon MULTIMAC die Vorteile von allgemeinen Gleichgewichtsmodellen in Bezug auf die fundierte ökonomisch-theoretische Basis mit den Vorteilen von Makromodellen in Bezug auf die ökonometrische Fundierung von Zusammenhängen verbinden. Das betrifft vor allem die Modellierung der Produktionsseite, aus der die Arbeitsnachfragefunktion abgeleitet wird, und die Modellierung der Konsumnachfrage in einem mikroökonomischen Nachfragesystem ("Almost Ideal Demand System").

In der ökonometrischen Spezifizierung der Gleichungen sind zahlreiche "Lag"-Strukturen und Anpassungsmechanismen ("Error-Correction"-Mechanismus) implemen-

tiert, sodass sich in jeder Simulation dynamische Pfade über drei bis fünf Jahre ergeben. Das ist ein wesentlicher Unterschied zu statischen allgemeinen Gleichgewichtsmodellen, in denen Restriktionen zur unmittelbaren Erreichung makroökonomischer Gleichgewichte (ausgeglichener Staatshaushalt und ausgeglichene Leistungsbilanz) die Simulationsergebnisse wesentlich determinieren.

Die wichtigsten exogenen Größen in PROMETEUS sind exogene Nachfragegrößen (öffentlicher Konsum, Exporte bzw. BIP der Handelspartner), Weltmarktpreise und technischer Fortschritt auf der Angebotsseite. PROMETEUS basiert somit insofern auf einer keynesianischen Grundphilosophie, als exogene Nachfrageschocks kurzfristig Multiplikatoreffekte auslösen können. Langfristig spielt der technische Fortschritt in den Kostenfunktionen, die die Angebotsseite repräsentieren, eine bedeutende Rolle, da dadurch der Wachstumspfad der Realeinkommen bestimmt wird.

Die Modellierung des Arbeitsmarktes in PROMETEUS kombiniert eine Arbeitsnachfragefunktion mit einem Modell der Lohnverhandlung bei Sucharbeitslosigkeit. Dabei ist die Beschäftigungsnachfrage analog zur Spezifizierung in allgemeinen Gleichgewichtsmodellen auf Basis eines mikroökonomischen Ansatzes der Produktion abgeleitet und reagiert somit (*ceteris paribus*) auf Änderungen von Lohnkosten und Outputniveau. Anders als im allgemeinen Gleichgewichtsansatz kann der Output auch durch exogene Nachfrageschocks verändert werden, sodass keynesianische Multiplikatoreffekte für die Beschäftigung möglich sind. In allgemeinen Gleichgewichtsmodellen wird das durch die Restriktionen für makroökonomische Gleichgewichte verhindert, sodass es zu vollständigem "Crowding-out" kommt. Das Lohnverhandlungsmodell weicht ebenfalls von dem häufig in allgemeinen Gleichgewichtsmodellen verwendeten Ansatz des kompetitiven Arbeitsmarktes ab, nach dem das Arbeitsangebot aus der Nutzenmaximierung der privaten Haushalte und den Präferenzen für Freizeit folgt.

Für die Darstellung des Energiesystems wurde das an den Formaten der IEA-Energiebilanz orientierte und vom WIFO anlässlich der Erstellung der "Energieszenarien bis 2020" (Kratena – Wüger, 2005) entwickelte Modell verwendet. In diesem ist die Nachfrage der einzelnen Wirtschaftszweige nach Energie in ein Modell der Produktion mit drei voll flexiblen (variablen) Faktoren (Arbeit, Energie und Vorleistungen) und einem "quasi" fixen Faktor (Kapital) eingebettet. Der aktuelle Kapitalstock enthält die auch für die Energienachfrage entscheidenden Technologien und wird von den Unternehmen an den "optimalen" Kapitalstock angepasst. Letzterer ist durch das Gleichgewicht zwischen den tatsächlichen Kapitalkosten und dem "Schattenpreis" des Kapitals (kostendämpfende Wirkung des Kapitalstocks) gegeben. Eine Senkung der Kapitalkosten kann somit eine Erhöhung des Kapitalstocks und in weiterer Folge eine Verringerung der Energienachfrage bewirken. Die in PROMETEUS eingebauten Relationen bilden diesen Zusammenhang direkt ab.

Das Energiemodell wurde außerdem erweitert, indem die Energienachfrage der privaten Haushalte in ein Modell des privaten Konsums integriert wurde. Dieses Konsummodell beschreibt die Nachfrage nach Dienstleistungen, die durch Energie- und Kapitalinputs "produziert" werden (Raumwärme, Mobilität). Dadurch können Substitutionsvorgänge zwischen energierelevanten Nachfragekategorien in Abhängigkeit von Preisen und den im Kapitalstock enthaltenen Technologien wiedergegeben werden.

Aufgrund der umfassenden Darstellung der Substitutionsbeziehungen lassen sich z. B. Rückwirkungen von Veränderungen der Nachfrage nach Energie für Beheizung auf die Verkehrsnachfrage der Haushalte erfassen. Außerdem können unterschiedliche Steuerpolitiken im Energiebereich abgebildet werden, insbesondere die verschiedenen Möglichkeiten des "Einnahmen-Recycling": Eine Rückverteilung der infolge der Energieverteuerung erhöhten Steuereinnahmen über eine Anpassung der öffentlichen Verkehrsinfrastruktur oder der Kapitalkosten für Investitionen in die Wohnhausanierung würde den durch Preiseffekte determinierten Substitutionseffekt verstärken. Eine Rückverteilung der zusätzlichen Steuereinnahmen über Transfers ("lump sum") bewirkt Einkommenseffekte, die einen Teil des ursprünglichen Effektes der erhöhten Energiebesteuerung wieder rückgängig machen ("Rebound"-Effekt).

Die Energienachfrage der privaten Haushalte laut IEA-Energiebilanz wurde direkt an die entsprechende Größe des Konsummodells (reale Ausgaben für Beheizung und Beleuchtung) angekoppelt, ebenso die Nachfrage der privaten Haushalte (eigentlich der Pkw) nach Treibstoffen. Dafür wurde zunächst die gesamte Treibstoffnachfrage laut IEA-Energiebilanz nach privatem und Güterverkehr aufgegliedert. Die Treibstoffnachfrage des Güterverkehrs wurde in einem weiteren Schritt neu modelliert und ebenfalls in PROMETEUS integriert. Die Aufteilung in Treibstoffe und andere Energieträger (die dem "Modal Split" entspricht) erfolgt in Abhängigkeit vom Treibstoffpreis. Kleinere Erweiterungen des Energiesystem-Modells betreffen ein Modul zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dabei werden die auch vom Umweltbundesamt (UBA) verwendeten Emissionsfaktoren auf die emissionsrelevanten Verbrauchsdaten der Energiebilanz angewandt und die Abweichungen von den offiziellen CO<sub>2</sub>-Emissionsdaten des Umweltbundesamtes nach Sektoren durch Anpassungsfaktoren berücksichtigt<sup>1)</sup>.

Produktionsprozesse können in ökonomischen Modellen generell mit einer Produktions- oder einer Kostenfunktion abgebildet werden. Für die Verwendung einer Kostenfunktion spricht, dass in diesem Fall die Faktornachfrage konsistent abgeleitet werden kann und die flexiblen Formen der Kostenfunktion die allgemeine Abbildung mit mehreren Inputfaktoren erlauben. Außerdem erlaubt die Kostenfunktion, unternehmerisches Verhalten in Bezug auf die Preissetzung adäquat zu modellieren<sup>2)</sup>. Weiters liefert die Ableitung der Kostenfunktion nach dem Output Informationen über Skaleneffekte (Hanoch, 1975, Berndt, 1991, Flaig – Steiner, 1990, und die dort angegebene Literatur).

Die in der ökonomischen Literatur am häufigsten verwendeten flexiblen Formen sind die Translog-Kostenfunktion und die Generalized-Leontief-Kostenfunktion. Beide sind Anpassungen zweiter Ordnung an eine beliebige Kostenfunktion (Berndt, 1991, Morrison, 1988, 1990). Beide Ansätze sind insofern flexibel, als sie keine A-priori-Restriktionen über die Substitutionsbeziehungen der Inputfaktoren unterstellen<sup>3)</sup>. Sie erlauben eine konsistente Abbildung der Faktornachfrage. Allen – Hall (1997) empfehlen für Simulationen auf hochaggregierter Ebene (Gesamtwirtschaft) eher eine Translog-, auf disaggregiertem Niveau hingegen eine Generalized-Leontief-Kostenfunktion. Dieser Empfehlung folgend wird im vorliegenden Beitrag auf der ersten (hochaggregierten) Ebene zur Ermittlung der Nachfrage nach den Inputfaktoren insgesamt (Arbeit, Energie, Vorleistungen) eine Translog-Kostenfunktion verwendet und auf der zweiten Ebene für die Verteilung der Energienachfrage auf die einzelnen Energieträger eine Generalized-Leontief-Kostenfunktion.

Eine entscheidende Frage ist die Behandlung kurzfristig nicht voll anpassbarer Faktoren (z. B. Kapitalstock). Dieses Problem wird meist mit der Definition fixer oder "quasi-fixer" Faktoren gelöst, sodass die Faktorpreise der variablen Faktoren und die Inputmengen der fixen Faktoren gemeinsam die Inputmengen der variablen Faktoren determinieren (Berndt – Hesse, 1986, Conrad – Seitz, 1994). Dank der Berücksichtigung von fixen bzw. quasi-fixen Faktoren sind neben den kurzfristigen auch langfristige Effekte erfasst und z. B. optimale Kapitalstöcke und Auslastungsmaße abzuleiten (Morrison, 1988, 1990, Flaig – Steiner, 1990), die dann in eine Investitionsfunktion (Allen – Hall, 1997, Meade, 1998) eingebaut werden können. Eine weitere wichtige Modifikation der ursprünglichen Ansätze ergibt sich durch die Berücksichtigung des technischen Fortschritts, die möglichst ohne A-priori-Annahmen über seine Auswirkungen (z. B. arbeitssparend oder arbeitsvermehrend) erfolgen soll.

Ausgangspunkt der Modellierung ist eine flexible Kostenfunktion, aus der die Faktornachfrage und die Preisgleichung konsistent abgeleitet werden, wobei unterschied-

## Produktion

<sup>1)</sup> Die Abweichung der Emissionsdaten zwischen PROMETEUS und den Publikationen des Umweltbundesamtes beträgt auf Ebene der Wirtschaftssektoren rund ±5%, die Gesamtemissionen sind annähernd gleich.

<sup>2)</sup> Bei vollkommenem Wettbewerb auf den Gütermärkten entspricht der Preis den Grenzkosten; ein fixer Mark-up auf die Grenzkosten entspricht der Preissetzung bei monopolistischer Konkurrenz, ein variabler Mark-up der Preissetzung bei oligopolistischer Konkurrenz.

<sup>3)</sup> Eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion geht z. B. von einer Substitutionselastizität von 1 aus.

liche Marktgegebenheiten (vollkommene, monopolistische und oligopolistische Konkurrenz) getestet werden. Der Kapitalstock wird als fixer oder "quasi-fixer" Faktor eingeführt, der technische Fortschritt berücksichtigt. Die Gesamtkosten  $CT$  bestehen – wie aus Gleichung (1) hervorgeht – aus den variablen Kosten  $G$  für die variablen Inputs und den Fixkosten  $Z_k X_k$  für die fixen Inputs  $X_k$ . Dabei ist  $Z_k$  der Schattenpreis des fixen Inputs  $k$ , der sich aus dem Einfluss der Inputmenge des fixen Faktors auf die variablen Kosten ergibt (Gleichung (2)). Er gibt die Ersparnis an variablen Kosten an, die durch die Erhöhung des fixen Faktors um eine Einheit erzielt werden kann:

$$(1) \quad CT = G + \sum_k Z_k X_k,$$

$$(2) \quad Z_k = -\frac{\delta G}{\delta X_k}.$$

Kapital ist demnach kurzfristig ein "quasi-fixer" Faktor. Der Kapitaleinsatz senkt die variablen Kosten (spart Inputs) und hat daher einen "Schattenpreis", der in Kapitalgleichungen berücksichtigt werden kann. Langfristig ist Kapital ein variabler Faktor mit Anpassungskosten ("user costs of capital") und einer komplementären oder substitutiven Beziehung zu den anderen Inputfaktoren.

Als variable Faktoren gehen in das Modell ein Arbeit ( $L$ ), Energie ( $E$ ) und Vorleistungen ( $M$ ), Kapital ist wie oben erläutert ein "quasi-fixer" Faktor. Ausgangspunkt ist eine Translog-Kostenfunktion, aus der mit Hilfe von Shephard's Lemma – die partiellen Ableitungen der Kostenfunktion nach den Faktorpreisen ( $p_L, p_E, p_M$ ) ergeben die jeweiligen Inputmengen ( $L, E, M$ ) – die Faktornachfrage abgeleitet werden kann. Die so ermittelten Inputmengen ( $L, E, M$ ) werden in Beziehung zu den Gesamtkosten ( $CT$ ) gesetzt; daraus resultieren die optimalen Input-Output-Koeffizienten.

Für die Translog-Kostenfunktion lässt sich z. B. die Nachfrage nach dem Faktor Energie in Relation zu den Gesamtkosten  $CT$  anschreiben als<sup>4)</sup>

$$(3) \quad \frac{p_E E}{CT} = \alpha_E + \gamma_{L,E} \ln(p_L) + \gamma_{E,E} \ln(p_E) + \gamma_{M,E} \ln(p_M) + \rho_{K,E} \ln K + \rho_{Y,E} \ln Y.$$

Unter der Annahme, dass die Bedingungen für Additivität, Homogenität und Symmetrie gelten, wird in der Folge ein System von Nachfragegleichungen vom Typ (3) zusammen mit einer Gleichung für den Schattenpreis von  $K$  (Berndt – Hesse, 1986) und einer Preisgleichung geschätzt. Dabei wird im Gegensatz zu Berndt – Hesse (1986) vorausgesetzt, dass der Preis nicht den Grenzkosten entspricht (kein vollkommener Wettbewerb), sondern ein fixer Mark-up auf die Grenzkosten aufgeschlagen wird (Marktform der monopolistischen Konkurrenz). Der resultierende Modellblock bildet die Produktion über die Kostenfunktion ab, aus der die Faktornachfrage und die Angebotsfunktion (Preisgleichung) sowie der Schattenpreis (die effektive "Ex-post"-Rentabilität des Kapitalstocks) konsistent hergeleitet werden. Dabei wird der Output  $Y$  jedoch von der Nachfrageseite bestimmt, der Einfluss der Angebotsseite wirkt ausschließlich über das Preissystem.

Der Schattenpreis  $Z_k$  ist der Ausgangspunkt für die Ableitung von Funktionen, die die Anpassung des aktuellen an den "optimalen" Kapitalstock<sup>5)</sup> beschreiben. Diese Anpassung erfolgt in Form einer dynamischen "Stock-adjustment"-Funktion, in der die Relation von  $Z_k$  zu  $p_k$  als erklärende Variable fungiert.

Aus den Schätzergebnissen zu den Faktornachfragefunktionen lassen sich Eigenpreis-, Kreuzpreis- und Outputelastizitäten ableiten, die isolierte Effekte wiedergeben und zeitvariabel sind.

Übersicht 1 weist die Eigenpreiselastizitäten der Inputnachfrage (Arbeit, Energie) für die Sachgütererzeugung aus. Die Eigenpreiselastizität der Arbeitsnachfrage ist in Bezug auf den Bruttorealloon (einschließlich der lohnabhängigen Abgaben) angege-

<sup>4)</sup> Zudem kann unter der Bedingung, dass der Schattenpreis  $Z_k$  mit den tatsächlichen "user costs"  $p_k$  identisch ist, aus der Beziehung (2) ein optimaler Kapitalstock  $K^*$  berechnet werden.

<sup>5)</sup> Der optimale Kapitalstock ist erreicht, wenn der Schattenpreis  $Z_k$  dem Kapitalpreis  $p_k$  (den "user costs of capital") entspricht ( $Z_k = p_k$ ).

**Faktornachfrage:  
Arbeit, Energie und  
Vorleistungen**

en und bildet somit auch Veränderungen der Beschäftigungsnachfrage aufgrund von Veränderungen der Steuerbelastung des Faktors Arbeit oder der Lohnsubvention ab. Eine Eigenpreiselastizität der Arbeitsnachfrage etwa von -2 im Wirtschaftszweig "Textilien, Bekleidung, Leder, Schuhe" bedeutet, dass die Beschäftigung ceteris paribus (d. h. z. B. auch bei gleichem Output!) um 2% zurückgeht, wenn der Bruttoeinkommen um 1% steigt.

Die Elastizitäten sind zwar ein wesentlicher Faktor für die Reaktion der Variablen in den einzelnen Wirtschaftszweigen auf externe Schocks, aber nicht allein ausschlaggebend. Tatsächlich lösen fast alle Schocks Veränderungen einer Fülle von Variablen aus, vor allem auch des Outputs der Wirtschaftszweige, die ebenfalls die Beschäftigungsnachfrage wesentlich beeinflussen.

Übersicht 1: Eigenpreiselastizität der Energie- und Arbeitskräftenachfrage

	Energie	Arbeit
Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	- 1,619	- 0,242
Nahrungs- und Genussmittel, Getränke, Tabakverarbeitung	- 1,662	- 0,218
Textilien, Bekleidung, Leder, Schuhe	- 0,508	- 2,042
Holzbe- und -verarbeitung	- 0,956	- 0,421
Papier, Pappe, Druckerei, Verlagswesen	- 0,317	- 0,694
Chemikalien, chemische Erzeugnisse	- 0,270	- 0,389
Waren aus Steinen und Erden, Glas	- 0,787	- 0,160
Eisen- und Stahlerzeugung, NE-Metalle	- 0,453	- 0,584
Maschinenbau	- 0,210	- 0,350
Fahrzeugbau	- 0,716	- 0,923
Sonstiger produzierender Bereich	- 1,534	- 0,007

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Der Kapitalstock nach Wirtschaftszweigen konnte nicht aus der offiziellen Statistik übernommen werden, sondern musste anhand von Investitionsdaten nach Sektoren berechnet werden. Zur Bestimmung des Kapitalstocks des Sektors  $i$  ( $K_{i,t}$ ) wird ausgehend von Anfangswerten eine Abschreibungsrate ( $\delta$ ) innerhalb des Sektors vorgegeben, sodass sich der Kapitalstock gemäß (4) entwickelt und sich die Bruttoinvestitionen  $I_{i,t}$  aus der Änderung des Kapitalstocks und den Abschreibungen ergeben:

$$(4) \quad K_{i,t} - K_{i,t-1} = I_{i,t} - \delta K_{i,t-1}.$$

Unterstellt man ein "Stock-Adjustment"-Modell (Stone - Rowe, 1957), so wird der aktuelle Kapitalstock durch einen Anpassungsprozess an einen "gewünschten" oder "optimalen" Kapitalstock erklärt. Mit einem Anpassungsprozess zweiter Ordnung (Egebo - Richardson - Lienert, 1990) ergibt sich nach Logarithmierung ein Modell, das linear in den Logarithmen ist (Czerny et al., 1997):

$$(5) \quad \ln(K_{i,t}) - \ln(K_{i,t-1}) = \tau_1 [\ln K_{i,t}^* - \ln K_{i,t-1}] + \tau_2 [\ln K_{i,t-1} - \ln K_{i,t-2}].$$

Eine notwendige Parameterbeschränkung für Konvergenz ist  $\tau_1 < 0$ ,  $\tau_2$  kann hingegen frei variieren. Durch die Erfassung des gewünschten Kapitalstocks  $K^*$  wird das Modell geschlossen. Dieser gewünschte Kapitalstock resultiert bei Berücksichtigung eines fixen Faktors Kapital in einer Kostenfunktion, wenn die "user costs" des Kapitals ( $p_K$ ) gegeben sind. Der Anpassungsprozess wird dann von der Differenz zwischen den user costs ( $p_K$ ) und dem Schattenpreis des Kapitals ( $z_K$ ) aus der Kostenfunktion bestimmt.  $K^*$  hängt außerdem vom Output-Niveau ( $QA$ ) ab:

$$(6) \quad \ln(K_{i,t}^*) = F \left[ \ln QA_{i,t}, \ln \left( \frac{p_{i,t}}{z_{i,t}} \right) \right].$$

Setzt man  $K^*$  in (6) ein, so erhält man die "Stock-Adjustment"-Gleichung:

$$(7) \quad \ln(K_{i,t}) - \ln(K_{i,t-1}) = \alpha_K + \beta_K \ln(QA_{i,t}) + \gamma_K \ln \left( \frac{p_{i,t}}{z_{i,t}} \right) - \tau_1 \ln(K_{i,t-1}) + \tau_2 (\ln(K_{i,t-1}) - \ln(K_{i,t-2})).$$

**Faktornachfrage: Kapital**

**Kapitalstockgleichungen**

**Intersektorale Lieferverflechtungen**

PROMETEUS bildet auf Basis der Input-Output-Tabelle 2000 von Statistik Austria die Verflechtungen zwischen den 31 Wirtschaftszweigen ab; in der aktuellen Version des Modells wird diese Struktur im Zeitablauf konstant gehalten. Die zentrale Gleichung beschreibt den Spaltenvektor der gesamten Güternachfrage (**Q**) als Summe von Intermediär- und Endnachfrage. Dabei ist die Intermediärnachfrage als Produkt der Matrix der technischen Koeffizienten (**A**) mit dem Spaltenvektor des Outputs nach Wirtschaftszweigen (**Y**) gegeben. Der Vektor der Endnachfrage zerfällt in die einzelnen Vektoren für den privaten Konsum (**C**), den öffentlichen Konsum (**G**), die Bruttoanlageinvestitionen (**I**) und die Exporte (**EX**):

$$(8) \quad \mathbf{Q} = \mathbf{A} + \mathbf{Y} + \mathbf{C} + \mathbf{G} + \mathbf{I} + \mathbf{EX}.$$

Für den privaten Konsum und die Bruttoanlageinvestitionen sind in PROMETEUS Brückenmatrizen implementiert, die aus den Detaildaten der Input-Output-Statistik von Statistik Austria stammen. Die Brückenmatrix für den privaten Konsum verbindet die auf der COICOP-Gliederung basierenden Kategorien des Konsummodells (siehe dazu weiter unten) mit dem Konsum nach 31 Gütern in PROMETEUS, die Investitionsmatrix verbindet die Investitionen nach investierenden Wirtschaftszweigen mit den Investitionen nach Gütern der Input-Output-Tabelle.

Ein Schnittpunkt zum oben dargestellten Modell der Produktion ergibt sich bezüglich der Faktornachfrage nach Vorleistungen (**M**). Aufgrund der Zusammenhänge in der Input-Output-Tabelle lässt sich der Zeilenvektor der Vorleistungen nach Wirtschaftszweigen (**M**) als Produkt eines Zeilenvektors des Outputs (**Y'**) mit der Matrix der technischen Koeffizienten (**A**) darstellen:

$$(9) \quad \mathbf{M} = \mathbf{Y}' + \mathbf{A}.$$

Im Produktionsmodell werden die Vorleistungen je Outputeinheit eines Wirtschaftszweigs in Abhängigkeit von Preisen und Kapitalstock determiniert. Veränderungen von Vorleistungen und Output übertragen sich unter der Annahme einer konstanten Güterstruktur innerhalb der Spalten der Matrix **A** auf die technischen Koeffizienten.

**Güternachfrage**

**Privater Konsum**

Das Konsummodell unterscheidet für die privaten Haushalte zwischen dem Konsum auf aggregiertem Niveau, den Kapitalkosten ("stocks") und Energie, anderen laufenden Ausgaben ("flows") für Heizung und Transport sowie dem Nicht-Energie-Konsum. Letzterer umfasst die 5 Kategorien "Nahrungsmittel, Getränke, Tabak", "Bekleidung und Schuhe", "Erholung und Unterhaltung", "Gaststätten- und Beherbergungsdienstleistungen" sowie "andere Waren und Dienstleistungen".

Das Niveau des gesamten privaten Konsums wird mit einem "Error-Correction"-Modell bestimmt. Ausgangspunkt der Aufteilung des privaten Konsums ist die indirekte Nutzenfunktion aus dem Almost Ideal Demand System (AIDS; Deaton – Muellbauer, 1980), aus der mit Hilfe der Optimierungsbedingung die Nachfrage abgeleitet wird. Der Ansatz der Haushaltsproduktionsfunktion bildet die Umwandlung von Gütern in "Dienstleistungen" ab: Während in der traditionellen ökonomischen Konsumtheorie das Augenmerk auf die Nachfrage nach Gütern gerichtet ist, sind es nach der Haushaltsproduktionstheorie die "Dienstleistungen", die nachgefragt werden und die Nutzen stiften. Die diesbezügliche Güterklassifikation *i* im Modell PROMETEUS enthält

- Dienstleistungen für Transport ( $S_T$ ),
- Dienstleistungen für Beheizung ( $S_H$ ),
- sonstige (Nicht-Energie)-Güter ( $CN$ ).

Die Dienstleistungsnachfrage nach Mobilität ( $S_T$ ) und Raumwärme ( $S_H$ ) wird gemäß der Haushaltsproduktionstheorie unter Einsatz von Energie *E* und Kapital *K* sowie einer Technologie erzeugt:

$$(10) \quad S_i = S_i [E_i, K_i], \quad i = T, H.$$

Beschreibt man den Haushaltsproduktionsprozess durch das duale Kostenmodell, so lassen sich die Grenzkosten der Dienstleistungen herleiten, die den Konsumentenpreisen der Dienstleistungen ( $p_s$ ) gleichgesetzt werden können:

$$(11) \quad p_s = MC[p_E, p_K].$$

Die Preise der Dienstleistungen ( $p_s$ ) sind Argumente des Vektors der Güterpreise  $p$  im AIDS-Modell. Mit Shephard's Lemma und der indirekten Nutzenfunktion wird die Nachfrage als Budgetanteile im AIDS-Ansatz ermittelt:

$$(12) \quad \frac{p_{CN} CN}{C} = \alpha_{CN} + \gamma_{CN, CN} \ln \left( \frac{p_{CN}}{p_{S_H}} \right) + \gamma_{CN, S_T} \ln \left( \frac{p_{S_T}}{p_{S_H}} \right) + \beta_{CN} \ln \left( \frac{C}{P_1} \right),$$

$$\frac{p_{S_T} S_T}{C} = \alpha_{S_T} + \gamma_{CN, S_T} \ln \left( \frac{p_{CN}}{p_{S_H}} \right) + \gamma_{S_T, S_T} \ln \left( \frac{p_{S_T}}{p_{S_H}} \right) + \beta_{S_T} \ln \left( \frac{C}{P_1} \right),$$

$$\frac{p_{S_H} S_H}{C} = \alpha_{S_H} + \gamma_{CN, S_H} \ln \left( \frac{p_{CN}}{p_{S_H}} \right) + \gamma_{S_T, S_H} \ln \left( \frac{p_{S_T}}{p_{S_H}} \right) + \beta_{S_H} \ln \left( \frac{C}{P_1} \right).$$

Für die weitere Aufspaltung des Nicht-Energie-Konsums  $CN$  auf die 5 Konsumgruppen wird ebenfalls ein AIDS-Ansatz verwendet.

Das Gesamtmodell kann mit dem Modell für die Energiedienstleistungen kombiniert werden, wenn man explizite Formen der Produktions- oder Kostenfunktion vorgibt. Da die Dienstleistungen nicht direkt zu beobachten sind, werden sie mit dem Kostenfunktionsansatz approximiert, und zwar durch jenes Ausgabenniveau, das notwendig ist, um ein bestimmtes Dienstleistungsniveau zu erwerben. Für den allgemeinen Fall von variablen Faktoren und einem quasi-fixen Kapitalstock sind diese Kosten durch folgende Kostenfunktion gegeben:

$$(13) \quad CS_i = CS_i [p_{j,i}, K_{j,i}] \quad j = \begin{matrix} E \text{ (Energie)} \\ O \text{ (sonstige Dienstleistungen)} \end{matrix} \quad i = T, H.$$

Die Kostenfunktion wird dann verwendet, um die Nachfrage in Form von Budgetanteilen für  $E$  und  $O$  zu erfassen:  $\frac{p_{j,i} X_j}{CS_i}$ .

Der nächste Schritt besteht in der Verbindung der Budgetanteilsleichung (12) aus dem Gesamtkonsummodell mit diesen aus der Haushaltsproduktionsfunktion für die Dienstleistungen abgeleiteten Anteilsleichungen. Dadurch erhält man die folgenden Budgetgleichungen der Inputs der Haushaltsproduktionsfunktion:

$$(14) \quad \frac{p_{j,T} X_j}{C} = \frac{p_{j,T} X_j}{CS_T} \frac{p_{S_T} S_T}{C}, \quad \frac{p_{j,H} X_j}{C} = \frac{p_{j,H} X_j}{CS_H} \frac{p_{S_H} S_H}{C}.$$

Die Kosten der Dienstleistungen sind gegeben durch  $CS_T = p_{S_T} S_T$  und  $CS_H = p_{S_H} S_H$ .

Die Nachfrage nach Dienstleistungen ( $S_T, S_H$ ) ist nicht direkt zu beobachten, sondern das Resultat der Haushaltsproduktion. Gibt man eine spezielle funktionale Form für die Haushaltsproduktion oder die Kosten vor, in der einige Inputs (Kapitalstock) teilweise exogen sind, so ergeben sich Faktornachfragegleichungen für diese Inputs, im Besonderen zu den Energieflüssen. Transport (Mobilität) wird dann als Dienstleistung behandelt, die durch Energieflüsse und Kapitalstöcke produziert wird. Deshalb haben nicht nur die relativen Preise, wie es die neoklassische ökonomische Theorie unterstellt, sondern auch der Zustand der Infrastruktur (z. B. öffentliche Verkehrssysteme) signifikanten Einfluss auf die Nachfrage nach Energieflüssen. In der Folge werden Technologien mit spezifischen Inputs von Kapital und Energie (öffentlicher und privater Verkehr) gegeneinander substituiert.

Ausgehend von der Haushaltskostenfunktion (13) werden die Faktornachfrage nach Energie und andere damit zusammenhängende Ausgaben hergeleitet. Für Transportdienstleistungen steht hier eine Translog-Funktion zur Verfügung, die Treibstoff ( $F$ ) und andere Dienstleistungen ( $O$ , Ausgaben für öffentlichen Verkehr) als variable In-

### Das Modell der Haushaltsproduktionsfunktion für Energiedienstleistungen

### Kapitalstöcke und Energieflüsse in der Transportnachfrage

puts und zwei relevante Kapitalstöcke als quasi-fixe Inputs berücksichtigt, nämlich den Bestand an privaten Autos ( $K_V$ ) und die Infrastruktur des öffentlichen Verkehrs ( $K_T$ ).

Die Faktornachfragefunktionen der Haushaltsproduktionsfunktion werden aus dieser Kostenfunktion wie üblich durch die Anwendung von Shephard's Lemma ermittelt:

$$(15) \quad \frac{p_F F}{CS_T} = \alpha_F + \gamma_{F,F} \log \left( \frac{p_F}{p_O} \right) + \rho_{K,V} \log K_V + \rho_{K,T} \log K_T + \rho_{F,S} \log S_T.$$

Da die Nachfrage nach Verkehrsdienstleistungen ( $S_T$ ) nicht beobachtet werden kann, muss sie durch Variable aus dem Kostenfunktionsansatz angenähert werden. Ein effizienter Weg ist, von den Grenzkosten der Dienstleistungen ( $p_S$ ) auszugehen, die im Falle der Translog-Funktion durch einen Divisia-Index approximiert werden können (Harvey – Marshall, 1991):

$$(16) \quad \log p_{S_T} = \left( \frac{p_F F}{CS_T} \right) \log p_F + \left( \frac{p_O O}{CS_T} \right) \log p_O.$$

Dieser Grenzkostenindex fungiert auch als Konsumentenpreis dieser Dienstleistungen im aggregierten Nachfragemodell (Gleichung (12)). Gleichzeitig kann er dazu verwendet werden, um die nicht beobachteten Dienstleistungen näherungsweise zu ermitteln:

$$(17) \quad \log S_T = \log CS_T - \log p_{S_T}.$$

**Kapitalstöcke und  
Energieflüsse für  
Raumwärme**

Für die Dienstleistungen für Raumwärme wird ebenfalls eine Translog-Kostenfunktion spezifiziert, in die jedoch der Wohnungskapitalstock als variabler Faktor eingeht. Der reale Kapitalstock enthält die realen Investitionen und Reparaturen, die die Energieeffizienz des Kapitalstocks erhöhen (z. B. thermische Sanierung). Die variablen Faktoren in diesem Modell sind Energie ( $E$ ) und der Kapitalstock des privaten Wohnbaus ( $K_H$ ).

Die Faktornachfragefunktionen werden wieder mit Hilfe von Shephard's Lemma hergeleitet:

$$(18) \quad \frac{p_E E}{CS_H} = \alpha_E + \gamma_{E,E} \log \left( \frac{p_E}{p_{K_H}} \right) + \rho_{E,S} \log S_H.$$

Im Gegensatz zum Modell für Verkehrsdienstleistungen ist der Kapitalstock hier ein variabler Faktor, sodass Preisinformationen ( $p_{K_H}$ ) benötigt werden.

Die Nachfrage nach den Dienstleistungen "Raumwärme" kann ebenfalls nicht beobachtet werden und wird durch Anwendung der Kostenfunktion und des Divisia-Index approximiert (Harvey – Marshall, 1991):

$$(19) \quad \log p_{S_H} = \left( \frac{p_E E}{CS_H} \right) \log p_E + \left( \frac{p_{K_H} K_H}{CS_H} \right) \log p_{K_H}.$$

$$(20) \quad \log S_H = \log CS_H - \log p_{S_H}.$$

Die zwei Blöcke des Modells können zu einem zusammengefasst werden, und zwar durch Einsetzen der Faktornachfrage der beiden Haushaltsproduktionsmodelle in das AIDS-Modell auf aggregierter Ebene. Per Definition ergeben sich folgende Budgetanteile der Faktor-Inputs im Gesamtkonsum:

$$(21) \quad \frac{p_F F}{C} = \frac{p_F F}{CS_T} \frac{p_{S_T} S_T}{C},$$

$$(22) \quad \frac{p_E E}{C} = \frac{p_E E}{CS_H} \frac{p_{S_H} S_H}{C}.$$

Aus (21) und (22) folgt, dass die Gesamtnachfrage in zwei Komponenten zerlegt werden kann:

- Güternachfrage (hier Faktornachfrage nach Energie) und



- Dienstleistungsnachfrage, wobei die Dienstleistungen entsprechend der Haushaltsproduktionstheorie (Becker, 1965, Lancaster, 1966) mit diesen Energie-Inputs produziert werden.

Im Translog-Modell für die Verkehrsdienstleistungen bewirken die Investitionen  $I$  in neue Investitionsgüter ( $K_V, K_T$ ) technischen Fortschritt und eine Dämpfung der kurzfristigen variablen Kosten. Dieser negative Einfluss des Kapitalstocks auf die variablen Kosten ermöglicht es, "Schattenpreise"  $z_K$  für die Kapitalleistungen zu berechnen:

$$j = V, T, \quad z_{K,j} = -\frac{\partial CS_T}{\partial K_j}.$$

Geschlossen wird das Modell durch die Annahme, dass der aktuelle Kapitalstock sich dem optimalen anpasst, bis im Gleichgewicht der Marktpreis  $p_{K,j}$  und der "Schattenpreis"  $z_{K,j}$  für jeden Kapitalstock übereinstimmen (siehe dazu weiter oben im Kapitel "Faktornachfrage: Kapital"). Hier repräsentiert  $K_T$  die exogene öffentliche Verkehrsinfrastruktur und  $K_V$  den Bestand an privaten Pkw. Annahmegemäß wird die Nachfrage nach Pkw nicht nur durch die Anpassung des aktuellen an den optimalen Kapitalstock bestimmt, sondern auch durch andere ökonomische Variable. Daher ergibt sich eine Investitionsfunktion, die Preis- und Einkommenselemente für Pkw enthält. Das verwendete "Stock-Adjustment"-Modell hat die folgende Form:

$$(23) \quad \log(K_{V,t}) - \log(K_{V,t-1}) = \alpha_{K,V} + \gamma_{K,V} \log\left(\frac{p_{V,t}}{p_{F,t}}\right) + \beta_{K,V} \log\left(\frac{C_t}{P_t}\right) + \tau_1 \log(K_{V,t-1}) + \tau_2 (\log(K_{V,t-1}) - \log(K_{V,t-2})).$$

Der Kapitalstock  $K_V$  folgt im Zeitpunkt  $t$  einem Anpassungspfad an den optimalen Bestand, der eine Funktion der Einkommensvariablen  $\frac{C_t}{P_t}$  und der relativen Preise

$\frac{p_{V,t}}{p_{F,t}}$  ist. Die Anpassung an das Gleichgewicht wird durch die Parameterrestriktion  $\tau_1 < 0$  gewährleistet. Für den Anpassungsterm zweiter Ordnung  $\tau_2$  gilt keine Parameterrestriktion (kann sowohl positiv als auch negativ sein). Die relativen Preisvariablen werden berücksichtigt, weil eine Treibstoffverteuerung einen Anreiz bietet, ein neues treibstoffsparendes Auto zu kaufen. Ausgehend von einer linearen Abschreibungsrate von 20% werden die jährlichen Autokäufe ( $I_V$ ) aus Gleichung (23) abgeleitet.

Die Budgetbeschränkung der privaten Haushalte ist gegeben durch:

$$(24) \quad C = YD - p_V I_V - S$$

mit  $YD$  als dem nominellen verfügbaren Einkommen der privaten Haushalte. Dabei wird das Sparen  $S$  nicht wie in (24) als fixe Größe implementiert, sondern mit Hilfe einer makroökonomischen Konsumgleichung bestimmt.

Das analytische Potential des beschriebenen Ansatzes liegt in der expliziten Formulierung der Verbindung zwischen Dienstleistungen und Güternachfrage. Dadurch können mehr Einflusskanäle auf die Konsumausgaben für Energie und Nicht-Energie als in nicht traditionellen Konsummodellen erfasst werden. Nicht nur die Güterpreise, sondern auch Kapitalstöcke sind wichtig für die Erklärung von Konsummustern. Die Dienstleistungspreise werden auch durch Änderungen der Kapitalstöcke beeinflusst, ohne dass sich die Güterpreise ändern würden. Dadurch entstehen Rückkoppelungen von der Entwicklung teilweise exogener und teilweise endogener Kapitalstöcke auf das Preissystem.

Zur Aufspaltung der Gesamtnachfrage nach einem Gut  $i$  in importierte und heimische Lieferungen wird hier ein modifiziertes AIDS-Modell verwendet. Es vermittelt größere Flexibilität als eine CES-Funktion, wie sie die "Armington"-Spezifizierung vor allem in allgemeinen Gewichtsmodellen vorsieht. Das AIDS-Gleichungssystem für die beiden Komponenten (importiert und heimisch) hat folgende Form ( $MN$  steht für die nominellen Importe,  $QAN$  für den nominellen Output):

## Importe

$$(25) \quad \frac{MN_i}{QN_i} = \alpha_M + \gamma_{M,D} \log p_i + \gamma_{M,M} \log p_{M,i} + \beta_M \log \left( \frac{QN_i}{PQ_i} \right),$$

$$(26) \quad \frac{QAN_i}{QN_i} = \alpha_D + \gamma_{M,D} \log p_{M,i} + \gamma_{D,D} \log p_i + \beta_D \log \left( \frac{QN_i}{PQ_i} \right).$$

In (25) wird der nominelle Anteil des Imports an der Gesamtnachfrage ( $QN_i$ ) durch den heimischen Preis ( $p_i$ ) und den Importpreis ( $p_{M,i}$ ) sowie eine Approximation der realen Gesamtnachfrage  $\left( \frac{QN_i}{PQ_i} \right)$  erklärt. Dabei ist der Preisindex des "Kompositgutes",  $PQ_i$ , wie im Modell des privaten Konsums durch den "Stone-Price"-Index gegeben.

## Arbeitsmarkt und Lohnfunktion

Ausgangspunkt des Sektormodells der Sucharbeitslosigkeit sind aus Daten des Hauptverbandes der österreichischen Sozialversicherungsträger berechneten Stromgrößen auf Sektorebene. Für jeden Sektor wird eine "Beschäftigungsauflösungsrate" ("separation rate")  $s$  exogen gegeben. Ein Anteil  $\gamma_U$  aller Personen, deren Beschäftigungsvertrag gelöst wurde, nimmt nicht unmittelbar wieder eine Beschäftigung auf, d. h.  $(1 - \gamma_U)$  beschreibt den Anteil der Personen, die den Arbeitsplatz wechseln;  $\gamma_U$  und  $(1 - \gamma_U)$  sind die entsprechenden Übertrittswahrscheinlichkeiten. Die Beschäftigungsaufnahmen erfolgen aus der Arbeitslosigkeit oder durch Neueintritt in den Arbeitsmarkt. Die Wahrscheinlichkeit, dass Arbeitslose beschäftigt werden, ist  $h_U$  und jene, dass Neueintretende beschäftigt werden,  $h_p$ . Die Rate des Abstroms aus der Arbeitslosigkeit beträgt  $m_U$ .

Die Veränderung der Arbeitslosigkeit ergibt sich aus

$$(27) \quad \Delta U = \gamma_{Us} L - h_U U - m_U U,$$

jene der Beschäftigung aus

$$(28) \quad \Delta L = h_{ps} L + h_U U - \gamma_{Us} L.$$

Gemäß dem Lohnverhandlungsmodell, wie es in *Pissarides (1990, 1998)* oder *Calmfors - Lang (1995)* dargestellt ist, wird in einem Nash-Verhandlungsprozess der gemeinsame Wert eines Arbeitsplatzes (für Unternehmen und Beschäftigte) im Sektor  $i$  maximiert:

$$(29) \quad w_i = \arg \max (E_i - E^*)^\beta J_i^\beta,$$

mit  $E_i$  als Wert des Arbeitsplatzes für den Beschäftigten,  $E^*$  als Wert der Beschäftigungsauflösung und  $J_i$  als Wert des Arbeitsplatzes für die Unternehmen in Sektor  $i$ . Der Parameter  $\beta$  misst die relative Verhandlungsmacht in diesem Prozess ( $0 < \beta < 1$ ). Im vorliegenden Modell wird  $J_i$  als einfache Funktion von  $\frac{1}{h_i(\theta_i)}$  verstanden. Mit der

Diskontrate  $r$  ergibt sich für die "Bellmann-Gleichungen"<sup>6)</sup>:

$$(30) \quad r E_i = w_i + s E^* - s E_i \quad \text{Wert des Arbeitsplatzes für die Beschäftigten,}$$

$$(31) \quad r E^* = \gamma_U U - (1 - \gamma_U) w^* \quad \text{Wert der Beschäftigungsauflösung,}$$

$$(32) \quad r U = b_U + (w^* - U) + (V_p - U) \quad \text{Wert der Arbeitslosigkeit,}$$

$$(33) \quad r J_i = Y^i - w_i - s J_i \quad \text{Wert des Arbeitsplatzes für das Unternehmen.}$$

Dabei ist  $w_i$  der Lohnsatz im Sektor  $i$  und  $w^*$  jener in der Gesamtwirtschaft, der bei alternativer Beschäftigung erzielt wird. Der Wert der Arbeitslosigkeit ist wesentlich de-

<sup>6)</sup> In der als "Bellmann-Gleichung" bezeichneten Darstellung der Wertfunktion eines (dynamischen) Optimierungsproblems in rekursiver Form scheint der Wert eines Zustands als Summe des aktuellen und des erwarteten Wertes auf. Im Modell der Sucharbeitslosigkeit bestimmen die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den Zuständen eben diese erwarteten Werte in der Wertfunktion.

terminiert von der Arbeitslosenunterstützung  $b_U$  und dem Wert des Verbleibs außerhalb der Erwerbstätigkeit  $V_p$ , der gleich Null gesetzt werden kann. Der Wert des Arbeitsplatzes für das Unternehmen hängt wesentlich vom Grenzprodukt  $Y'$  ab.

Die Bedingung erster Ordnung für (29) lautet (Pissarides, 1990)

$$(34) \quad (E_i - E^*) = \beta(J_i + (E_i - E^*)).$$

Daraus lässt sich unter Berücksichtigung von  $J_i = J_i \left( \frac{1}{h_i(\theta_i)} \right)$  folgende Lohngleichung ableiten:

$$(35) \quad w_i = \beta r E^* + (1 - \beta) \left( Y' + F \left( \frac{1}{h_i(\theta_i)} \right) \right).$$

Dabei werden die Kosten der Angespanntheit des Arbeitsmarktes nach Sektoren ( $c_i, \theta_i$ ) nicht direkt gemessen, sondern durch eine inverse Funktion  $F$  der Beschäftigungsaufnahmerate des Sektors angenähert.

Der wesentliche Unterschied zum Modell der Sucharbeitslosigkeit (Pissarides, 1990, Calmfors - Lang, 1995) besteht darin, dass Arbeitskräfteknappheit dort nicht auf den Lohnsatz wirkt, sondern auf die Arbeitsnachfrage. Bei gleichem Lohnsatz ist die Arbeitsnachfrage umso geringer, je weniger offene Stellen permanent besetzt werden, da die Suche nach geeigneten Arbeitskräften mit Kosten verbunden ist.

Übersicht 2: Elastizitäten in der Lohnfunktion

	Elastizität auf die Beschäftigungsaufnahmerate	Elastizität auf alternative Beschäftigung
Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	- 0,017	0,621
Nahrungs- und Genussmittel, Getränke, Tabakverarbeitung	- 0,069	0,249
Textilien, Bekleidung, Leder, Schuhe	- 0,043	
Holzbe- und -verarbeitung	- 0,107	0,326
Papier, Pappe, Druckerei, Verlagswesen	- 0,033	0,069
Chemikalien, chemische Erzeugnisse	- 0,074	0,566
Waren aus Steinen und Erden, Glas	- 0,049	0,017
Eisen- und Stahlerzeugung, NE-Metalle	- 0,023	0,237
Maschinenbau	- 0,052	0,167
Fahrzeugbau	- 0,063	0,382
Sonstiger produzierender Bereich	- 0,097	0,035
Bauwesen	- 0,058	0,161
Kfz-Handel, Kfz-Reparatur, -Instandhaltung, Tankstellen	- 0,061	
Handelsvermittlung, Großhandel (ohne Kfz-Handel)	- 0,072	0,146
Einzelhandel (ohne Kfz-Handel)	- 0,064	
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	- 1,063	1,089
Verkehr	- 0,030	
Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr, Reisebüros		
Nachrichtenübermittlung	- 0,034	
Kredit- und Versicherungswesen	- 0,044	0,087
Realitätenwesen	- 0,099	0,170
Datenverarbeitung, Datenbanken	- 0,068	
Forschung und Entwicklung, unternehmensbezogene Dienstleistungen	- 0,167	
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	- 0,431	0,964
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	- 0,424	

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Für das Arbeitsmarktmodell in PROMETEUS wurde die Lohnfunktion so spezifiziert, dass eine Verbesserung der Allokation von Arbeitskräften (eine Verringerung der Laufzeit offener Stellen) löhndämpfende Effekte hat. Wie oben ausgeführt berücksichtigt ja die Arbeitsnachfragefunktion zahlreiche andere wichtige Aspekte, nicht jedoch die Kosten der Suche nach Arbeitskräften. Somit wird implizit angenommen, dass die Unternehmen bei größerem Bedarf an Arbeitskräften eher höhere Löhne zahlen als zusätzliche Stellen anzubieten. Der Lohnsatz reagiert somit auf die Beschäftigungsaufnahmerate im eigenen Sektor negativ und auf eine Zunahme der allgemeinen Be-

schäftigungswahrscheinlichkeit für Arbeitslose (die den Wert der Beschäftigungsauflösung  $E^*$  erhöht) positiv.

Das hier skizzierte Modell erlaubt die Spezifizierung von Lohngleichungen nach Sektoren, in denen eine Verringerung der Angespanntheit auf dem Sektorarbeitsmarkt (eine Zunahme der Beschäftigungsaufnahmerate) die Löhne dämpft und eine Erhöhung des erwarteten Einkommens einer alternativen Beschäftigung (das Produkt aus alternativer Beschäftigungswahrscheinlichkeit und alternativem Lohnsatz) die Löhne erhöht. Die alternative Beschäftigungswahrscheinlichkeit ist dabei gegeben durch die gesamtwirtschaftliche Beschäftigungsaufnahmerate (über alle Sektoren) und der alternative Lohnsatz durch den gesamtwirtschaftlichen Lohnsatz.

Wie die Ableitung der Maximierungsbedingung im Lohnverhandlungsmodell darüber hinaus zeigt, werden die Löhne von der Höhe der Arbeitslosenunterstützung und vom Grenzprodukt der Arbeit (angenähert durch die Arbeitsproduktivität) bestimmt. Die Lohngleichungen sind in Niveaus (Logarithmen) spezifiziert und hängen von der Beschäftigungsaufnahmerate im eigenen Sektor ab; daraus lässt sich eine Elastizität der Löhne auf die Beschäftigungsaufnahmerate ableiten. Sie liegt in fast allen Wirtschaftszweigen unter  $-0,1$  und weist nur in drei Dienstleistungssektoren wesentlich höhere Werte auf (Übersicht 2). Im Beherbergungs- und Gaststättenwesen beträgt sie  $-1$ ; in diesem Wirtschaftszweig hat somit eine Verminderung der Angespanntheit bzw. Knappheit spürbare lohndämpfende Effekte.

Der Wert der alternativen Beschäftigung spielt im Lohnbildungsprozess nicht in allen Wirtschaftszweigen eine Rolle, vor allem nicht in den Dienstleistungssektoren. Der Zusammenhang sollte in jenen Sektoren eng sein, in denen die Wechselbereitschaft der Beschäftigten überdurchschnittlich ist. Insgesamt werden aber die lohndämpfenden Effekte besonders stark durchschlagen, wenn sich der Arbeitsmarkt in den Sektoren "Beherbergungs- und Gaststättenwesen", "sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen" und "Gesundheits-, Veterinär und Sozialwesen" entspannt. In diesen Wirtschaftszweigen reagiert der Lohnsatz sehr ausgeprägt auf den Wert der alternativen Beschäftigung, d. h. die Beschäftigungschancen in anderen Sektoren haben großen Einfluss auf die Löhne.

### Energienachfrage: Kohle, Erdöl, Gas und Elektrizität

Die oben ermittelte Gesamtenergienachfrage  $E$  mit Energiekosten  $EC$  wird im Folgenden konsistent auf die Energieträger (Kohle, Erdöl, Gas, Elektrizität) aufgeteilt. Ausgangspunkt ist wie erwähnt eine Generalized-Leontief-Kostenfunktion; zusätzlich wird der technische Fortschritt berücksichtigt. Die Faktornachfrage wird aus diesen Kostenfunktionen mit Shephard's Lemma hergeleitet, wonach die partiellen Ableitungen der Kostenfunktion nach den Faktorpreisen die jeweiligen Inputmengen (Kohle, Erdöl, Gas und Elektrizität) liefern. Aufgrund einer Generalized-Leontief-Kostenfunktion mit den variablen Faktoren Kohle ( $CO$ ), Erdöl ( $OIL$ ), Gas ( $GAS$ ) und Elektrizität ( $EL$ ) sowie einem deterministischen Trend ( $t$ ) erhält man z. B. für die Nachfrage nach Elektrizität:

$$(36) \quad \frac{EL}{E} = \alpha_{EL,EL} + \alpha_{EL,CO} \left( \frac{p_{CO}}{p_{EL}} \right)^{\frac{1}{2}} + \alpha_{EL,OIL} \left( \frac{p_{OIL}}{p_{EL}} \right)^{\frac{1}{2}} + \alpha_{EL,GAS} \left( \frac{p_{GAS}}{p_{EL}} \right)^{\frac{1}{2}} + \delta_{EL} t^{\frac{1}{2}} + \gamma_{EL} t.$$

Analog ergibt sich die Nachfrage nach den anderen Energieträgern. Ökonometrisch geschätzt wird dann ein Nachfragesystem mit 4 Gleichungen (bzw. 3 Gleichungen, wenn die Homogenitätsbedingung vorausgesetzt wird).

Übersicht 3 gibt die Eigenpreiselastizitäten der einzelnen Energieträger wieder; sie ist analog zu Übersicht 1 zu interpretieren.

Übersicht 3: Preiselastizitäten der Energienachfrage nach Sektoren

	Kohle	Erdöl	Gas	Elektrizität
Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	-	- 0,527	- 1,184	- 0,160
Nahrungs- und Genussmittel, Getränke, und Tabakverarbeitung	-	- 0,120	- 0,011	± 0,000
Textilien, Bekleidung, Leder, Schuhe	-	- 0,311	- 0,506	- 0,002
Holzbe- und -verarbeitung	-	- 0,139	- 1,122	- 0,062
Papier, Pappe, Druckerei, Verlagswesen	- 0,068	- 2,333	- 0,403	- 0,002
Chemikalien, chemische Erzeugnisse	± 0,000	- 0,032	± 0,000	- 0,004
Waren aus Steinen und Erden, Glas	- 0,008	- 0,047	- 0,036	- 0,029
Eisen- und Stahlerzeugung	- 0,078	- 0,392	- 1,012	- 0,065
NE-Metalle	-	- 0,077	- 0,223	- 0,051
Maschinenbau	-	- 0,078	- 0,087	- 0,376
Fahrzeugbau	-	- 0,260	- 0,074	- 0,022
Sonstiger produzierender Bereich	-	- 0,041	- 0,181	- 0,413
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	- 1,742	- 0,204	- 0,111	- 0,016
Haushalte	- 1,000	- 0,065	- 0,151	- 0,060

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Zur Modellierung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung wurde neuerlich eine allgemeine Kostenfunktion mit variablen und fixen Faktoren verwendet; die variablen Kosten der kalorischen Erzeugung  $G_{EL}$  ergeben dabei zusammen mit den fixen Kapitalkosten der nicht-kalorischen erneuerbaren Energie  $\sum_r Z_{r,K} K_r$  ( $r$  = Wasserkraft, Wind und Photovoltaik) die Gesamtkosten  $C_{EL}$ :

$$(37) \quad C_{EL} = G_{EL} + \sum_r Z_{r,K} K_r$$

$$(38) \quad Z_{r,K} = -\frac{\partial G_{EL}}{\partial K_r}$$

Der Schattenpreis für den Kapitalstock der nicht-kalorischen erneuerbaren Energie ergibt sich aus dem Einfluss des Kapitaleinsatzes auf die variablen Kosten der kalorischen Erzeugung laut der folgenden Kostenfunktion:

$$(39) \quad C_{EL} = Q_{EL} \left[ \sum_i \frac{e_i}{\eta_i} p_i + \sum_r Z_{r,K} e_r k_r^h \right]$$

Hier sind  $e_i$  die Anteile der  $i$  variablen Faktoren (Kohle, Erdöl, Gas usw.) an der gesamten Stromerzeugung  $Q_{EL}$ ,  $\eta_i$  und  $p_i$  die entsprechenden Wirkungsgrade und Preise (Preis fossiler Brennstoffe plus spezifische Kapitalkosten). Die Erzeugungsanteile der nicht-kalorischen erneuerbaren Energie sind mit  $e_r$  bezeichnet und haben (gemäß dem Konzept der IEA-Energiebilanz) einen Wirkungsgrad von 1. Der spezifische Kapitalinput der Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie (zu fixen Preisen) ist hier auf Basis durchschnittlicher Betriebsstunden je produzierte Einheit  $\left(\frac{K_r}{Q_r}\right) k_r^h$  angegeben. Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsgrade beträgt die Substitutionselastizität zwischen erneuerbarer Energie und kalorischen Inputs immer  $\frac{1}{\eta_i}$ , da eine Einheit des erneuerbaren Inputs immer entsprechend mehr kalorischen Input verdrängt.

Der Einfluss des Kapitalstocks auf die variablen Kosten der kalorischen Energieerzeugung lässt sich zerlegen in einen Substitutionseffekt und einen Kapitalinput-Effekt. Ersterer determiniert die Dynamik der Anpassung an den "optimalen" Kapitalstock (gemessen als installierte Kapazität in MW) in Abhängigkeit von der Relation zwischen dem "effektiven" Preis kalorischer Energie und den "user costs of capital" in der Erzeugung erneuerbarer Energie. Für den zweiten Effekt wurde zu jeder Technologie zur Nutzung erneuerbarer Energie eine Lernkurve geschätzt, in der der spezifische Kapitalinput  $k_r^h$  selbst von der installierten Kapazität in MW abhängt ("learning by doing").

Energienachfrage in der Elektrizitätserzeugung

Die Elastizität des Kapitalstocks (gemessen als installierte Kapazität in MW) auf die Relation des "effektiven" Preises kalorischer Energie zu den "user costs of capital" beträgt für Windenergie 1,17 und für Photovoltaik 0,78. Zur Schätzung der Struktur der kalorischen Erzeugung wird wieder eine Generalized-Leontief-Funktion verwendet; hier wird im Wesentlichen zwischen Kohle, Gas und Biomasse substituiert. Das entspricht der Annahme, dass Biomasse anders als die anderen erneuerbaren Energieträger nur zum Einsatz kommt, wenn kalorische Erzeugung nachgefragt wird.

**Simulationen mit PROMETEUS: Effekte einer Rohölpreis-erhöhung**

Das neue multisektorale Modell PROMETEUS hat das WIFO bereits zur Evaluierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte von Maßnahmen der aktiven Arbeitsmarktpolitik und zur Prognose der Beschäftigung nach Berufsgruppen verwendet. Für verschiedene Analysen wurde zudem ein mit der Konjunkturprognose des WIFO für 2005 und 2006 vom September 2005 harmonisiertes Basisszenario berechnet. Die Veränderungsra-ten der Nachfrageaggregate können dabei von den Ergebnissen der kurzfristigen Prognose abweichen, weil der in PROMETEUS enthaltene Datensatz der Input-Out-put-Tabelle 2000 nicht voll mit jenem der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung übereinstimmt.

Übersicht 4: Sektoreffekte einer Verteuerung von Rohöl (Brent) um 50% auf Produktion, Beschäftigung und Investitionen

	Produktionswert, real		Unselbständige Beschäftigung		Investitionen	
	2010	2020	2010	2020	2010	2020
	Kumulierte Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung in %					
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fischzucht	+ 0,1	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,1	+ 0,1
Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,8	+ 1,0	+ 0,0	+ 0,0
Nahrungs- und Genussmittel, Getränke, Tabakverarbeitung	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,5	+ 0,5	- 0,6	- 0,3
Textilien, Bekleidung, Leder, Schuhe	- 0,4	- 0,4	- 3,0	- 7,0	- 1,0	- 0,8
Holzbe- und -verarbeitung	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,2	+ 0,6	- 0,2	- 0,3
Papier, Pappe, Druckerei, Verlagswesen	+ 0,0	- 0,1	- 0,3	+ 0,2	+ 0,0	- 0,1
Mineralölverarbeitung, Kokerei	- 1,7	- 1,7	- 6,3	- 9,3	+ 0,0	+ 0,0
Chemikalien, chemische Erzeugnisse	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,1	+ 0,0	+ 0,0
Waren aus Steinen und Erden, Glas	- 0,1	- 0,2	+ 1,4	+ 2,5	- 1,8	- 1,3
Eisen- und Stahlerzeugung, NE-Metalle	+ 0,0	+ 0,0	- 0,2	+ 0,1	- 2,1	- 2,2
Maschinenbau	- 0,1	- 0,1	- 0,1	+ 0,2	- 1,4	- 0,7
Fahrzeugbau	- 0,2	- 0,2	+ 1,3	+ 3,6	+ 0,0	+ 0,0
Sonstiger produzierender Bereich	- 0,1	- 0,2	+ 0,2	+ 0,4	- 0,2	- 0,1
Energie- und Wasserversorgung	- 0,4	- 0,4	+ 0,1	+ 0,4	- 0,9	- 0,1
Bauwesen	+ 0,0	+ 0,0	- 0,9	- 1,1	+ 0,0	+ 0,0
Kfz-Handel, Kfz-Reparatur, -Instandhaltung, Tankstellen	- 2,1	- 2,4	- 1,2	- 1,0	+ 0,0	+ 0,0
Handelsvermittlung, Großhandel (ohne Kfz-Handel)	+ 0,0	+ 0,0	- 0,1	- 0,1	+ 0,0	+ 0,0
Einzelhandel (ohne Kfz-Handel)	- 0,1	- 0,1	- 0,2	- 0,2	+ 0,0	+ 0,0
Beherbergungs- und Gaststättenwesen	- 0,6	- 0,4	- 0,6	- 0,4	- 0,3	- 0,9
Verkehr	+ 0,4	+ 0,4	+ 0,2	- 0,5	+ 0,6	+ 0,6
Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Verkehr, Reisebüros	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,1	+ 0,0	+ 0,0
Nachrichtenübermittlung	+ 0,0	- 0,1	- 2,7	- 3,1	+ 0,0	+ 0,0
Kredit- und Versicherungswesen	+ 0,0	- 0,1	- 0,8	- 1,0	+ 0,0	+ 0,0
Rechtswesen	- 0,5	- 0,4	- 0,1	- 0,1	+ 0,0	+ 0,0
Datenverarbeitung, Datenbanken	- 0,1	- 0,1	- 0,3	- 0,2	- 0,1	+ 0,0
Forschung und Entwicklung, unternehmensbezogene Dienstleistungen	+ 0,0	+ 0,0	- 0,1	- 0,1	+ 0,0	+ 0,0
Sonstige öffentliche und persönliche Dienstleistungen	+ 0,1	+ 0,1	- 0,7	+ 0,3	+ 0,0	+ 0,0
Öffentliche Verwaltung	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0
Unterrichtswesen	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0
Gesundheits-, Veterinär- und Sozialwesen	+ 0,0	+ 0,0	- 0,2	- 0,2	- 0,1	- 0,1
Interessenvertretungen, sonstige Vereine	+ 0,0	- 0,1	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0	+ 0,0
<b>Insgesamt</b>	<b>- 0,1</b>	<b>- 0,1</b>	<b>- 0,2</b>	<b>- 0,2</b>	<b>+ 0,0</b>	<b>+ 0,0</b>

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Vie in nationalen und internationalen Konjunkturanalysen immer wieder betont wird, ist die Entwicklung des internationalen Rohölpreises derzeit der entscheidende Risikoaktor für die Konjunktur. Für die Schätzung der Effekte eines im gesamten Prognosezeitraum (bis 2020) um 50% höheren Rohölpreises auf den Energieverbrauch *Kratena – Wüger, 2005*) setzte das WIFO lediglich den Energieblock des Modells ein, da die Entwicklung der Gesamtwirtschaft dort exogen (als Rahmenbedingung für den Energieverbrauch) gegeben war. Eine vergleichbare Simulationsrechnung wurde nun mit dem integrierten Modell PROMETEUS durchgeführt. Der Energieblock in PROMETEUS unterscheidet sich allerdings in einigen wesentlichen Aspekten vom Energiemodell der WIFO-Energieszenarien: etwa in der Modellierung der Energienachfrage der privaten Haushalte oder des privaten sowie des Güterverkehrs.

Für Übertragung des Erdölpreisschocks auf das österreichische Energiepreissystem werden die in *Kratena – Wüger (2005)* beschriebenen Preisgleichungen verwendet; daraus resultieren die dort beschriebenen Preiseffekte für Kohle, Erdölprodukte, Gas und Elektrizität. Diese Preisschocks bewirken nun in PROMETEUS simultan Effekte auf die Gesamtwirtschaft und auf den Energieverbrauch mit den entsprechenden Wechselwirkungen. Sie haben jedenfalls einen nach Sektoren sehr unterschiedlichen Produktionsrückgang zur Folge, von dem die Branchen "Kfz-Handel, Kfz-Reparatur, Instandhaltung, Tankstellen" und "Mineralölverarbeitung, Kokerei" am stärksten betroffen sind. Überdurchschnittliche Einbußen ergeben sich aber auch für stark von der privaten Konsumnachfrage abhängige Sektoren ("Textilien, Bekleidung, Leder, Schuhe", "Beherbergungs- und Gaststättenwesen").

Der Beschäftigungseffekt fällt mit  $-0,2\%$  (gegenüber dem Basisszenario ohne Erdölpreisschock) insgesamt höher aus als der Outputeffekt. Dies geht auf die Anhebung der Löhne in der Folge der Preisschocks zurück, die in manchen nicht energieintensiven Sektoren (vor allem Dienstleistungen) bei weitgehend konstantem Output die Beschäftigung dämpfen. Ähnlich fallen die Auswirkungen auf die Mineralölverarbeitung aus (die selbst nicht energieintensiv ist); hier kommt zum negativen Outputeffekt ein Substitutionseffekt dazu, sodass die Beschäftigung stark zurückgeht. In der Industrie (vor allem in den energieintensiven Branchen) ergeben sich umgekehrt durch den Anstieg des Energiepreises in Relation zu den Lohnkosten positive Beschäftigungseffekte.

Die Wettbewerbsposition der exponierten energieintensiven Sektoren erlaubt keine volle Überwälzung der Kostensteigerung auf die Outputpreise, sodass die Gewinne und damit die Investitionstätigkeit gedrückt werden. Das betrifft vor allem die Eisen- und Stahlerzeugung sowie den Sektor "Steine und Erden, Glas". Negativ betroffen sind – wegen des Rückgangs des Stromverbrauchs – auch die Investitionen der Energieversorgung und – wegen der Schwäche der privaten Konsumnachfrage – das Beherbergungs- und Gaststättenwesen. Weil aber nur wenige Wirtschaftszweige betroffen sind und der positive Effekt im Verkehrssektor die negative Wirkung in diesen Branchen kompensiert, ergibt sich insgesamt kein messbarer Effekt auf die Investitionstätigkeit (weniger als  $-0,05\%$ ).

Die private Konsumnachfrage reagiert sehr stark auf den Preisschock, allerdings wird der Konsum der Nicht-Energie-Güter insgesamt nicht gedämpft (Wohnungsausgaben und Pkw-Käufe zählen zum Energiekonsum). Der Gesamtkonsum geht bei einem Preisanstieg von 1% um 0,4% zurück. Die Effekte auf die realen Ausgaben für Wohnen entsprechen dem Durchschnitt; das schlägt sich auch im Outputeffekt des Sektors "Realitätenwesen" nieder. Massive Substitutionseffekte ergeben sich innerhalb der Ausgaben für Verkehr: Der Aufwand der privaten Haushalte für den Betrieb von Fahrzeugen wird eingeschränkt, während die Käufe von Fahrzeugen kaum sinken und die Verkehrsdienstleistungen (öffentlicher Verkehr) zunehmen. Letzteres erklärt den insgesamt positiven Effekt auf Output und Investitionen im Verkehrssektor. Die Ausgaben für Erholung und Unterhaltung steigen, das Beherbergungs- und Gaststättenwesen erleidet Einbußen.

Der BIP-Effekt des Erdölpreisschocks liegt mit etwa  $-0,3\%$  unter den Ergebnissen anderer Schätzungen. Verschiedene internationale Studien und Modellsimulationen (vgl. dazu IEA, 2004) errechnen in der Folge einer Steigerung des Rohölpreises um 50% einen kurzfristigen Effekt auf den Konsumentenpreis von etwa  $+0,5\%$  und auf das

BIP von -0,5%. Die bisher vorliegenden Schätzungen für Österreich gehen quantitativ ebenfalls in diese Richtung. Maßgebend für die Abweichung der vorliegenden Schätzung dürfte die volle Integration von Energiesystem und Ökonomie in PROMETEUS sein: Der Rückgang des Energieverbrauchs wirkt kostensenkend und dämpft so die negativen Effekte. Gleichzeitig liegen die Effekte auf die Verbraucherpreise eher über jenen anderer Analysen – der Effekt auf den Lohnsatz entspricht beinahe dem Preiseffekt. Dies kann auf die Verwendung eines anderen Lohn-Preis-Mechanismus in PROMETEUS zurückgehen.

*Übersicht 5: Effekte einer Verteuerung von Rohöl (Brent) um 50% auf den privaten Konsum*

	2010	2020
	Kumulierte Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung in %	
Nahrungsmittel, Getränke, Tabak	+ 0,3	+ 0,2
Bekleidung, Schuhe	- 0,9	- 0,5
Wohnung	- 0,4	- 0,4
Beheizung, Beleuchtung	- 0,5	- 0,5
Kauf von Fahrzeugen	- 0,1	+ 0,0
Waren und Dienstleistungen für den Betrieb von Fahrzeugen	- 3,2	- 3,9
Verkehrsdienstleistungen	+ 0,6	+ 0,7
Erholung, Unterhaltung	+ 0,2	+ 0,2
Gaststätten- und Beherbergungsdienstleistungen	- 0,5	- 0,3
Andere Waren und Dienstleistungen	+ 0,0	- 0,1
Insgesamt	- 0,4	- 0,4

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

*Übersicht 6: Gesamtwirtschaftliche Effekte einer Verteuerung von Rohöl (Brent) um 50%*

	2010	2020
	Kumulierte Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung in %	
BIP, real, zu Preisen von 2000	- 0,3	- 0,3
Privater Konsum, real	- 0,4	- 0,4
Privater Konsum, real, ohne Energieträger	- 0,1	- 0,1
Investitionen	+ 0,0	+ 0,0
Exporte	+ 0,0	+ 0,0
Beschäftigung	- 0,2	- 0,2
Arbeitslosigkeit	+ 1,1	+ 0,8
Arbeitslosenquote	Prozentpunkte	
Löhne pro Kopf	+ 0,1	+ 0,1
Verbraucherpreise	+ 0,6	+ 0,7
	+ 0,8	+ 1,1
	Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung absolut	
Beschäftigung	- 7.913	- 6.896
Arbeitslosigkeit	+ 3.830	+ 3.709

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Der energetische Endverbrauch sinkt insgesamt um 3%; dabei reagiert der Gas- und Elektrizitätsverbrauch schwächer als die Treibstoff- und Kohlenachfrage. Für die in der Raumwärme eingesetzten Erdölprodukte gilt ebenfalls eine geringe Preiselastizität, sodass der Verbrauch auch nur schwach negativ betroffen ist. Die Verringerung des Stromverbrauchs um etwa 2% und die Zunahme des Wärmeverbrauchs schlagen sich in einem Rückgang der Inputs in der kalorischen Erzeugung und einem leichten Anstieg der Inputs in der öffentlichen Wärmeerzeugung nieder.

Insgesamt ergibt sich in diesem Szenario eine Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2020 um rund 4 Mio. t, großteils in den Sektoren Industrie und Verkehr, weil die Preiselastizitäten im Zusammenhang mit den betroffenen Energieträgern in diesen Sektoren überdurchschnittlich sind. Die Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Energie-



versorgung ergibt sich aus der Abnahme des Stromverbrauchs und den Anpassungsreaktionen in der Stromerzeugung. Dabei bleibt die Nutzung von Wasserkraft, Windenergie und Photovoltaik konstant, da deren Potential unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen (Wasserrahmenrichtlinie, Ökostromförderung) im Basisszenario im Wesentlichen ausgeschöpft wird. Der Rückgang des Stromverbrauchs reduziert daher in erster Linie die kalorische Erzeugung; aufgrund der Wirkungsgrade von unter 50% wird dabei ein "Multiplikator" der Primärenergieeinsparung wirksam, die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden überproportional gedämpft (in Relation zum Effekt auf den energetischen Endverbrauch an Elektrizität).

Übersicht 7: Effekte einer Verteuerung von Rohöl (Brent) um 50% auf den Endverbrauch von Energie

	2010	2020
	Kumulierte Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung in %	
Kohle	- 2,3	- 3,0
Erdöl, Brennstoffe	- 1,9	- 2,1
Erdöl, Treibstoffe	- 5,4	- 7,0
Natargas	- 2,1	- 2,5
Erneuerbare Energieträger	+ 0,6	+ 0,8
Elektrische Energie	- 1,9	- 1,6
Fernwärme	+ 1,4	+ 1,8
Insgesamt	- 2,5	- 3,1

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Vom Rückgang der kalorischen Stromerzeugung ist auch die Nutzung erneuerbarer Energieträger (Biomasse) negativ betroffen. Insgesamt besteht der Haupteffekt im Energiesystem in einer Erhöhung der Energieeffizienz und weniger in einer Substitution zu erneuerbarer Energie. Wenn zur Erreichung des Kyoto-Ziels einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Durchschnitt 2008/2012 auf 53 Mio. t (-13% gegenüber 1990) eine Abnahme um 15 Mio. t notwendig ist (wie dies Berechnungen mit PROMETEUS nahelegen), dann würde im Gefolge der Rohölverteuerung um die Hälfte ungefähr ein Fünftel dieses Zieles erreicht.

Übersicht 8: Effekte einer Verteuerung von Rohöl (Brent) um 50% auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Inland

	2010	2020
	Kumulierte Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung in 1.000 t	
Energieversorgung	- 574	- 667
Kleinverbrauch	- 197	- 169
Industrie	- 1.096	- 1.521
Verkehr	- 800	- 1.653
Insgesamt	- 2.666	- 4.009

  

	2010	2020
	Kumulierte Abweichung vom Basisszenario ohne Rohölverteuerung in %	
Energieversorgung	- 3,5	- 3,1
Kleinverbrauch	- 1,5	- 1,5
Industrie	- 4,6	- 5,0
Verkehr	- 3,2	- 4,9
Insgesamt	- 3,4	- 4,2

Q: WIFO-Berechnungen mit dem Modell PROMETEUS.

Die hier gezeigte Simulation der gesamtwirtschaftlichen Effekte einer Rohölverteuerung dienen als Beispiel; das Potential von PROMETEUS liegt vor allem darin, das Energiesystem mit der österreichischen Wirtschaft voll integriert abzubilden und damit alle Maßnahmen und Schocks in beiden Aspekten voll konsistent zu erfassen. Ein

anderes Anwendungsbeispiel für PROMETEUS wäre z. B. die ökonomische Evaluierung eines verstärkten Einsatzes erneuerbarer Energieträger.

Die integrierte Darstellung von Ökonomie, Energiesystem und Ökologie (Emissionen) in PROMETEUS erlaubt die Evaluierung von Kosten und Nutzen der Erreichung umwelt- und energiepolitischer Ziele. Dabei werden einzelwirtschaftliche Aspekte (im Energiesektor selbst) und gesamtwirtschaftliche Aspekte (Kosten der Förderung für die Stromverbraucher, Beschäftigungseffekte der Investitionsverschiebungen von fossiler zu erneuerbarer Erzeugung usw.) aufgezeigt.

## Literaturhinweise

- Allen, C., Hall, St., *Macroeconomic Modelling in a Changing World*, Chichester, 1997.
- Becker, G. S., "A Theory of the Allocation of Time", *The Economic Journal*, 1965, 75, S 493-517.
- Berndt, E. R. (Hrsg.), *The Practice of Econometrics: Classic and Contemporary*, Addison – Wesley, Massachusetts, 1991.
- Berndt, E. R., Hesse, D., "Measuring and Assessing Capacity Utilization in the Manufacturing Sectors of Nine OECD Countries", *European Economic Review*, 1986, 30, S 961-989.
- Calmfors, L., Lang, H., "Macroeconomic Effects of Active Labour Market Programmes in a Union Wage-Setting Model", *The Economic Journal*, 1995, 105(430), S. 601-619.
- Conrad, K., Seitz, H., "The Economic Benefits of Public Infrastructure", *Applied Economics*, 1994, 26, S. 303-311.
- Czerny, M., Hahn, F. R., Schuster, W., Szeider, G., Wölfl, M., Wüger, M., Beschäftigungswirkung der Bausparförderung in Österreich, Teil 2: Entwicklungstendenzen auf dem österreichischen Wohnungsmarkt – Wohnungsnachfrage und Sanierungsbedarf durch Wärmedämmung bis 2005, Studie des WIFO im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Bausparkassen, Wien, 1997.
- Deaton, A., Muellbauer, J., "An Almost Ideal Demand System", *American Economic Review*, 1980, 70(3), S. 312-326.
- Egebo, T., Richardson, P., Lienert, I., "A Model of Housing Investment for the Major OECD Economies", *OECD Economic Studies*, 1990, (14), S. 151-188.
- Flaig, G., Steiner, V., "Markup Differentials, Cost Flexibility, and Capacity Utilisation in West-German Manufacturing", Universität Augsburg, Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe, 1990, (40).
- Hanoch, G., "The Elasticity of Scale and the Shape of Average Costs", *American Economic Review*, 1975, 65(3), S 492-497.
- Harvey, A. C., Marshall, P., "Inter-Fuel Substitution, Technical Change and the Demand for Energy in the UK Economy", *Applied Economics*, 1991, 23(6), S. 1077-1086.
- International Energy Agency (IEA) (Hrsg.), *Analysis of the Impact of High Oil Prices on the Global Economy*, Paris, 2004.
- Kratena, K., Schleicher, St., *Energieszenarien bis 2020*, WIFO, Wien, 2001, [http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo\\_search.get\\_abstract\\_type?p\\_language=1&pubid=20938](http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo_search.get_abstract_type?p_language=1&pubid=20938).
- Kratena, K., Wüger, M., *Energieszenarien für Österreich bis 2020*, WIFO, Wien, 2005, [http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo\\_search.get\\_abstract\\_type?p\\_language=1&pubid=25657](http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo_search.get_abstract_type?p_language=1&pubid=25657).
- Kratena, K., Zakariás, G., "MULTIMAC IV: A Disaggregated Econometric Model of the Austrian Economy", WIFO Working Papers, 2001, (160), [http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo\\_search.frameset?p\\_filename=WIFOWORKINGPAPERS/PRIVATE5409/WP160.PDF](http://publikationen.wifo.ac.at/pls/wifosite/wifosite.wifo_search.frameset?p_filename=WIFOWORKINGPAPERS/PRIVATE5409/WP160.PDF).
- Lancaster, K. J., "A New Approach to Consumer Theory", *Journal of Political Economy*, 1966, 74(2), S. 132-157.
- Meade, D., *The Relationship of Capital Investment and Capacity Utilisation with Prices and Labour Productivity*, Vortrag anlässlich der 12. International Conference on Input-Output Techniques, New York, 1998.
- Morrison, C. J., "Quasi-Fixed Inputs in U.S. and Japanese Manufacturing: A Generalized Leontief Restricted Cost Function Approach", *The Review of Economics and Statistics*, 1988, 70(2), S. 275-287.

### *PROMETEUS: A Multisectoral Macroeconomic Model of the Austrian Economy – Summary*

WIFO has developed a novel disaggregated macroeconomic model of the Austrian economy ("PROMETEUS" – Projecting and Modelling the Economy, Transport and Energy Use for Sustainability) that generates specific simulations of the economic effects of changes and shocks affecting the energy system (such as crude oil price shocks). Through the model's integrated mapping of the economy, energy system and ecology (CO<sub>2</sub> emissions), it is possible to evaluate the costs and benefits attendant to achieving environmental and energy policy objectives, while highlighting economic aspects of both the single (within the energy sector) and overall types (cost, employment effect, etc.).

- Morrison, C. J., "Decisions of Firms and Productivity Growth with Fixed Input Constraints: An Empirical Comparison of U.S. and Japanese Manufacturing", in Hulten, C. (Hrsg.), *Productivity Growth in Japan and the United States*, University of Chicago Press, Chicago, 1990, S. 135-172.
- Pissarides, Ch., *Equilibrium Unemployment Theory*, Basil Blackwell, Oxford, 1990.
- Pissarides, Ch., "The Impact of Employment Tax Cuts on Unemployment and Wages: The Role of Unemployment Benefits and Tax Structure", *European Economic Review*, 1998, 42(1), S. 155-183.
- Stone, R., Rowe, D. A., "The Market Demand for Durable Goods", *Econometrica*, 1957, 25(3), S. 423-443.