

DISS. ETH No. 19028

ENERGY POLICIES, PRICE SHOCKS, AND ECONOMIC CONSEQUENCES

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

FLORENTINE SCHWARK

Dipl.-Wi.-Ing., Universität Karlsruhe (TH)

14.09.1981

citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Lucas Bretschger

Prof. Thomas Rutherford, Ph.D.

2010

Thesis Summary

Energy is a vital factor to economies worldwide. Nevertheless, despite its positive contribution to economic development, the use of energy also entails risks. Possibly the most dangerous consequences in the long run are pollution and climate change. Political attempts aim at limiting global warming by lowering emissions from energy conversion. This can be achieved by either consuming less energy or by substituting technologies via more efficient innovations. Due to better employment of resources, new inventions might even foster economic growth. However, opponents of strict energy policies fear that a reduction of energy use may impede nations' competitiveness and thus their economic development.

Another risk that nations face is the prospect that their great dependency on energy may lead to economic turbulence after sudden changes in the energy supply. Production and transportation are based on energy input to a considerable degree. A shock to prices cannot simply be absorbed by quickly adjusting technologies because innovation takes time.

This thesis addresses these aspects of the relationship between economic development and energy prices. The first two chapters analyze the question of the impact of a carbon tax on the Swiss economy. Our CITE (Computable Induced Technical change and Energy) model, a new computable general equilibrium (CGE) model, is a sectoral representation of the Swiss economy and simulates the economic effects of energy policies. Growth dynamics are based on new growth theory and assume that innovations are endogenous to the model. The specific microeconomic foundation distinguishes this model from other CGE models. The CITE model is the first based on heterogeneous capital and gains from specialization as the main driver for growth.

The first chapter explains in detail how the growth dynamics are modeled and how this relates to new growth theory. All production functions and the optimization problems of market participants are presented. The maximization of consumption over time and the composition of the consumption good from sectoral outputs are described.

The particular specification of investment incentives in the CITE model results in different reactions to an energy policy compared to models with exogenous growth assumptions. In these models, productivity is assumed to increase exogenously, i.e., without efforts of any market participant ("manna from heaven"). The second chapter builds on these differences and analyzes reactions of the CITE model on a carbon tax compared to those of a model with exogenous growth. The results show that sectoral responses are more accentuated, and some sectors behave differently in the CITE model. Consequently, the structural composition of the Swiss economy changes more than in models with exogenous growth. This distinctness of the consequences of an energy policy is of interest for policy makers when they are considering introducing new political measures.

As opposed to anticipated energy policies, energy price shocks pose unexpected challenges to economies. The third chapter examines how strongly the U.S. economy has reacted to sudden changes in the oil price over the last decades. We focus mainly on the relationship of high-frequency (up to 8 years) and medium-frequency (8 to 50 years) business cycles. This chapter extends the analysis of energy price shocks by enlarging the time horizon to 50 years. Literature has thus far only taken the impact on "conventional" business cycles (the high-frequency component) into consideration. However, data shows that oil price shocks are very persistent and influence the economy for years afterwards.

We model this persistence by also applying endogenous growth mechanisms in this model. In the nested production structure we can describe mechanisms for the high- and medium-frequency components of the medium-term cycles. The model can display the general patterns of the data and shows that medium-frequency components outweigh high-frequency components of economic variables after an oil price shock.

Zusammenfassung

Energie ist ein zentraler Faktor für Volkswirtschaften weltweit. Trotz des positiven Beitrags zur ökonomischen Entwicklung bringt der Verbrauch von Energie gleichwohl auch Risiken mit sich. Die möglicherweise gefährlichsten Auswirkungen in der langfristigen Perspektive sind Umweltverschmutzung und der damit einhergehende Klimawandel. Politische Bestrebungen zielen auf eine Begrenzung der globalen Erwärmung ab, indem Emissionen von Energieumwandlung verringert werden. Dies kann zum einen durch einen verringerten Konsum von Energie und zum anderen durch einen Einsatz effizienterer Innovationen anstatt der heutigen Technologien erreicht werden. Durch eine bessere Ausnutzung der Ressourcen könnten neue Erfindungen sogar das wirtschaftliche Wachstum fördern. Jedoch befürchten Gegner von strengen Energiepolitiken, dass eine Verringerung des Energieverbrauchs die Wettbewerbsfähigkeit von Staaten und damit die ökonomische Entwicklung behindern könnte.

Ein anderes Risiko, dem Staaten ausgesetzt sind, ist, dass ihre starke Energieabhängigkeit zu wirtschaftlichen Turbulenzen nach plötzlichen Veränderungen im Energieangebot führen kann. Produktion und Transport hängen zu einem nicht vernachlässigbaren Teil vom Inputfaktor Energie ab. Ein Preisschock kann nicht einfach durch schnelle Anpassungen von Technologien abgemildert werden, da Zeit vergeht, bis Innovationen umgesetzt werden können.

Diese Dissertation betrachtet die oben genannten Aspekte des Verhältnisses zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und Energiepreisen. Die ersten beiden Kapitel untersuchen die Frage nach dem Einfluss einer CO₂-Steuer auf die Schweizer Volkswirtschaft. Unser CITE (Computable Induced Technology and Energy) Modell, ein neues computergestütztes Gleichgewichtsmodell (CGE Modell), ist eine sektorale Darstellung der Schweizer Wirtschaft und simuliert wirtschaftliche Effekte von Energiepolitiken.

Wachstumsdynamiken basieren auf der Neuen Wachstumstheorie und unterstellen, dass Innovationen im Modell endogen sind. Die spezielle mikroökonomische Fundierung unterscheidet dieses Modell von anderen CGE Modellen. Das CITE Modell ist das erste Modell, das auf heterogenem Kapital und Gewinne durch Spezialisierung als Wachstumstreiber basiert.

Das erste Kapitel erklärt im Detail, wie die Wachstumsdynamiken modelliert sind und wie diese in Beziehung zur Neuen Wachstumstheorie stehen. Alle Produktionsfunktionen und die Optimierungsprobleme von Marktteilnehmern werden dargestellt. Weiterhin werden die Maximierung des Konsums über die Zeit und die Zusammensetzung des Konsumguts aus den sektoralen Outputs beschrieben.

Die besonderen Investitionsanreize im CITE Modell rufen andere Reaktionen auf eine Energiepolitik im Vergleich zu Modellen mit exogenem Wachstumsannahmen hervor. In diesen herkömmlichen Modellen wird angenommen, dass die Produktivität exogen wächst, also ohne Zutun von Marktteilnehmern ("Manna vom Himmel"). Das zweite Kapitel baut auf diesen Unterschieden auf und analysiert Reaktionen des CITE Modells auf eine CO₂-Steuer im Vergleich zu einem Modell mit exogenem Wachstum. Die Ergebnisse zeigen, dass sektorale Veränderungen im CITE Modell stärker ausgeprägt sind und dass sich einige Sektoren anders entwickeln. Folglich verändert sich die strukturelle Zusammensetzung der Schweizer Volkswirtschaft mehr als in Modellen mit exogenem Wachstum. Gerade dieser Unterschied in den Konsequenzen einer Energiepolitik ist für Politiker von besonderem Interesse, wenn über eine Einführung neuer politischer Massnahmen nachgedacht wird.

Im Gegensatz zu voraussehbaren Energiepolitiken stellen Energiepreis-Schocks unerwartete Herausforderungen für Ökonomien dar. Das dritte Kapitel untersucht, wie stark die U.S. amerikanische Wirtschaft in den letzten Jahrzehnten auf plötzliche Veränderungen des Ölpreises reagierte. Der Kokus liegt dabei hauptsächlich auf das Verhältnis von Wirtschaftszyklen mit hoher Frequenz (bis zu 8 Jahren) und solchen mit mittlerer Frequenz (8 bis 50 Jahre). Dieses Kapitel erweitert die bisherige Analyse von Energiepreis-Schocks durch eine Verlängerung des Zeithorizontes auf 50 Jahre. In der Literatur wurde bisher nur der Einfluss von „konventionellen“ Wirtschaftszyklen (mit hoher Frequenz) berücksichtigt. Allerdings ist in den Daten zu sehen, dass Ölpreis-

Schocks sehr langlebig sind und die Wirtschaft noch Jahre später beeinflusst.

Wir modellieren diese Beständigkeit ebenfalls durch die Anwendung von endogenen Wachstumsmechanismen in diesem Modell. Mit der verschachtelten Produktionsstruktur können wir Mechanismen für die hohen und mittleren Frequenzen von mittelfristigen Zyklen beschreiben. Dieses Modell ist in der Lage, das allgemeine Muster der Daten wider zu geben, und zeigt, dass nach einem Ölpreis-Schock mittlere Wirtschaftszyklusfrequenzen die Entwicklung von wirtschaftlichen Variablen stärker beeinflusst haben als hohe Frequenzen.