

DISS. ETH NO. 20120

Essays on the Economics of Environmental Policy

A dissertation in submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

BRUNO LANZ

M.Sc. University College London

M.Sc. Université de Lausanne

born on 18 July 1980

citizen of Montreux (VD), Switzerland

Accepted on the recommendation of

Prof. Thomas F. Rutherford (ETH Zurich)

Prof. John Reilly (Massachusetts Institute of Technology)

Prof. Massimo Filippini (ETH Zurich)

2011

Summary

In this thesis, I study methodologically and empirically the demand and supply of environmental quality. The first part comprises two chapters examining preferences for changes in local environmental amenities. In the second part, three chapters study the economic costs of reducing polluting emissions in the context of climate change policy.

The first part of this thesis studies the benefits of local infrastructure investments directed at environmental amenities using discrete choice experiments. In the first chapter, I empirically estimate the relationship between the location of environmental improvements and their value to residents. I consider the following amenities: improved areas of open space, outdoor recreation facilities, street cleanliness, public areas, the restoration of derelict properties, and the provision of paths dedicated to cycling and walking. Empirical results show that subjects derive significant benefits from improvements to their immediate neighborhood, but that they would require compensation if the same improvements were to take place in more distant neighborhoods. From a resource allocation perspective, this implies that investments in local environmental infrastructure of distinct towns are strong complements rather than substitutes.

The second chapter examines the perception of non-market costs and benefits relative to the experienced provision. Based on a discrete choice experiment where subjects traded-off improvements and deteriorations in the provision of waste water treatment services against changes in the service bills, I show that: (i) marginal changes near the initial endowment are given a higher value than subsequent increments, an effect known as ‘diminishing marginal sensitivity’; and (ii) a deterioration of services is given a higher absolute value relative to improvements of the same magnitude, an effect known as ‘loss aversion’. I demonstrate that omitting these well-documented features of individual decision-making from discrete choice experiments analysis can lead to biased policy recommendations. In the dataset I study, this would lead to over-estimating the monetary value of improvements by a factor of three to five, and under-estimating the monetary value of deteriorations by a factor of two to five.

The second part of this thesis focuses on the issue of climate change policy, and I use structural modeling techniques to study the economic costs of carbon dioxide abatement. In chapter three, I quantify the potential for subglobal climate policies to induce a relocation of energy-intensive activities. I suggest that capital intensity and infrastructure constraints strongly hinder the migration of economic activities to locations that do not regulate carbon emissions, even for

highly-traded homogeneous products. In addition, energy-intensive basic materials that trade on global commodity markets are subject to large price fluctuations, and the cost differential induced by a subglobal climate policies is small relative to output price variations. In the context of the copper industry, a model based on plant-level industrial geography and empirical estimates of price responsiveness suggests that about a third of emissions reductions achieved by unilaterally abating countries would be offset by a displacement of carbon-emitting activities to other countries.

Chapter four is methodologically orientated, contrasting alternative representations of the market for electricity in structural economic models. Electricity generation is a major contributor to carbon dioxide emissions, and abatement opportunities in the supply and demand side of the market are key drivers of economy-wide abatement costs. First, I show that economy-wide carbon policies have large general equilibrium inter-sectoral effects, and policy projections based on the electricity sector alone under-estimate emissions abatement and overestimate electricity price increases. Second, I find that widely used top-down representations of electricity generation technologies generate fuel substitution patterns that are inconsistent with bottom-up cost data, which leads to substantial differences in economy-wide welfare costs projections.

The fifth and final chapter studies the incidence of cap-and-trade carbon policies in the presence of price-regulated economic activities. In theory, the initial distribution of allowances does not affect the efficiency property of a cap-and-trade policy, and allocating valuable allowances for free can compensate the compliance costs of market participants. In practice, producers under cost-of-service regulation cannot charge consumers for free allowances, so that output prices will not fully reflect the value of emissions. Within a model of the U.S. electricity sector, where price-regulated regional monopolies have a market-share of around 60%, I show that implicitly subsidizing electricity rates with free permits would weaken incentives to conserve electricity, push up allowances prices, which in turn would more than triple the general equilibrium welfare costs of the policy.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit habe ich Angebot und Nachfrage für Umweltqualität methodisch und empirisch studiert. Der erste Teil besteht aus zwei Kapiteln, in denen die Präferenzen für lokale Umweltannehmlichkeiten untersucht werden. Im zweiten Teil werden in drei Kapiteln die wirtschaftlichen Kosten einer Verringerung der Schadstoffemissionen im Kontext der Politik des Klimawandels studiert.

Der erste Teil dieser Arbeit untersucht mittels Discrete Choice Experimenten Vorteile von Investitionen in lokale Infrastruktur, die auf Umweltqualität abzielen. Im ersten Kapitel wird die empirische Beziehung zwischen der Lokalisierung bestimmter Umweltverbesserungen und ihrem Wert für die Bevölkerung einer Gemeinde untersucht. Ich betrachte dabei folgende Kennzeichen im Bereich der Umweltqualität: Parks und Grünflächen, Freizeitanlagen im Freien, Sauberkeit von Strassen, öffentliche Räume, Restaurierung verfallener Gebäude sowie das Vorhandensein von Fahrrad- und Fussgängerwegen. Die empirischen Ergebnisse zeigen einerseits, dass die Einwohner bedeutende Vorteile aus den Verbesserungen ihrer unmittelbaren Nachbarschaft ziehen, andererseits aber auch, dass sie dieselben Verbesserungen als negativ wahrnehmen, wenn diese in benachbarten Gemeinden angesiedelt sind. Für regionalpolitische Massnahmen geht aus den Ergebnissen hervor, dass lokale Umweltverbesserungen von unterschiedlichen Siedlungen eher als Komplementär - denn als Substitutionsgüter zu betrachten sind.

Im zweiten Kapitel wird die Wahrnehmung einer Steigerung oder einer Verringerung des Angebots von 'non-market goods' untersucht. Bei einem Discrete Choice Experiment wurden von Umfrageteilnehmenden Verbesserungen und Verschlechterungen in der Abwasseraufbereitung bewertet, indem die Dienstleistung Wasseraufbereitung in einem Trade-off einer entweder teureren oder billigeren Rechnung gegenübergestellt wurde. Ich zeige, dass (i) eine marginale Änderung im Dienstleistungsangebot Abwasseraufbereitung von höherem Wert ist, wenn sie sich nahe am Status quo befindet. Dieser Effekt heisst 'diminishing marginal sensitivity'. Weiter zeige ich, dass (ii), eine Verschlechterung der Dienstleistungen einen absoluten Wert hat, der höher als der von einer gleich wichtigen Verbesserung ist, ein Effekt der 'Loss Aversion' genannt wird. Diese Aspekte der individuellen Präferenzen sind in der Literatur gut verankert; sie bei der discrete-choice Analyse auszulassen, könnte zu Fehlschlüssen führen. In den für diese Analyse verwendeten Daten würde dies zu einer Überschätzung des Werts der Verbesserungen von einem Faktor zwischen drei und fünf und zu einer Unterschätzung des Werts der Verschlechterung von einem Faktor zwischen zwei und fünf führen.

Der zweite Teil dieser Arbeit konzentriert sich auf das Thema der politischen Massnahmen gegen Klimawandel. Techniken der strukturellen Modellierung werden benützt, um die wirtschaftlichen Kosten einer Reduzierung von Kohlendioxidemissionen zu studieren. In Kapitel drei quantifiziere ich die Verlagerung der energieintensiven Industrien in Folge einer allfälligen Einführung einer Klimapolitik in den Industrieländern. Trotz einem Unterschied in den Pro-

duktionskosten, der Kapitalintensität und den Einschränkungen eines adäquaten Infrastrukturangebotes ist die Abwanderung der wirtschaftlichen Aktivitäten sehr beschränkt, und dies sogar für viel gehandelte homogene Produkte. Darüber hinaus unterliegen die Rohstoffe, die auf den internationalen Finanzmärkten gehandelt werden und deren Produktion viel Energie verwendet, grossen Preisschwankungen, und die Produktionskostenunterschiede sind relativ klein. Am Beispiel der Kupferindustrie formuliere ich ein Strukturmodell, das die Transportkosten zwischen Produktionswerken einschliesst und in dem das Verhalten der Agenten gemäss ökonomisch geschätzten Preiselastizitäten kalibriert wird. Meine Simulationen sagen voraus, dass ungefähr ein Drittel der Emissionsreduktionen in unilateral agierenden Ländern durch Emissionserhöhungen in anderen Ländern aufgehoben würden.

Im vierte Kapitel präsentiere ich einen methodischen Beitrag zur Modellierung von Strommärkten. Ich vergleiche strukturell verschiedene Formulierungen von Angebot und Nachfrage auf dem Strommarkt in berechenbaren allgemeinen Gleichgewichtsmodellen und partial-analytischen Simulationsmodellen. Die Stromerzeugung verursacht einen Grossteil der Kohlendioxidemissionen und Möglichkeiten zur Reduzierung der Emissionen auf der Angebots- und Nachfrageseite des Marktes beeinflussen somit massgeblich die gesamtwirtschaftlichen Kosten umweltpolitischer Massnahmen, die auf eine Reduzierung der Emissionen abzielen. Die zentralen Ergebnisse dieses Kapitels können wie folgt zusammengefasst werden. Erstens haben umweltpolitische Massnahmen zur Reduzierung von Kohlendioxidemissionen signifikante gesamtwirtschaftliche Auswirkungen in der Form von intersektoralen Gleichgewichtseffekten. Ich zeige, dass eine empirische Evaluation solcher Massnahmen, die lediglich auf partialanalytischen Simulationsmodellen des Stromsektors beruht, zu verzerrten Schätzungen hinsichtlich Emissionsreduktionen und Auswirkungen auf den Strompreis führen kann. Zweitens zeige ich, dass die in allgemeinen Gleichgewichtsmodellen traditionell verwendete ‘Top-down’ Darstellung der Angebotsseite des Strommarktes mit Hilfe von aggregierten Produktionsfunktionen problematisch ist, da die implizierten Substitutionsmöglichkeiten zwischen Technologien nicht im Einklang mit Technologiekosten stehen. Beide Modellparadigmen können somit zu sehr unterschiedlichen Projektionen hinsichtlich der gesamtwirtschaftlichen Kosten umweltpolitischer Massnahmen führen.

Kapitel fünf untersucht die Auswirkungen verschiedener Designelemente eines Emissionshandelssystem in der Gegenwart von preisregulierten Märkten hinsichtlich Effizienz- und Verteilungsgesichtspunkten. Unter Annahme eines vollständigen Wettbewerbs auf allen Märkten hat die urspruengliche Verteilung der Emissionsrechte keinen Einfluss auf die Effizienzeigenschaften eines Emissionshandelssystem. Zudem kann die kostenlose Verteilung von Emissionsrechten die Kosten der Marktteilnehmer kompensieren. Am Beispiel des US-amerikanischen Strommarktes zeige ich, dass Produzenten in Märkten, die einer ‘cost-of-service’ Regulation unterliegen, die durch die freie Zuteilung der Emissionsrechte entstandenen Opportunitätskosten nicht an die Konsumenten weitergeben. Ich entwickle ein empirisch kalibriertes Simulationsmodell des US-amerikanischen Stromsektors, in dem regionale Monopolisten einen Marktanteil von über 60% an der Stromerzeugung haben. Ein Emissionshandelssystem, das auf der freien Zuteilung von Emissionsrechten basiert, führt zu einer implizierten Subvention der Strompreise und vermindert somit die Anreize zur Einsparung von Strom und resultiert zudem in signifikant höheren Preisen für Emissionsrechte. Werden die Emissionsrechte dagegen versteigert oder wird der Wert der frei zugeteilten Emissionsrechte in der Form von ‘lump-sum’ Transferzahlungen an die Konsumenten weitergegeben, so sind bei gleicher Reduktion der Emissionen die gesamtwirtschaftlichen Kosten etwa dreimal so niedrig.

Resumé

A travers cette thèse, j'étudie méthodologiquement et empiriquement l'offre et la demande de qualité environnementale. La première partie comprend deux chapitres examinant les préférences pour la qualité de l'environnement résidentiel. La deuxième partie comprend trois chapitres qui étudient les coûts économiques d'une réduction des émissions polluantes dans le contexte de la politique climatique.

Dans la première partie de cette thèse, j'étudie les bénéfices procurés par des investissements dans des infrastructures locales visant la qualité de l'environnement. Pour ce faire, j'utilise des expériences à choix discrets (discrete choice experiments). Dans le premier chapitre, je quantifie la relation entre la localisation de certaines améliorations environnementales et leur valeur pour les habitants. Je considère les caractéristiques de la qualité de l'environnement suivantes : les parcs et espaces verts, les installations de loisirs en plein air, la propreté des rues, les espaces publics, la restauration de propriétés abandonnées, et, finalement, les chemins pédestres et pistes cyclables. Les résultats empiriques montrent que les habitants tirent d'importants bénéfices des améliorations apportées dans une zone proche de leur lieu de résidence. Cependant, les mêmes améliorations apportées dans des agglomérations voisines sont perçues de manière négative. Du point de vue des politiques publiques régionales, cela suggère que les améliorations de l'environnement local dans des agglomérations distinctes sont des compléments plutôt que des substituts.

Le deuxième chapitre examine la perception d'une augmentation ou d'une diminution de l'offre de biens non-marchands. En me basant sur une expérience dans laquelle les sujets pouvaient choisir des améliorations ou des détériorations des services de traitement des eaux usées en contrepartie d'une facture plus élevée ou plus basse respectivement, je montre que : (i) un changement marginal dans l'offre de service a une plus grande valeur s'il est proche de la dotation initiale, un effet dénommé 'sensibilité marginale décroissante' ; et (ii) une détérioration des services a une valeur absolue supérieure à celle d'une amélioration de même amplitude, un effet appelé 'aversion aux pertes'. Ces aspects des préférences individuelles sont bien documentés dans la littérature, et les omettre lors de l'analyse d'expériences à choix discrets peut conduire à des erreurs importantes. Dans les données utilisées pour ce chapitre, cela conduirait à surestimer la valeur des améliorations par un facteur de trois à cinq, et à sous-estimer la valeur des détériorations par un facteur de deux à cinq.

La deuxième partie de cette thèse se concentre sur les politiques contre les changements climatiques. Des techniques de modélisation structurelle sont utilisées pour étudier le coût économique d'une diminution des émissions de dioxyde de carbone. Dans le troisième chapitre, je quantifie le potentiel de délocalisation des industries consommant beaucoup d'énergie suite à l'introduction d'une politique climatique dans les pays industrialisés. Malgré une augmentation des coûts de production dans les pays sujets à la politique climatique, l'intensité capitaliste et l'offre restreinte d'infrastructures adéquates limitent fortement la migration des activités économiques, et ce même pour les biens homogènes sujets à d'importants échanges internationaux. En outre, les matières premières dont la production requiert beaucoup d'énergie et qui sont traitées sur les marchés financiers internationaux sont sujettes à des fluctuations de prix importantes. Cela rend l'impact de la politique climatique sur les coûts de productions relativement insignifiant. Prenant l'exemple de l'industrie du cuivre, je formule un modèle structurel prenant en compte les coûts de transport entre les usines de production et dans lequel le comportement des agents est basé sur des élasticités-prix estimées économétriquement. Des simulations suggèrent une délocalisation modérée. De plus, environ un tiers des réductions d'émissions dans les pays imposant une taxe sur les émissions seraient compensées par une augmentation des émissions dans les autres pays.

Le quatrième chapitre est méthodologique. Je compare différentes représentations du marché de l'électricité utilisées dans les modèles économiques structurels. La production d'électricité est un contributeur majeur aux émissions de dioxyde de carbone, et les possibilités de réduire les émissions si bien du côté de l'offre que de la demande sont des déterminants importants des coûts économiques des politiques climatiques. Ce chapitre apporte deux résultats principaux. Tout d'abord, je montre que les politiques climatiques affectant l'ensemble de l'économie ont d'importants effets d'équilibre général inter-sectoriels. A cause d'une baisse globale des activités économiques, les simulations de politiques basées sur des modèles ne comprenant que le secteur électrique sous-estiment les réductions d'émissions et surestiment l'augmentation des prix de l'électricité. Deuxièmement, les modèles structurels agrégés fréquemment utilisés pour représenter les technologies de production d'électricité suggèrent des effets de substitution entre combustibles incompatibles avec des données sur les coûts de ces technologies. Cela conduit à des différences substantielles dans les projections des coûts économiques des politiques climatiques.

Le cinquième et dernier chapitre étudie l'incidence des politiques climatiques basées sur un marché de droit à polluer en présence d'industries dont les prix sont régulés par l'état. En théorie, la distribution initiale des permis à polluer n'influence pas le résultat de la politique. De plus, allouer les permis gratuitement peut compenser les coûts de participation pour les industries polluantes. En pratique, les producteurs dont les prix sont sous contrôle étatique ne peuvent pas facturer aux consommateurs les permis reçus gratuitement. Dans ces circonstances, le prix des produits produits sous contrôle étatique ne reflètent pas totalement la valeur des émissions. Je formule un modèle représentant la production d'électricité aux Etats-Unis, où les producteurs dont le prix est réglementé ont une part de marché d'environ 60%. Je montre que subventionner de manière implicite les prix de l'électricité avec des permis gratuits affaiblirait les incitations à économiser l'électricité. En conséquence, les émissions dues à la production d'électricité seraient plus élevées, ce qui augmenterait le prix des permis. En définitive, cela augmenterait le coût économique global de la politique climatique par un facteur supérieur à trois.