

DISS. ETH NO. 21218

**Essays in Energy Economics and Policy:
An Empirical Analysis of the
Determinants of Energy Efficiency
Investment Decisions**

A dissertation submitted to
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

CÉLINE RAMSEIER

Master of Science in Environmental Sciences, ETH Zurich
born December 7, 1980
citizen of Trub (BE), Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Massimo Filippini, examiner
Prof. Dr. Anna Alberini, co-examiner
Prof. Dr. Stefanie Engel, co-examiner

2013

Abstract

The Swiss residential building sector consumes 29% of the end use energy. Improvements of energy efficiency in the building sector hence have an important impact on the country's total energy consumption and thus on the reduction of carbon-dioxide (CO₂) emissions. It seems, however, that often market failures, market barriers, bounded rationality and high transaction costs (e.g. search and information costs) inhibit investments in energy efficiency. This paradox is commonly referred to as the “energy-efficiency gap” (Jaffe and Stavins, 1994b; Brown, 2001; Thompson, 2002) and is used to describe the difference in the observed and the optimal use of energy. The energy efficiency gap describes a situation where households do not invest in new energy saving technology, although it is attractive and sustainable from an economic point of view. In the planning of renovations of buildings, it is therefore crucial to value the possibility of a renovation that improves the energy efficiency of buildings and decreases energy consumption. Renovation measures that improve energy efficiency of buildings not only reduce the cost of space heating, but also improve comfort. However, it is often observed that homeowners, especially single family homes, often choose projects that do not improve the energy efficiency of the building. This thesis aims to shed light on the decision-making process of homeowners when investing in retrofits of their building. The goals of the thesis are the following: (i) to identify the most relevant elements in homeowners' choice of energy (in)efficient retrofits, (ii) to assess the effect of energy consultants on the probability to invest in energy efficiency, (iii) to investigate the importance of economic considerations (e.g. discount rates, personal expectation of future energy prices), (iv) to analyse the impact of different policy measures on the retrofitting decision, and (v) to discuss market barriers and market failures for investments in energy efficiency. To address these questions, two surveys have been performed. The first survey collected data on revealed preferences, i.e., past retrofit decisions of single family

house owners in the years 1996 to 2009. The second survey collected data on stated preferences and confronted homeowners with hypothetical home renovation scenarios. In the following, we present the most important findings of the study.

- (i) We find evidence that information provided by energy consultants is an important factor in the decision to adopt energy efficiency renovation projects. Policy measures that encourage the spreading of information about technical and architectural possibilities such as information campaigns by the government, education measures and professional energy consultations might be a promising way to promote EE renovations of building envelopes (essay 1).
- (ii) Further, we find evidence that energy efficiency renovations are more likely if homeowners expect a strong increase in oil prices, while respondents who are completely uncertain about future oil prices were least likely to invest. This finding is consistent with Hassett and Metcalf (1993), Metcalf and Rosenthal (1995) and Greene (2011a) who find that uncertainty about future energy prices might hinder investments in energy efficiency (essay 1 and essay 3).
- (iii) In essay 2, we find that, as predicted by economic theory, the stated choice of homeowners are responsive to the upfront costs of the renovation projects and to the savings in energy expenses, the time horizon over which such savings would be realized, and the thermal comfort improvement afforded by such renovations. Even more important, the likelihood of undertaking (hypothetical) energy-efficiency renovations increases with the size of the subsidy offered by the Swiss federal government. The discount rate implicit in the responses to the choice questions is low (1.5-2.9%).
- (iv) Moreover, renovations are more likely when respondents believe that climate change considerations are important determinants of home renovations (essay 2).
- (v) In essay 3, we first discuss failures and barriers present in the market for energy services and particularly in the market for energy efficiency renovations in the context of productive efficiency. Second, we empirically investigate from the perspective of homeowners selected market failures and barriers.

We find that market failures and barriers exist in the market for energy services in the building sector and they are perceived to be relevant by homeowners.

Zusammenfassung

In der Schweiz entfallen 29% des Gesamtenergieverbrauches auf Gebäude. Indem die Energieeffizienz in Gebäuden verbessert wird, ist es möglich die Nachfrage nach Energie und die CO₂-Emissionen bedeutend zu verringern. Es scheint allerdings, dass Marktbarrieren und Marktversagen, hohe Transaktionskosten, das heisst Kosten die beispielsweise beim Suchen von Informationen anfallen, sowie begrenzte Rationalität energieeffiziente Investitionen oft hemmen. Dieses Phänomen wird „energy-efficiency gap“ genannt (Jaffe und Stavins, 1994b; Brown, 2001; Thompson, 2002) und bezeichnet die Differenz vom optimalem zum tatsächlich beobachteten Energieverbrauch; sprich eine Situation, in der Haushalte Investitionen in energieeffiziente Technologien nicht tätigen, obwohl die Investition von einem ökonomischen Gesichtspunkt her attraktiv und nachhaltig wäre. Obwohl es in der Planungsphase von Gebäuderenovationen ausserordentlich wichtig ist, energetische Aspekte miteinzubeziehen, wird tatsächlich häufig beobachtet, dass Eigentümer von Einfamilienhäusern Erneuerungen wählen, die die Energieeffizienz des Gebäudes nicht steigern. Diese Dissertation untersucht den Entscheidungsprozess von Einfamilienhauseigentümern bei Gebäudeerneuerungsprojekten. Die Ziele der Arbeit sind: (i) die Determinanten zu identifizieren, die dazu führen, dass jemand eine energetische oder eine nicht-energetische Erneuerungsvariante wählt; (ii) den Einfluss von Energieberatern auf die Wahrscheinlichkeit einer energetischen Erneuerung abzuschätzen; (iii) die Wichtigkeit von ökonomischen Überlegungen wie zum Beispiel Diskontraten und (persönliche) Energiepreiserwartungen im Entscheidungsprozess zu untersuchen; (iv) die Wirkung von verschiedenen energiepolitischen Massnahmen auf den Erneuerungsentscheid auszuwerten; und (v) Marktbarrieren und Marktversagen, welche energetische Erneuerungen hemmen, zu diskutieren. Um diese Forschungsfragen zu bearbeiten, sind zwei Umfragen durchgeführt worden. Die erste Umfrage basiert auf der Erfassung von tatsächlich durchgeführten Erneuerungsarbeiten in den Jahren 1996-2009

und zeigt Präferenzen von Hauseigentümern unter aktuellen Marktbedingungen auf. Die zweite Umfrage beinhaltet ein sogenanntes Choice Experiment, in welchem Eigentümer von Einfamilienhäusern zwischen vorgeschlagenen Entscheidungssituationen auswählen, was einen Einblick erlaubt, wie Präferenzen unter veränderten, hypothetischen Marktbedingungen ausfallen würden. Die wichtigsten Erkenntnisse der Studie sind:

- (i) Energieberater sind ein wichtiger Faktor im Entscheidungsprozess. Einfamilienhauseigentümer, welche einen Energieberater zuziehen, wählen mit höherer Wahrscheinlichkeit eine energetische Erneuerungsvariante. Energiepolitische Massnahmen, welche die Verbreitung von Informationen über technische und architektonische Möglichkeiten steigern, scheinen daher eine erfolgsversprechende Strategie zu sein, um energetische Erneuerungen der Gebäudehülle zu fördern. Dies können beispielsweise Informationskampagnen oder Bildungsmaßnahmen sowie professionelle Energieberatungen sein (Essay 1).
- (ii) Energetische Erneuerungen werden am ehesten durchgeführt, wenn Hauseigentümer von einer starken Erhöhung der Energiepreise ausgehen. Im Gegensatz dazu sind Hauseigentümer, welche komplett unsicher über die künftige Entwicklung von Energiepreisen sind, am wenigsten bereit eine solche Investition zu tätigen. Diese Ergebnisse sind im Einklang mit Hasset und Metcalf (1993), Metcalf und Rosenthal (1995) sowie Greene (2011a), die gezeigt haben, dass Unsicherheit bezüglich künftigen Energiepreisen Investitionen in Energieeffizienz hemmen können (Essay 1 and Essay 3).
- (iii) Hauseigentümer reagieren im Experiment, wie es die ökonomische Theorie vorhersagt: Sie ziehen Erneuerungsvarianten mit tieferen Investitionskosten, höheren Energieeinsparnissen, längerer Lebensdauer und Komfortverbesserungen vor. Energiepolitisch am wichtigsten ist das Resultat, dass die Wahrscheinlichkeit steigt, im Choice Experiment eine energetische Erneuerung zu wählen, je höher die angebotenen Fördergelder sind. Die Diskontrate, welche aus dem Experiment abgeleitet werden konnte, ist mit 1.5-2% tief (Essay 2).

- (iv) Einfamilienhauseigentümer wählen eher energetische Erneuerungen, wenn sie angeben, dass für sie Überlegungen zu Klima- und Umweltschutz ein wichtiger Faktor im Entscheidungsprozess ist (Essay 2).

- (v) Im Markt für Energiedienstleistungen sind Marktversagen und Marktbarrieren vorhanden und werden von den Konsumenten als wichtig empfunden (Essay 3).