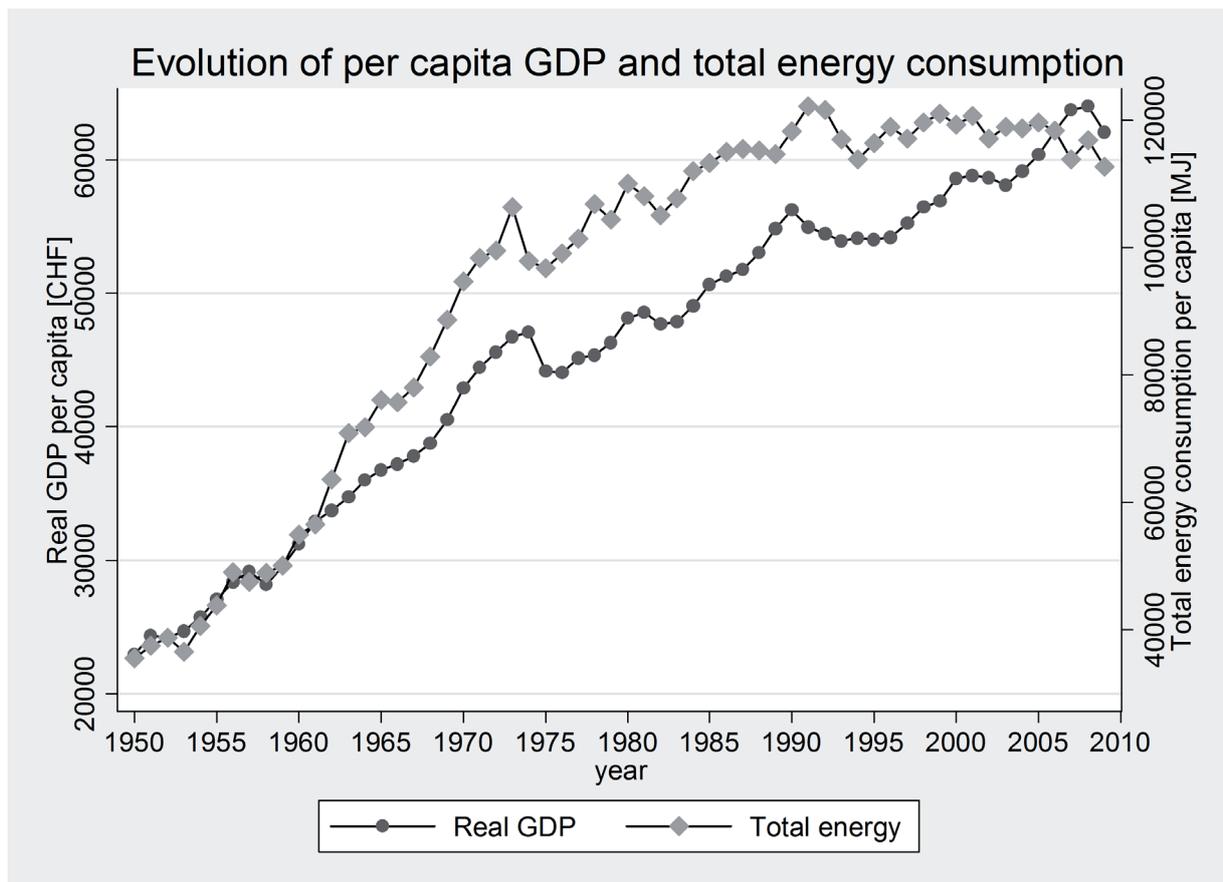


Überblicksbericht 2011

# Forschungsprogramm Energie – Wirtschaft – Gesellschaft



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE  
Office fédéral de l'énergie OFEN

**Titelbild:****Wie können Wachstum und Energiekonsum entkoppelt werden?**

Eine Erhöhung der Energieeffizienz ist zwingend notwendig, um die Ziele der neuen Energiestrategie 2050 des Bundes zu erreichen.

**BFE Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft–Gesellschaft**

Überblicksbericht 2011

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE  
CH-3003 Bern

**Programmleiter BFE (Autor):**

Dr. Nicole A. Mathys, BFE (Nicole.Mathys@bfe.admin.ch)

**Bereichsleiter BFE:**

Dr. Nicole A. Mathys (nicole.mathys@bfe.admin.ch)

[www.ewg-bfe.ch](http://www.ewg-bfe.ch)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

## Einleitung

Es sind Individuen und Firmen, welche in ihrem Alltag Energie verbrauchen und energierelevante Investitionen tätigen. Im Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft–Gesellschaft (EWG) werden ökonomische, soziologische, psychologische sowie politologische Fragestellungen bezüglich der Umwandlung, der Verteilung und der Nutzung von Energie untersucht. Ziel ist es, Marktversagen sowie gesellschaftlich ungewollte Situationen zu identifizieren und geeignete energiepolitische Instrumente zu entwickeln, welche bestimmte energiepolitische Ziele, zum grösstmöglichen gesamtwirtschaftlichen Wohlstand führen. Das Forschungsprogramm dient sowohl der Erarbeitung neuer als auch der Überprüfung bestehender politischer Instrumente.

Als Querschnittsprogramm befasst sich EWG also mit der ganzen Wertschöpfungskette der Energie. Auf der Umwandlungsseite erlaubt dies, die verschiedenen Energietechnologien, sowohl für effiziente Energienutzung als auch erneuerbare und konventionelle Energien nebeneinander zu stellen. Auf der Konsumentenseite wird energierelevantes Verhalten detailliert analysiert und es wird versucht, die treibenden Ursachen des Energieverbrauches zu identifizieren.

Energiemärkte weisen verschiedene Unvollkommenheiten auf, was dazu führen kann, dass nur durch Intervention des Staates volkswirtschaftlich effiziente Resultate möglich sind. In diesen Fällen ist die Intervention des Staates nötig. Marktlücken können

zum Beispiel durch folgende Aspekte hervorgerufen werden. (i) Energie ist ein essenzielles Gut, das heisst: für jede wirtschaftliche Aktivität wird Energie benötigt. Dadurch steht nicht nur der Preis, sondern auch die Versorgungssicherheit und der Service Public im Fokus. (ii) Leitungsgebundene Energieträger haben die Eigenschaft eines natürlichen Monopols, da der Bau von parallelen Netzen nicht wirtschaftlich ist. (iii) Viele Entscheide sind durch lange Investitions- und Nutzungsdauern gekennzeichnet. In solchen Fällen müssen die Akteure langfristige Prognosen annehmen. Dies bringt zwei Arten von Schwierigkeiten mit sich. Erstens muss mit Unsicherheit umgegangen werden und zweitens müssen Geldflüsse in der Gegenwart mit solchen in der Zukunft verglichen werden. (iv) Viele technische Energiesysteme bergen die Gefahr massiver Unfälle. Unfälle, welche nicht durch den Verursacher getragen werden können und die öffentliche Sicherheit beeinträchtigen können. Der Staat ist daran interessiert, diese Risiken zu minimieren. (v) Die Nutzung vieler Energieträger führt zu Emissionen von Schadstoffen. Zurzeit sind die negativen Effekte dieser Emissionen noch nicht in den Preisen reflektiert (Externalität), was zu nicht optimalen Anreizen bei den Akteuren führt. (vi) Die oben genannten Schadstoffemissionen (z.B. CO<sub>2</sub>-Emissionen) und die Knappheit der fossilen Energieträger rücken schlussendlich auch Entscheidungen betreffend der Generationengerechtigkeit ins Licht. Energiepolitik ist aus all diesen Gründen nötig. Sie versucht gleichzeitig so verschiedene

Ziele wie Versorgungssicherheit, Preiswürdigkeit, gesellschaftliche Gerechtigkeit und Umweltverträglichkeit zu erfüllen.

Die in den nächsten Jahren und Jahrzehnten anstehenden Änderungen des Energiesystems und somit der Gesellschaft und der Wirtschaft werden zu Strukturänderungen und damit zu gesellschaftlichem Nutzen aber auch volkswirtschaftlichen Kosten führen. Die Identifikation von optimalen Instrumenten, welche die gewollten Anreize geben, zur Zielerreichung führen und gleichzeitig die Kosten für die Volkswirtschaft so niedrig wie möglich halten, ist daher unerlässlich. Ein besseres Verständnis von Aspekten, welche über die technischen Möglichkeiten hinaus gehen und das individuelle und unternehmerische Verhalten und somit die Märkte beeinflussen, ist die nötige Basis für die Konzipierung effizienter Massnahmen.

Das im Forschungsprogramm erarbeitete Wissen ist die Grundlage für die Behandlung sowohl politischer Geschäfte als auch für die längerfristige Ausrichtung der Energiepolitik und die Weiterentwicklung der internationalen Energieforschung.

IEA Klassifikation: 7.2 Other

Schweizer Klassifikation: 4.1 Energiewirtschaftliche Grundlagen

## Programmschwerpunkte

Das Forschungsprogramm EWG befasst sich mit den energiepolitischen Rahmenbedingungen und dem Verhalten der Akteure in den drei Wirtschaftssektoren «Haushalte» (Gebäude und Elektrogeräte), «Verkehr», «Dienstleistungen und Industrie», wie sie auch den Perspektivmodellen zu Grunde liegen. Dazu kommt der Schwerpunkt «Energiewandlungssektor», in welchem spezifische Fragen betreffend der Strom- und Wärmezeugung sowie der Energieverteilung adressiert werden. Forschungsarbeiten im Bereich «Innovation und Adoption» sollen zu einem besseren Verständnis der Generierung und Übernahme von neuen Technologien und Konzepten führen. Studien, welche politische, ökonomische und sozialen Rahmenbedingungen und deren Effekte sektorübergreifend analysieren, sind im Bereich «Sektor übergreifende Energiepolitik» zusammengefasst. Da dieselben Akteure auf verschiedenen Märkten tätig sind und die knappen Ressourcen in verschiedenen Bereichen verwendet werden können, ist es wichtig, das Verhalten der Marktakteure und das Zusammenspiel der Märkte besser zu verstehen. Zusätzlich werden verschiedene energierelevante Inputdaten und Informationen erarbeitet und den Forschern zur Verfügung gestellt. Dies erlaubt es, vergleichbare Ausgangslagen zu schaffen.

Das Forschungsprogramm EWG initiiert und begleitet sowohl angewandte Forschungsarbeiten an den Hochschulen, als auch politiknahe Projekte bei Beratungsfirmen. Über die letzten Jahre wurde der Anteil an Forschungsarbeiten an den Hochschulen signifikant erhöht.

### Rückblick und Bewertung 2011

Das Forschungsprogramm hat auch dieses Jahr eine breite Palette an Projekten in folgenden drei Schwerpunkten unterstützt und eng begleitet: Erstens sind verschiedene energieökonomische Modelle, jedes mit einem spezifischen Fokus, im Aufbau oder bereits aufgebaut worden. Die Modelle sollen es erlauben, die Effekte energiepolitischer Instrumente auf die Energiemärkte und die Schweizer Volkswirtschaft besser abschätzen zu können (siehe Highlight B). Zweitens soll besser verstanden werden, wie es innovative Projektideen bei KMU im Energiebereich auf den Markt schaffen und wieviel Einsparung mit neuen Technologien bei den Konsumenten tatsächlich erreicht werden kann (siehe Highlight A und C). Drittens werden verschiedene Grundlageninformationen für den Energiebereich erarbeitet. Erste Antworten auf folgende Fragen sollen gegeben werden können: Wie gross ist die wirtschaftliche Bedeutung

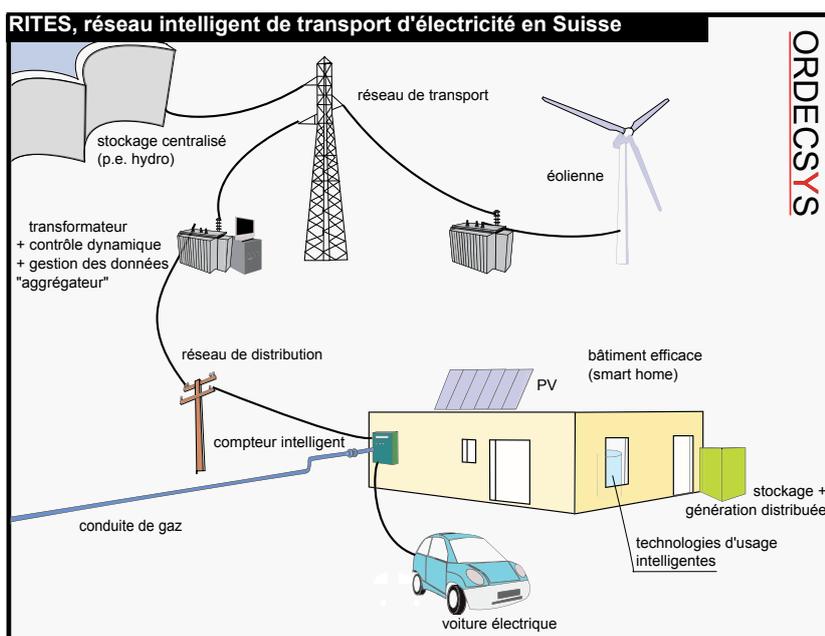
von erneuerbaren Energien? Wie sind die Energiesektoren mit dem Rest der Volkswirtschaft verknüpft? Wie reagiert der internationale Handel auf Preisänderungen und wie gut kann die Industrie Energie mit anderen Inputs substituieren? Solche Informationen werden dann zum Teil wieder in den energieökonomischen Modelle verwendet.

Zusätzlich laufen Projekte im Bereich Konsumverhalten und Gebäudesanierungen. Das Treffen «Experiments for Energy Insights» wurde bereits zum dritten Mal an der ETH Zürich durchgeführt. Doktoranden aus fünf Forscherteams und verschiedenen Disziplinen stellten den Stand ihrer Forschung vor und diskutierten spezifische Annahmen. Dieses Jahr wurden ebenfalls die Hauptarbeiten für eine Spezialpublikation zu Energiemodellierungen im Swiss Journal of Economics and Statistics zusammen mit der EPFL Lausanne geleistet.

### Ausblick

Im Fokus stehen die Herausforderungen der neuen Energiestrategie 2050 des Bundesrates und deren Umsetzung durch optimale energiepolitische Instrumente. Da das Energiesystem und damit auch die Wirtschaft grundlegend revolutioniert werden müssen, stehen Infrastrukturinvestitionen an und kommt neuen Technologien eine grosse Bedeutung zu. Anfang 2012 werden Ausschreibungen zu folgenden Themen stattfinden:

Feldstudien erlauben es, die Beweggründe realer Entscheidungen besser zu verstehen: Was sind die Treiber beim Kauf von langlebigen Konsumgütern? Wie können neue Technologien effizient eingesetzt werden? Ökonometrische Schätzungen geben Hinweise auf die Reaktion der Haushalte und der Wirtschaft auf veränderte Preise. Wie kann die Energiewende gesellschaftlich gemeistert werden? Wie kann Wohlstand gemessen werden und wie hängt er mit dem Energiekonsum und dem Energiesystem zusammen? Wie kann der Nutzen von Versorgungssicherheit ausgewiesen werden? Welche Auswirkungen haben «Principal-Agent-Situationen» im Energiekontext?



Was können Speichertechnologien und ein intelligentes Netz für den Weg in die neue Energiezukunft beitragen?

## Highlights aus Forschung und Entwicklung

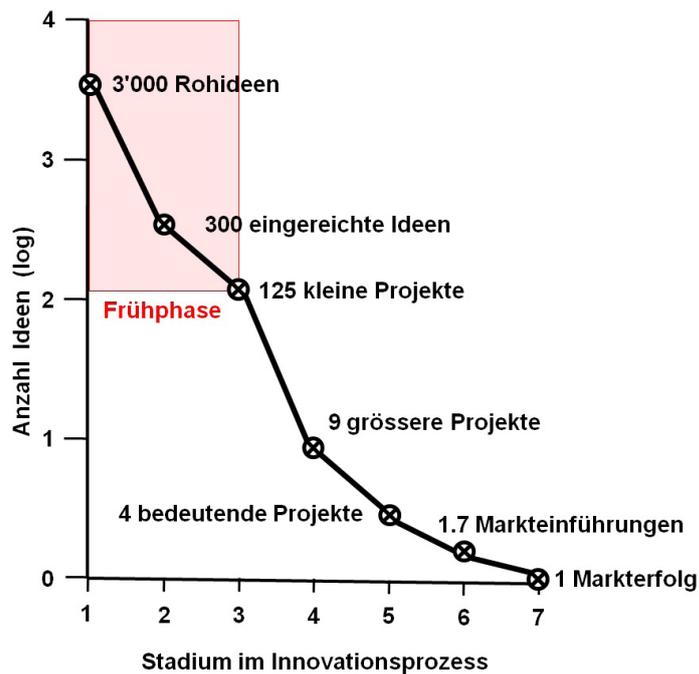
Die Energiewirtschaft, die KMU und die Konsumenten werden je einen signifikanten Beitrag zum Gelingen der Umsetzung der neuen Energiestrategie des Bundes leisten. Die folgenden drei Highlights untersuchen dazu folgende wichtige Fragestellungen: Wie finden innovative Produktideen in unseren KMUs ihren Weg auf den Markt? Wie beeinflussen die energiepolitischen und wettbewerblichen Rahmenbedingungen Investitionen in neue Kraftwerke? Wie reagieren Konsumenten auf verschiedene Anreizmechanismen und Darstellungsarten von Verbrauchsinformationen?

### InnoPower: Untersuchung der Frühphase von Produktinnovationen bei KMU im Energiesektor

Ausgangspunkt dieses Projektes ist die Erkenntnis, dass die Schweiz beim Anteil der innovativ tätigen KMU international einen Spitzenplatz einnimmt. Im Zuge des Umbruchs im Energiesektor ergeben sich für KMU vermehrt Möglichkeiten, ihre angestammten Kompetenzen in den Bereich der erneuerbaren Energien und der Energieeffizienz zu übertragen.

Aufgrund früherer Forschungsarbeiten besteht ein gutes Verständnis der Prozesse im Bereich der Entwicklung sowie der Vermarktung neuer Produkte durch etablierte Unternehmen des Energiesektors. Wenig Beachtung wurde bis anhin jedoch der Frage geschenkt, wie sich KMU von ausserhalb des Energiesektors in einer frühen Phase dafür entscheiden, mittels innovativer Produkte in diesen Markt einzutreten. Basierend auf Forschungsergebnissen anderer Branchen ist davon auszugehen, dass der überwiegende Anteil entsprechender Innovationsideen niemals zur Umsetzung gelangt, da Projekte in einer frühen, noch nicht förderungswürdigen Phase abgebrochen werden. Abbildung 1 verdeutlicht diesen Umstand.

Das Ziel der Forschungsarbeit bestand folglich darin, Ansatzpunkte zur Steigerung der Anzahl und Qualität innovativer Produktideen von KMU für den Energiesektor herauszuarbeiten. In einem ersten Schritt wurde mittels Fall-



Selektionsprozess für Innovationsideen in der Frühphase (Stevens & Burley, 1997)

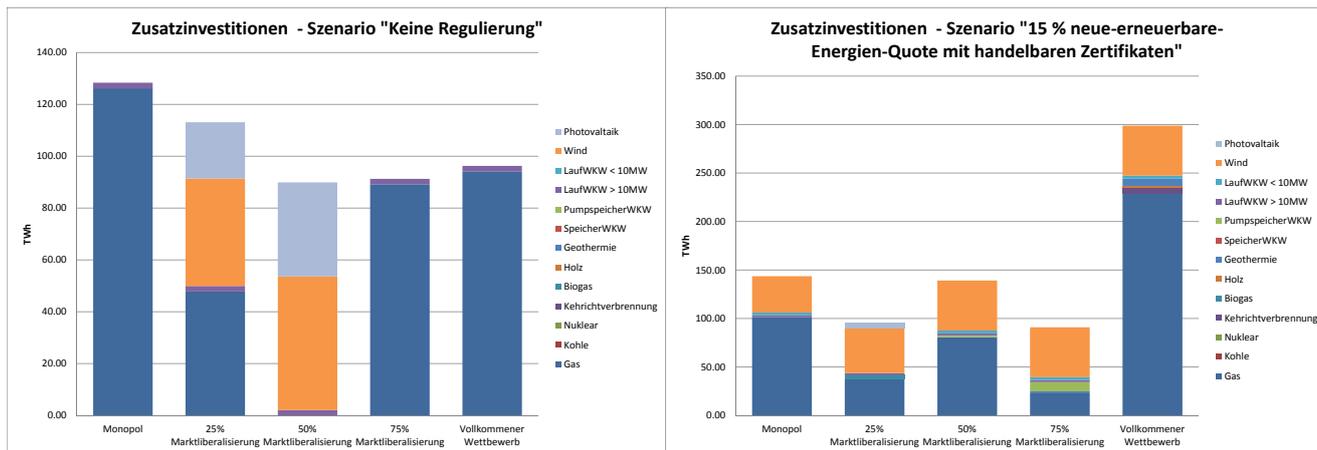
Figur 1: Von der Idee zum Markterfolg.

studien erfolgreicher Unternehmen ein Verständnis des frühen Innovationsprozesses innovativer KMU geschaffen (Prozesse der Ideenfindung, -bewertung und -selektion). Bei der Untersuchung wurde ein Fokus auf Unternehmen gelegt, welche im untersuchten Zeitraum erstmals mit einer Produktinnovation im Energiesektor aufgefallen sind. Bei grösseren KMU sowie technologischen Start-ups wurde dabei ein eher Methoden-gestütztes Vorgehen vorgefunden, wie es auch für Grossunternehmen charakteristisch und in der Literatur gut dokumentiert ist. Diese Unternehmen erstellen in der Regel einen Business Plan und klären bereits in einer frühen Phase technische Machbarkeit und potenzielle Marktnachfrage mittels strukturierter Prozesse ab. Sie treten oft mit klaren Fragestellungen an Hochschulen heran und profitieren vom Zugang zu technischer Expertise und Marktdaten.

Die Untersuchung hat zudem einige von der bestehenden Forschung abweichende Erkenntnisse zutage gefördert. Kleine bis mittelgrosse KMU weichen oft sehr stark von dem oben beschriebenen Vorgehen ab und lassen sich bei der Suche nach Innovationsideen

stärker von der Intuition und Erfahrung einer oder weniger zentraler Personen im Unternehmen leiten. Formalisierte Prozesse und Entscheidungskriterien werden oftmals nicht angewendet. Bei der Evaluierung von Innovationsideen stehen weniger objektive Kriterien als vielmehr die subjektiv empfundene Machbarkeit, basierend auf den im Unternehmen vorhandenen Kompetenzen, im Vordergrund. Diese ebenfalls erfolgreichen Unternehmen verfolgen in der Frühphase somit eine alternative, in der Forschung noch wenig untersuchte Vorgehensweise.

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde in einer zweiten Phase ein stärker auf unternehmerische Erfahrung und heuristische Entscheidungsfindung ausgerichtetes Modell der frühen Innovationsphase entwickelt. Anstelle von Prognose und Planung legt dieses grösseren Wert auf eine Beschränkung des Verlustrisikos, die unmittelbare Kontrolle von Ressourcen, die Erhaltung der Flexibilität sowie eine frühe Einbindung externer Partner. Das Modell wurde mittels einer Umfrage bei Geschäftsführern produzierender KMU getestet. Hierfür wurde eine Datenbank von rund 500 unabhängigen



Figur 2: Zusatzinvestitionen

Schweizer KMU aus allen Bereichen des Energiesektors aufgebaut. Auswahlkriterium war das Vorliegen mindestens einer Produktinnovation im Sinne einer Neuproduktentwicklung oder einer erheblichen Anpassung eines bestehenden Produktes in den letzten 5 Jahren. Zudem sollte das Unternehmen dabei eine bestehende Kompetenz erstmals in seiner Geschichte für eine Anwendung im Bereich erneuerbare Energien oder Energieeffizienz genutzt haben. Die Umfrage, welche mit einer Rücklaufquote von knapp über 30 % abgeschlossen wurde, bestätigte den Eindruck aus den Fallstudien. So kam ein strukturiertes, methodengestütztes Vorgehen in der Frühphase verstärkt bei Unternehmen im Grössenbereich von 1 bis 10 sowie bei solchen mit mehr als 50 Mitarbeitenden zum Einsatz. Unternehmen im Bereich von 10

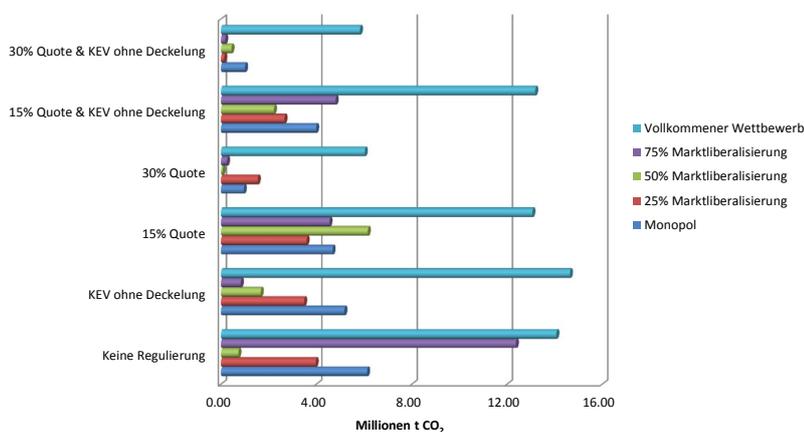
bis 50 Mitarbeitenden setzten hingegen stärker auf ein iteratives und inkrementelles Vorgehen.

Ansatzpunkte zur Unterstützung der letzteren Gruppe von Unternehmen in der Frühphase sind weniger konkrete technische Abklärungen als vielmehr die Sensibilisierung auf die Chancen des Energiesektors und das proaktive Aufzeigen potenzieller neuer Anwendungsfelder. Zudem profitieren diese Unternehmen von der Mitarbeit an Projekten mit ungewöhnlichen technischen Anforderungen sowie Möglichkeiten des Austausches mit potenziellen Anwendern im Energiesektor.

### Wirkung von Energie-, Klima- und Wettbewerbspolitik auf Technologiewahl im Schweizer Energiemarkt

Ein Ziel der energiepolitischen Strategie der Schweiz ist ein diversifiziertes Energieportfolio inklusive erneuerbarer Energieträger. Die Technologiewahl ist aber eine privatwirtschaftliche Investitionsentscheidung, die auf der Basis wirtschaftspolitischer Rahmenbedingungen getroffen wird. Energie-, Klima- und Wettbewerbspolitik beeinflussen Rahmenbedingungen und Risiken und bieten daher einen Weg zur Zielerreichung. Wie sich die Wirkungen verschiedener Massnahmen im Hinblick auf Diversität und technischen Fortschritt überlagern, ist aber bislang nicht systematisch untersucht worden. Das Projekt befasst sich deshalb mit Aus- sowie Wechselwirkungen politischer Massnahmen (Atomausstieg, Klimapolitik, Technologieförderung sowie Marktliberalisierung) auf die Investitions- und Produktionsentscheidungen im Stromsektor. Ziel der Studie ist die Abbildung von Wechselwirkungen energiepolitischer Massnahmen sowie die Identifikation von Massnahmen, die einen wesentlichen Einfluss auf die Technologiewahl besitzen. Die Technologiewahl wurde zur Darstellung des Investitions- und Produktionsverhaltens von Stromproduzenten unter Kosten-, Wetter- und Nachfrageunsicherheit mikroökonomisch modelliert. Investitionsoptionen werden über technologiespezifische Kostenstrukturen inklusive Risiken dargestellt. Auch die wetterabhängige Volatilität des Ener-

Auswirkungen der Regulierungsinstrumente auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen - Stromangebotsvariante "Neue Energiepolitik"

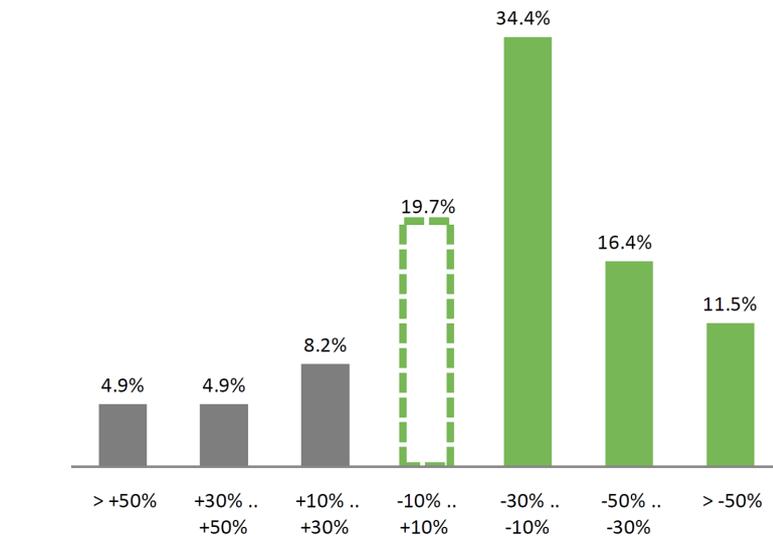


Figur 3: CO<sub>2</sub>-Emissionen.

gieoutputs von erneuerbaren Energieformen (z.B. Wind) und eine veränderliche Elektrizitätsnachfrage sind dabei berücksichtigt. Der Einbezug von Unsicherheit ist wichtig, weil Kosten- und Absatzrisiken eine erhebliche Wirkung auf die Energieträgerwahl haben und ein determinierender Faktor technologischer Diversifikation sind. In einem zweiten Schritt wurde das Modell für die Schweiz aggregiert und kalibriert. Die politischen Szenarien werden über Klima- (CO<sub>2</sub>-Abgabe), Energiepolitik (Ausstieg aus der Kernenergie, KEV ohne Deckelung, Labeling, Quoten mit handelbaren Energiezertifikaten und Elektrizitätsabgabe) und Wettbewerbspolitik (zunehmende Marktliberalisierung der Stromproduktion) abgebildet und numerisch simuliert.

Die Ergebnisse zeigen, dass ein portfoliotheoretischer Mean-Variance-Ansatz (Ansatz, um ein optimales Risiko-Rendite-Verhältnis zu finden) zur Betrachtung nationaler Kraftwerkparks verwendbar ist. Allerdings sind gegenüber der typischen finanzmathematischen Methode Anpassungen an den Energiemarkt notwendig. Dies um die Möglichkeiten von Stromproduzenten zur Regulierung des Einsatzes von Kraftwerkskapazitäten als Reaktion auf Kosten- und Nachfrageschwankungen angemessen zu berücksichtigen.

Die Resultate der numerischen Analyse zeigen deutliche Wechselwirkungen zwischen Energie-, Klima- und Wettbewerbspolitik auf. In allen Szenarien investieren marktbeherrschende Firmen bevorzugt in die profitabelsten Technologien. Da diese Firmen aber das gesamte Investitionsverhalten im Energiesektor strategisch beeinflussen können, haben Regulierungsinstrumente



Figur 4: Änderung des täglichen Wasser- und Energieverbrauchs pro Haushalt nach Einsetzen der Verbrauchsanzeige in Prozent der Teilnehmer.

in unvollständig liberalisierten Energiemärkten auch unbeabsichtigte Auswirkungen. Markteingriffe verändern die Profitabilität einzelner Energieträger und dadurch die Diversifikationsanreize für Stromproduzenten. Dies kann dazu führen, dass marktbeherrschende Firmen unter Regulierung in Energieformen investieren, in welche ohne Regulierung nur kleine Firmen ohne Marktmacht investiert hätten. Dies wiederum kann zur Verdrängung bis hin zum paradoxen Effekt einer Abnahme von erneuerbaren Energien durch die Technologieförderung führen. Mit zunehmender Marktliberalisierung nehmen die unbeabsichtigten Effekte der Energiepolitik aber ab und Instrumente wirken wie beabsichtigt. Am stärksten werden Investitionen in neue erneuerbare Energien über Mengenvorgaben gefördert. Wird die Deckelung bei der

KEV aufgehoben, erübrigt sich das freiwillige Labeling grüner Energie, falls die am Markt erzielbaren Label-Zuschläge unter den Vergütungsansätzen der KEV liegen. Auswirkungen des Ausstiegs aus der Kernenergie hängen ebenso von Liberalisierung wie auch Regulierung ab. Nukleare Kapazitäten werden, falls möglich, in den meisten Szenarien durch Gaskraftwerke ersetzt, was einen erheblichen Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Folge hat.

Das Projekt zeigt erstmals, wie wichtig es ist, die Themenfelder Energie-, Klima- und Wettbewerbspolitik im Energiebereich gemeinsam zu diskutieren, da sich die Ausübung von Marktmacht signifikant auf die Wirkungsweise von Regulierungsinstrumenten und den Erfolg der Förderung erneuerbarer Energien auswirkt.

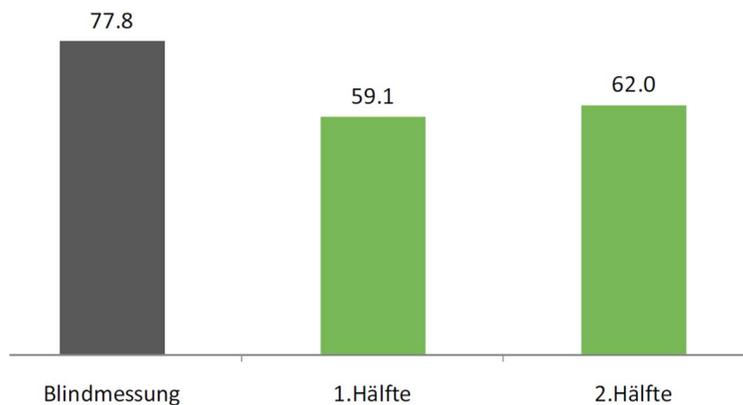
## Pilot- und Demonstrationsprojekte

### Energieeffizienz und Lastverschiebung in Haushalten durch zeitnahe Verbrauchsinformationen

Die Schweiz verfolgt ehrgeizige Energieeffizienz- und Klimaschutzziele. Nachhaltige Formen der Bereitstellung von Wärme und Elektrizität sowie der Einsatz effizienter Technologien auf

Verbraucherseite bilden eine wesentliche Voraussetzung für die Zielerreichung. Darüber hinaus wird der Energieverbrauch zu einem grossen Teil durch das Verhalten der Konsumenten bestimmt. Ob etwa ein Hauseigentümer in zusätzliche Wärmedämmung investiert, Privatpersonen sorgsam mit Warmwasser umgehen, Konsumenten Fahrzeuge mit besonders niedrigen

Emissionswerten bevorzugen oder lastvariable Stromtarife eine Akzeptanz am Markt erfahren, entscheidet letztendlich der Verbraucher – und hat, wegen der Vielzahl der Optionen, einen wesentlichen Anteil an einer nachhaltigen Entwicklung. In diesem Forschungsprojekt wurden verschiedene Massnahmen untersucht und entwickelt, die ein nachhaltiges Verhalten



Figur 5: Durchschnittliche Volumenentnahme pro Tag im Zeitverlauf (Liter).

der Bürger fördern.

Als Datenquellen zur Untersuchung effizienzsteigernder Massnahmen und zur Lastverschiebung beim Elektrizitätsverbrauch dienten das Smart-Metering-Pilotprojekt «iSmart» der BKW FMB Energie AG, die Energieeffizienz-Onlineportale des ETH-Startups BEN Energy AG, eine repräsentative Befragung von 538 Schweizern, sowie eine Feldstudie mit Echtzeit-Verbrauchsanzeigen für die Warmwassernutzung des Unternehmens Amphiro AG. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen: Konsumenten passen ihren Energieverbrauch beim Erhalt von Feedbackinformationen mitunter in erheblichem Masse an, es besteht eine prinzipielle Bereitschaft zu Lastverschiebung beim Strombezug, und das Wissen, welche Haushaltsgeräte hierzu in Frage kommen, ist bei einem ausreichend grossen Kundenkreis vorhanden. Zudem besteht ein Interesse an Tarifen, die eine nachhaltige Nutzung von Energie fördern. Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) können in diesem Zusammenhang einen wichtigen Beitrag zur Motivation und Unterstützung privater Haushalte bezüglich eines nachhaltigen Einsatzes von Ressourcen leisten.

Die Forschungsergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Bereitschaft, sich für eine nachhaltige Energienutzung einzusetzen, stark von Details bei der Umsetzung der Massnahmen und der flankierenden Anreizmechanismen abhängt. So liessen sich bei Darstellungen der jeweiligen persönlichen Verbräuche signifikante Unterschiede

in den Einspareffekten nachweisen, je nachdem, ob vermeintlich kleine Änderungen in der Art der Verbrauchsdarstellung stattfanden. Beispielsweise führte deskriptives Feedback (sinngemäss «Ihr Verbrauch im Vergleich zum Durchschnitt ähnlicher Haushalte») zu einer deutlichen Reduktion bei Vielverbrauchern aber zu einer Steigerung bei Haushalten mit einem von Anfang an niedrigen Verbrauch. Der unerwünschte Effekt konnte jedoch durch alleinigen injunktiven Feedback (sinngemäss «Ihr Verhalten ist wünschenswert») aufgehoben werden. Weiter liessen sich mit geschickt gewählten Funktionen in Energieeffizienz-Onlineportalen signifikante zusätzliche Einsparpotenziale erzielen, etwa durch die Möglichkeit, konkrete Sparziele zu definieren, die Verwendung von Defaults (Voreinstellungen) zur Unterstützung bei der Festlegung ambitionierten, aber noch realistischer Ziele oder die geschickte Wahl von Vergleichshaushalten. Anreize wie Bonuspunkte und Gewinnspiele bilden zudem kostengünstige Massnahmen, um einen effizienten Umgang mit Energie zu fördern.

Neben den Anreizmechanismen und Darstellungsarten spielt der Kontext, in dem Nutzer Verbrauchsinformationen erhalten, eine wichtige Rolle. Wenn Feedback zeitnah erfolgte (im Idealfall während der Handlung), die Informationen ohne Aufwand zugänglich waren (direkt am Ort des Handelns) und der Nutzer grossen direkten Einfluss auf den Verbrauch hatte, liessen sich erhebliche Effekte beobachten. So erzielte eine Anzeige des Warmwasserverbrauchs, welche die Nutzer direkt

in der Dusche anbringen konnten, im Feldversuch mit 160 Personen und 3'164 Duschvorgänge Einsparungen von durchschnittliche 210 kWh pro Jahr und Haushalt bei der Warmwassernutzung. Dies entspricht ca. 20 % des Energieverbrauchs beim Duschen und damit weit mehr als bei in der Literatur dokumentierten Effekten durch weniger zeitnahes Feedback. Der Einsparungseffekt liess sich überraschenderweise sowohl für Teilnehmer nachweisen, welche zu Beginn der Studie angaben, Wasser sparen zu wollen, als auch für diejenigen Nutzer, die keine Absicht zur Verbrauchsreduktion erklärten.

Insgesamt zeigen die Studien, dass «Grüne Informationstechnologie» zur Visualisierung und Abrechnung von Verbräuchen die gewünschten Wirkungen erzielen können, die Grösse der Effekte jedoch stark von der Ausgestaltung des Feedbacks, dem Kontext der Informationsvermittlung und den flankierenden Anreizmechanismen abhängt. Massnahmen, die rein auf das rationale Kundenverhalten abzielen, greifen zu kurz. Sollen Smart-Metering-Infrastrukturen zu den erhofften Effekten bei Privatkunden führen, bedarf es eines geschickten Zusammenspiels von IKT und Verhaltenswissenschaften.

## Nationale Zusammenarbeit

Im Rahmen des Forschungsprogramms Energie–Wirtschaft–Gesellschaft wird eine intensive Zusammenarbeit mit privaten Forschungsstellen, Universitäten, Fachhochschulen, Instituten, anderen BFE-Forschungsprogrammen, anderen Bundesämtern und Kompetenzzentren gepflegt. Weiter wird auf eine intensivere Vernetzung unter den Forschungsstellen grossen Wert gelegt und es werden regelmässig themenspezifische Workshops durchgeführt. Das Forschungsprogramm unterstützt ebenfalls internationale Konferenzen, welche durch Schweizer Institute organisiert werden. Der Einbezug und die Zusammenarbeit mit den Kantonen und den interessierten Fachverbänden sind ebenfalls sehr wichtig.

Die Projekte des Forschungsprogramms werden von speziell eingesetzten Begleitgruppen betreut. Damit kann die vorhandene Fachkompetenz aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik optimal berücksichtigt werden, und die Umsetzung der Forschungsergebnisse wird erleichtert. Die Forschungsergebnisse kommen nebst der Wissenschaft den Kantonen, der Energiewirtschaft sowie verschiedenen Verbänden und Organisationen zugute. Zur Kommunikation der Schlussberichte werden Resultate jeweils unter Interessierten gestreut, an Fachtagungen und akademischen Konferenzen präsentiert und in Fachzeitschriften publiziert.

## Internationale Zusammenarbeit

In diversen Projekten sind internationale Hochschulinstitute oder Forschungsstellen direkt beauftragt oder indirekt beteiligt. Die Berücksichtigung der internationalen Forschungsliteratur und der rege Austausch an Fachkongressen, in Zeitschriften usw. stellt dabei eine Selbstverständlichkeit dar.

Die Schweiz beteiligt sich weiter an folgenden IEA Implementing Agreements:

- Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP) ([www.iea-etsap.org](http://www.iea-etsap.org))
- Demand Side Management (DSM), Task XXIV: Closing the Loop
- Co-Operative Programme on Smart Grids (ISGAN)

## Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(\* IEA-Klassifikation)

- |           |   |          |           |
|-----------|---|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>ENERGIEINVESTITIONEN UND HETEROGENE PRÄFERENZEN</b>  | R+D      | 7*        |
| Lead:     | other   | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Urs Fischbacher <span style="float: right;">urs.fischbacher@uni-konstanz.de</span>  | Period:  | 2008–2011 |
| Abstract: | Was macht Personen aus, die in Energieeffizienz investieren und welche Konsequenzen ergeben sich daraus für Fördermassnahmen? Wir kombinieren Methoden der Experimentalökonomik mit Umfragen und testen inwiefern Grosszügigkeit, Ungleichheitsaversion, Zeit-, und Risiko-Präferenzen für Investitionen in Energieeffizienz relevant sind. |          |           |
- |           |   |          |           |
|-----------|---|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>RESSOURCENERHALTENDE UND ENERGIEEFFIZIENTE ERNEUERUNG DES VORMODERNEN SCHWEIZER GEBÄUDEBESTANDES (RECORE)</b>  | P+D      | 7         |
| Lead:     | ETH Zürich  | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Uta Hassler <span style="float: right;">hassler@arch.ethz.ch</span>   | Period:  | 2011–2012 |
| Abstract: | Die heute üblichen undifferenzierten Erneuerungsstrategien führen im vor-modernen Gebäudebestand oft zu unkontrollierten Energieeinsparungen und Ressourcenverlustsrisiken. . Am vormodernen Bestand Basel-Stadt wrd ein differenzierter, kontrollierter Absenkpfad entwickelt und validiert. |          |           |
- |           |  |          |           |
|-----------|--|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>ETEM-SG: RITES</b>  | R+D      | 7         |
| Lead:     | ORDECSYS   | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Alain HAURIE <span style="float: right;">ahaurie@ordecsys.com</span>   | Period:  | 2011–2012 |
| Abstract: | On développe une analyse basée sur le modèle énergétique bottom-up et régional ETEM-SG qui intègre la représentation des technologies de réseau intelligentes (smart grids) et leur lien avec l'exploitation efficace des énergies renouvelables. Le modèle retenu est compatible avec les modélisations ETEM et TIMES déjà entreprises pour le canton de Genève et la Suisse. Il comportera aussi une analyse du risque via une technique d'optimisation robuste. |          |           |
- |           |  |          |           |
|-----------|--|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>RESSOURCENIMPACT NEUER ARBEITSFORMEN</b>  | R+D      | 7         |
| Lead:     | Ernst Basler & Partner   | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Ingrid Kissling-Näf <span style="float: right;">ingrid.kissling@ebp.ch</span>  | Period:  | 2011–2012 |
| Abstract: | Neue Arbeitsformen werden sehr oft mit einer höheren Lebens- und Arbeitsqualität und einer gesteigerten Produktivität in Verbindung gebracht. Im Rahmen eines BFE-Forschungsprojekts untersucht EBP zusammen mit der Hochschule in Luzern für den Home Office Day 2012, wie die wirtschaftlichen und ökologischen Effekte von verschiedenen Arbeitsformen für verschiedene Unternehmensgrössen aussehen. |          |           |
- |           |   |          |           |
|-----------|---|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>ELASTICITÉS-PRIX DE L'OFFRE DES EXPORTATIONS</b>   |          | 7         |
| Lead:     | Uni Neuchâtel   | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Mehdi Farsi <span style="float: right;">mehdi.farsi@unine.ch</span>   | Period:  | 2011–2012 |
| Abstract: | Présentation sous différents agrégats des élasticité-prix de l'offre des exportations suisses, estimées par l'approche de la maximisation du PIB. Les valeurs agrégées des élasticités sont utilisés pour caractériser la réponse de l'offre des exportations suisses aux changements des prix. |          |           |
- |           |  |          |           |
|-----------|--|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>INNOPOWER: UNTERSUCHUNG DER FRÜHPHASE VON PRODUKTINNOVATIONEN BEI KMU IM ENERGIESEKTOR</b>  | P+D      | 7         |
| Lead:     | Uni St.Gallen  | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Martin Bader <span style="float: right;">martin.bader@unisg.ch</span>  | Period:  | 2008–2011 |
| Abstract: | Ziel des Projektes ist es, ein besseres Verständnis der Aktivitäten von KMU in der Frühphase der Produktinnovation zu erlangen. Diese umfassen das Identifizieren von Opportunitäten, die Ideengenerierung, frühe Selektions- und Entscheidungsprozesse sowie die Rolle der zwischen- und überbetriebliche Kooperation. Die Fragestellungen werden anhand von im Energiesektor tätigen Schweizer KMU untersucht. |          |           |
- |           |   |          |           |
|-----------|---|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>MEHR SCHEIN ALS SEIN? DIE IRRFÜHRENDE WIRKUNG VON SYMBOLISCH BEDEUTSAMEN VERHALTENSWEISEN AUF DIE ENERGIEVERBRAUCHSEINSCHÄTZUNG</b>  | R+D      | 7         |
| Lead:     | ETH Zürich  | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Michael Siegrist <span style="float: right;">msiegrist@ethz.ch</span>   | Period:  | 2009–2011 |
| Abstract: | Menschen tendieren dazu, für Energieverbrauchseinschätzungen einfache Faustregeln heranzuziehen. Symbolisch bedeutsamen Verhaltensweisen kommt dabei eine wichtige Rolle zu. In verschiedenen Experimenten wurde gezeigt, zu welchen Fehleinschätzungen in Bezug auf Energiefreundlichkeit und Energieverbrauch die Übergewichtung von symbolisch bedeutsamen Verhaltensweisen führen kann. Die Stabilität des Effekts konnte eindrücklich demonstriert werden. |          |           |

- |   |  |          |           |
|---|--|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>KUNDENSPEZIFISCHE ENERGIEVERBRAUCHSINFORMATIONEN FÜR ENERGIESPAREN UND LASTVERSCHIEBUNG</b> | R+D      | 7         |
| Lead:   | ETH Zürich   | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Thorsten Staake <span style="float: right;">tstaake@ethz.ch</span>                             | Period:  | 2010–2012 |
| Abstract: In der Studie "Kundenspezifische Energieverbrauchsdaten für Energiesparen und Lastverschiebung" untersucht das Bits to Energy Lab der ETH Zürich/Universität St.Gallen gemeinsam mit den BKW FMB, in welcher Form Informationen über den Energieverbrauch an den Kunden präsentiert werden sollen, um diesen für Energiesparen und Lastverschiebung zu begeistern. Desweiteren wird untersucht, inwiefern unterschiedliche Anreizmechanismen zu höheren Energieeinsparungen beim Kunden führen. |  |          |           |
- |  |   |          |           |
|--|---|----------|-----------|
| <b>●</b>   | <b>FORSCHUNGSPROJEKT CITE - WEITERENTWICKLUNGEN</b>                     | P+D      | 7         |
| Lead:  | ETH Zürich  | Funding: | BFE       |
| Contact:   | Lucas Bretschger <span style="float: right;">lbretschger@ethz.ch</span> | Period:  | 2011–2013 |
| Abstract: Im Rahmen dieses Projektes soll das an der ETH entwickelte Computable Induced Technical Change and Energy (CITE) Model (vgl. Projekt 101844) schrittweise weiter ausgebaut werden. Im Vordergrund steht dabei zuerst eine Verfeinerung des Energiesektors, basierend auf der kürzlich erstellten Energie-Input-Output Tabelle. Konkret sollen im Modell dabei in Zukunft mehrere fossile (Öl, Gas, Fernwärme) und nicht-fossile (Kernenergie, Wasser, Biomasse, "neue" Erneuerbare) Energieträger unterschieden werden können. |   |          |           |
- |  |   |          |           |
|--|---|----------|-----------|
| <b>●</b>   | <b>ENERGIEBEZOGENE DIFFERENZIERUNG DER INPUT-OUTPUT-TABELLE 2008</b>          | R+D      | 7         |
| Lead:  | Rütter+Partner  | Funding: | BFE       |
| Contact:   | Carsten Nathani <span style="float: right;">carsten.nathani@ruetter.ch</span> | Period:  | 2011–2012 |
| Abstract: Input-Output-Tabellen (IOT) stellen eine wichtige ökonomische Datenbasis für energiewirtschaftliche Analysen dar (u.a. mit CGE-Modellen). Das Projekt verbessert die Abbildung der energie- und transportbezogenen Transaktionen in der Schweizerischen IOT 2008. Zudem werden die Energie- und Verkehrsbranchen in der IOT deutlich stärker disaggregiert als in der publizierten IOT. Die energiebezogene IOT wird der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt. |   |          |           |
- |   |   |          |           |
|---|---|----------|-----------|
| <b>●</b>  | <b>VOLKSWIRTSCHAFTLICHE BEDEUTUNG ERNEUERBARER ENERGIEN IN DER SCHWEIZ</b>    | R+D      | 7         |
| Lead:   | Rütter+Partner  | Funding: | BFE       |
| Contact:  | Carsten Nathani <span style="float: right;">carsten.nathani@ruetter.ch</span> | Period:  | 2010–2012 |
| Abstract: Im Projekt wird untersucht, welche wirtschaftliche Bedeutung die Nutzung erneuerbarer Energien heute in der Schweiz hat und wie sie sich voraussichtlich bis zum Jahr 2020 entwickeln wird. |   |          |           |
- |  |  |          |                     |
|--|--|----------|---------------------|
| <b>●</b>   | <b>SWISS TIMES ENERGY SYSTEM MODEL (STEM) FOR TRANSITION SCENARIO ANALYSES</b> | R+D      | 7                   |
| Lead:  | Paul Scherrer Institute (PSI)  | Funding: | BFE + PSI (in-kind) |
| Contact:   | Hal Turton <span style="float: right;">hal.turton@psi.ch</span>                | Period:  | 2010–2013           |
| Abstract: Das Ziel dieses Projektes ist das Verständnis zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten des Schweizer Energiesystems, auf der Basis von Entwicklung und Anwendung eines technologie-reichen "bottom-up" Energiemodells, STEM. STEM soll genutzt werden um Szenarien mit Strukturänderungen im Energiesystem zu untersuchen, um die Wirksamkeit zukünftige Energietechnologien und Infrastrukturoptionen zu analysieren. |  |          |                     |
- |  |  |          |           |
|--|--|----------|-----------|
| <b>●</b>   | <b>DIE WIRKUNG VON ENERGIE-, KLIMA- UND WETTBEWERBSPOLITIK AUF TECHNISCHEM FORTSCHRITT UND DIVERSITÄT IN DER SCHWEIZER ENERGIEVERSORGUNG</b> | R+D      | 7         |
| Lead:  | Uni Basel  | Funding: | BFE       |
| Contact:   | Frank Krysiak <span style="float: right;">frank.krysiak@unibas.ch</span>   | Period:  | 2008–2011 |
| Abstract: Das Projekt analysiert welchen Einfluss politische Massnahmen und wirtschaftliche Faktoren auf die Diversifikation des schweizerischen Energieportfolios besitzen. Dazu wird das Investitionsverhalten von Stromproduzenten - in Abhängigkeit von Kosten, Risiken sowie politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen - in einem mikroökonomischen Modell untersucht. |  |          |           |
- |  |   |          |           |
|--|---|----------|-----------|
| <b>●</b>   | <b>ZEITPRÄFERENZEN UND ENERGIESPAREN</b>                                      | R+D      | 7         |
| Lead:  | ETH Zürich  | Funding: | BFE       |
| Contact:   | Andreas Diekmann <span style="float: right;">diekmann@soz.gess.ethz.ch</span> | Period:  | 2009–2012 |
| Abstract: Entscheidungen über energiesparende Investitionen in Privathaushalten fallen aus ökonomischer Sicht oft nicht rational aus. Dadurch gehen teilweise hohe Einsparpotentiale verloren. Dieses Projekt geht den Ursachen solcher Entscheidungen anhand einer erneuten Befragung der Teilnehmer des Schweizer Umweltsurveys 2007 nach. Der Schwerpunkt der Studie liegt auf der Bedeutung von Zeitpräferenzen für das Energiesparen in Privathaushalten. |   |          |           |

- **SUBSTITUTION ELASTICITIES IN SWISS MANUFACTURING SECTORS BETWEEN ENERGY, CAPITAL AND LABOR** R+D 7

Lead:	other	Funding:	BFE
Contact:	Daniel Müller <a href="mailto:daniel.mueller@wirtschaftsstudien.ch">daniel.mueller@wirtschaftsstudien.ch</a>	Period:	2011–2012

Abstract: Ziel des Projekts ist die Schätzung von Substitutionselastizitäten für Schweizer Industriesektoren. Dabei schätzen wir einerseits Preiselastizitäten auf der Grundlage einer translog Kostenfunktion. Zusätzlich schätzen wir auch die technischen Elastizitäten auf der Grundlage einer nested CES Produktionsfunktion. Die Schätzergebnisse der technischen Elastizitäten können in CGE Modellen mit dem Fokus Schweiz verwendet werden.
- **ELECTRICITY MARKETS AND TRADE IN SWITZERLAND AND IST NEIGHBOURING COUNTRIES: BUILDING A COUPLED TECHNO-ECONOMIC MODELING FRAMEWORK (ELECTRA)** R+D 7

Lead:	Econability F. Vöhringer	Funding:	BFE
Contact:	Frank Vöhringer <a href="mailto:voehringer@econability.com">voehringer@econability.com</a>	Period:	2011–2013

Abstract: ELECTRA entwickelt ein gekoppeltes Simulationsmodell für Szenarien, die den Schweizer Stromsektor betreffen. Es wird u.a. den (inter-)nationalen Stromhandel in stündlicher Auflösung simulieren können. Dazu bildet ein Strommodell (neben der Schweiz) Erzeugung und Übertragung in den vier Nachbarländern ab. Gekoppelt werden das neue internationale Strommodell CROSTEM, das Schweizer Gleichgewichtsmodell GENESwIS und das Welthandelsmodell GEMINI-E3.
- **SMART METERING, BERATUNG ODER SOZIALER VERGLEICH - WAS BEEINFLUSST DEN ELEKTRIZITÄTSVERBRAUCH?** R+D 7

Lead:	Uni Lausanne	Funding:	BFE
Contact:	Rafael Lalive <a href="mailto:Rafael.Lalive@unil.ch">Rafael.Lalive@unil.ch</a>	Period:	2010–2013

Abstract: Das Projekt untersucht die Rolle von Information auf den Elektrizitätsverbrauch von Haushalten. Die Studie analysiert dreierlei Arten von Information: Kontinuierliche und detaillierte Information über den eigenen Stromkonsum mittels eines Smart Meters, (ii) Informationsgewinn durch eine professionelle Energieberatung und (iii) Zugang zu Informationen zum Stromkonsum von vergleichbaren Haushalten.
- **TECHNOLOGICAL SUCCESSION AND SUBSTITUTION ELASTICITIES** R+D 7

Lead:	ETH Zürich / KOF	Funding:	BFE
Contact:	Peter Egger <a href="mailto:egger@kof.ethz.ch">egger@kof.ethz.ch</a>	Period:	2010–2013

Abstract: Wir erweitern ein strukturelles allgemeines Gleichgewichtsmodell des internationalen Handels nach Eaton-Kortum um den Energie-Sektor. Wir verwenden Daten von 32 OECD Ländern und kalibrieren das Modell mit heimischen Energiepreisen um die Interdependenzen zwischen länderspezifischer Energieproduktivität, Energienachfrage und Handelsliberalisierung zu untersuchen.







