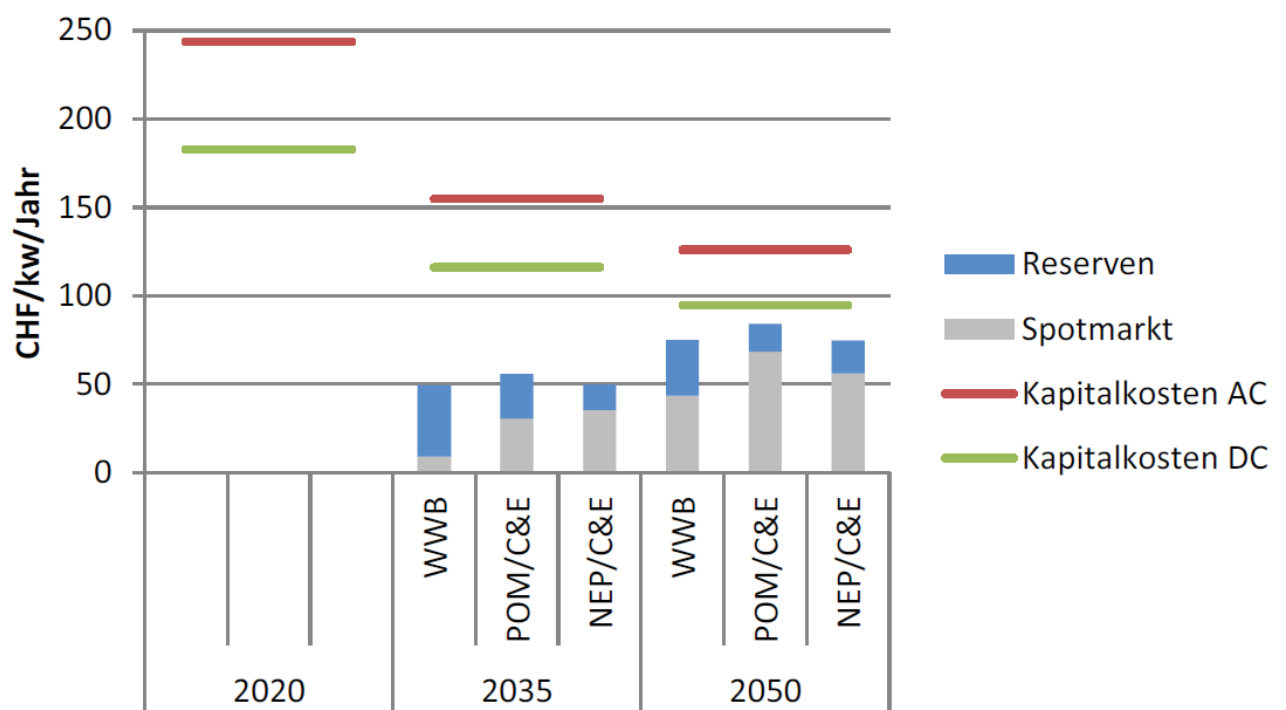


Überblicksbericht 2013

Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft– Gesellschaft



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Energie BFE
Office fédéral de l'énergie OFEN

Titelbild:**Entwicklung der Wirtschaftlichkeit von Energiespeichern [1]**

Entwicklung der Wirtschaftlichkeit von Energiespeichern ohne Einbeziehung der Erlöse aus der Teilnahme am Intraday-Markt und der Erbringung von Regelenergie für die Szenarien «Weiter wie bisher», «Politische Massnahmen Bundesrat» sowie "Neue Energiepolitik" der Energieperspektiven 2050. Diese Szenarien werden mit der Stromangebotsvariante «C&E Fossil-zentral und Erneuerbare» kombiniert, in der von einem verstärkten Zubau der erneuerbaren Stromproduktion ausgegangen wird.

BFE Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft–Gesellschaft

Überblicksbericht 2013

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
CH-3003 Bern

Programmleiterin BFE (Autorin):

Dr. Anne-Kathrin Faust, Bundesamt für Energie (anne-kathrin.faust@bfe.admin.ch)

Bereichsleiterin BFE:

Dr. Anne-Kathrin Faust (anne-kathrin.faust@bfe.admin.ch)

www.ewg-bfe.ch

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

Einleitung

Das Querschnittsprogramm Energie-Wirtschaft-Gesellschaft (EWG) befasst sich mit ökonomischen, soziologischen, psychologischen sowie politologischen Fragestellungen bezüglich der Umwandlung, der Verteilung und der Nutzung von Energie. Das Forschungsprogramm dient sowohl der Entwicklung neuer als auch der Überprüfung bestehender energiepolitischer Instrumente.

Energiemärkte weisen verschiedene Unvollkommenheiten auf, was dazu führen kann, dass nur durch Intervention des Staates volkswirtschaftlich effiziente Resultate möglich sind. 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 Nut-

zungsdauern 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 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. CO₂-Emissionen) und die Knappheit der fossilen Energieträger rücken letztlich 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 volkswirtschaftlichen Auswirkungen, 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 Energie-Wirtschaft-Gesellschaft befasst sich mit den energiepolitischen Rahmenbedingungen und dem Verhalten der Akteure in den drei Wirtschaftssektoren «Haushalte» (Gebäude und Elektrogeräte), «Verkehr» und «Dienstleistungen und Industrie», wie sie auch den Perspektivmodellen zu Grunde liegen. Des weiteren wird im Programmschwerpunkt «Energieforschung und Technologietransfer» analysiert, inwiefern und mit welchen Instrumenten der Staat Innovation und Technologietransfer fördern kann. Fragen der Strom- und Wärmeerzeugung werden unter dem Schwerpunkt «Umwandlungssektor, erneuerbare Energien und Marktordnung» behandelt. Der Bereich »sektorübergreifende Energiepolitik« erstellt Studien, die sich mit den politischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen sowie deren gesamtwirtschaftlichen Einfluss beschäftigen. Diese Forschung dient dazu, das Verhalten der Marktakteure und das Zusammenspiel von verschiedenen Märkten besser zu verstehen, und leistet so zum Beispiel einen wichtigen Beitrag zur Abschätzung der ökonomischen Effekte von möglichen Energieszenarien. Zusätzlich fördert das EWG – Programm die Erarbeitung neuer Datenbasen, die der Forschergemeinde zur Verfügung gestellt werden und so vergleichbare Ausgangslagen schaffen sowie die Qualität angewandter Studien verbessern.

Das Forschungsprogramm EWG initiiert und begleitet sowohl angewandte

Forschungsarbeiten an den Hochschulen, als auch politiknahe Projekte bei Beratungsfirmen.

Rückblick und Bewertung 2013

Das Forschungsprogramm hat auch 2013 eine breite Palette unterschiedlicher Projekte unterstützt. So wurden interessante Erkenntnisse in verschiedenen Bereichen gewonnen. Zum einen wurde in Feldexperimenten der Einfluss von Information auf den Energieverbrauch von Haushalten untersucht (siehe Highlight «Die Auswirkung von Information auf den Stromverbrauch»). Des weiteren wurden die Determinanten von Investitionsentscheidungen in erneuerbare Energien sowie der Einfluss von Energiepreisen auf Innovation analysiert (siehe Highlight «Der Einfluss von Energiepreisen auf grüne Innovation»). Der mögliche Beitrag von Speichertechnologien zum Umbau der Stromversorgung im Rahmen der Energiestrategie 2050 sowie die derzeitige und zukünftige Marktsituation für neue Pumpspeicher (siehe Highlight «Bewertung von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz im Rahmen der Energiestrategie 2050») bildeten 2013 einen weiteren Forschungsschwerpunkt. Ausserdem sind verschiedene energieökonomische Modelle zur Abschätzung der volkswirtschaftlichen Effekte von energiepolitischen Instrumente entwickelt worden oder befinden sich noch in der Entwicklung. Zusätzlich hat das EWG – Forschungsprogramm Projek-

te in den Bereichen Mobilität, neue Arbeitsformen, Energieeffizienz und Demand – Response – Mechanismen unterstützt.

Das diesjährige Treffen der Schweizerischen Gesellschaft für Volkswirtschaft und Statistik fand in Neuchâtel zum Thema «die Energiewende und ihre Herausforderungen» statt. Dieses bot den Forschern ein Forum zur Besprechung ihrer energieökonomischen Forschungsarbeiten.

Ausblick

Viele aktuelle Projekte werden im Jahr 2014 weiterlaufen. Diese versprechen unter anderem Antworten auf Fragen nach den bestimmenden Faktoren beim Kauf von energieverbrauchenden Gebrauchsgütern sowie nach den Reaktionen von Firmen und Haushalten auf veränderte Energiepreise. Auch der Einfluss von Energiekonsum und Energiesystem auf den Wohlstand wird untersucht. Zudem befassen sich Projekte mit der Weiterentwicklung von energieökonomischen Modellen, die es erlauben, die ökonomischen Effekte von möglichen Energieszenarien und energiepolitischen Instrumenten abzuschätzen.

Anfang 2014 wird zudem eine Ausschreibung stattfinden. Geförderte Projekte sollen wichtige Erkenntnisse zur erfolgreichen Umsetzung der Energiestrategie 2050 erarbeiten.

Highlights aus Forschung und Entwicklung

Im Jahr 2013 wurden im Rahmen des EWG – Forschungsprogramms Projekte unterstützt, die breitgefächerte Fragestellungen mit verschiedenen Modellierungsansätzen untersucht haben.

Die Auswirkung von Information auf den Stromverbrauch

Neben einer Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien sieht die Energiestrategie 2050 unter anderem eine Reduzierung des Endenergie- und Stromverbrauches vor. Verschiedene Instrumente können verwendet werden, um diese Abnahme zu erreichen. Eine davon ist eine verbesserte Information der Verbraucher über ihren Stromkonsum. Das EWG – Forschungsprogramm betreut mehrere Projekte, die sich mit dem Energiesparpotenzial beziehungsweise den zeitlichen Verlagerungsmöglichkeiten der Energienachfrage in Haushalten aufgrund verbesserter Information über den Verbrauch beschäftigen. Stellvertretend für diese Forschung wird hier das Projekt «Smart Metering, Beratung oder Sozialer Vergleich: Was beeinflusst den Elektrizitätsverbrauch?» vorgestellt. Diese Studie [2] erforscht, ob und wie sich mittels zusätzlicher Information der Stromverbrauch reduzieren lässt.

Die Studie hat das Verhalten von 5000 Haushalten untersucht, bei denen es sich um ewz - Kunden handelte. Die Teilnehmer wurden nach dem Zufallsprinzip in fünf Gruppen unterteilt, die alle verschiedene Informationen über ihren Stromverbrauch erhalten haben. Die Kontrollgruppe bekam keinerlei zusätzliche Information, während der zweiten Gruppe eine kontinuierliche und detaillierte Information über den eigenen Stromkonsum mittels einer Smart Meter-Anzeige vermittelt wurde. Diese erlaubte es den Haushalten, sich in Echtzeit über ihren Stromkonsum zu informieren. Eine weitere Gruppe hat an einer professionellen Stromberatung teilgenommen, und die letzten beiden Gruppen wurden in verschiedenen Massen über den Stromkonsum eines vergleichbaren Haushaltes informiert.

Im Rahmen der Studie wurden die Stromzähler der Studienhaushalte über

einen Zeitraum von 15 Monaten insgesamt acht Mal abgelesen. Diese Zählerdaten haben so den Stromverbrauch im Quartal vor der Einführung sowie monatlich im ersten Quartal und quartalsweise für die drei verbleibenden Quartale nach Einführung der Intervention gemessen. Studienhaushalten mit Smart Meter-Anzeige wurde ein Smart Metering-fähiger Zähler montiert. Dieser Zähler hat in einem Zeitraum von ein paar Wochen vor, sowie über ein Jahr nach dem Ausliefern der Anzeige den Stromverbrauch viertelstündig aufgezeichnet. Schliesslich wurden alle Studienhaushalte vor Beginn der Intervention, quartalsweise während der Intervention und nach Ablauf der Intervention bezüglich einer Reihe von Merkmalen befragt. Diese Datenbasis erlaubte eine umfassende Beurteilung der kurz- sowie auch mittelfristigen Auswirkungen der zusätzlichen Informationen auf den Stromverbrauch.

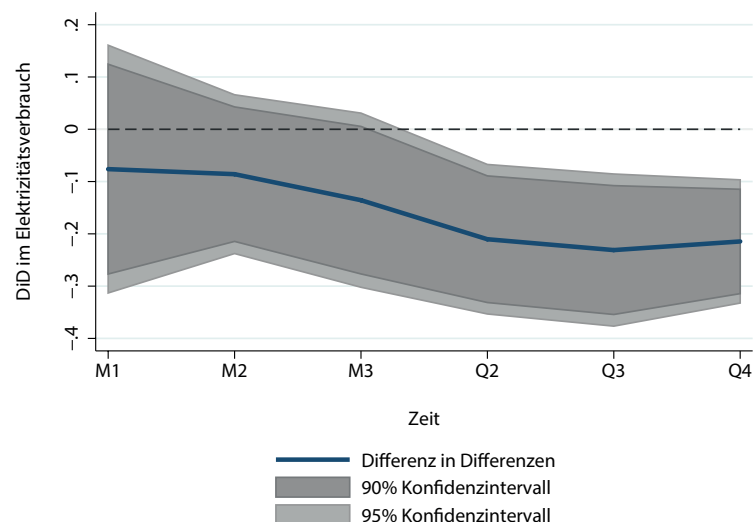
Ergebnisse der Studie zeigen, dass der Stromverbrauch allein durch Information signifikant reduziert werden kann. Dieses Resultat lässt sich der Figur 1 entnehmen. Diese weist die Veränderung des Stromverbrauchs pro Tag der Teilnehmenden mit Smartmeter-Anzeige (Gruppe G1) im Vergleich mit der Kontrollgruppe (Gruppe G0) aus. Die durchgezogene Linie beschreibt den Effekt der Smartmeter-Anzeige auf den Stromkonsum im Untersuchungszeitraum. Die Effekte in den ersten drei Monaten nach Installation (M1, M2 und M3) werden gesondert von den

Effekten im zweiten bis vierten Quartal nach Installation (Q2, Q3 und Q4) ausgewiesen. Der Effekt der Smart Meter-Anzeige ist statistisch nachweisbar von Null verschieden, wenn die schraffierten Bereiche die Null-Linie nicht überdecken.

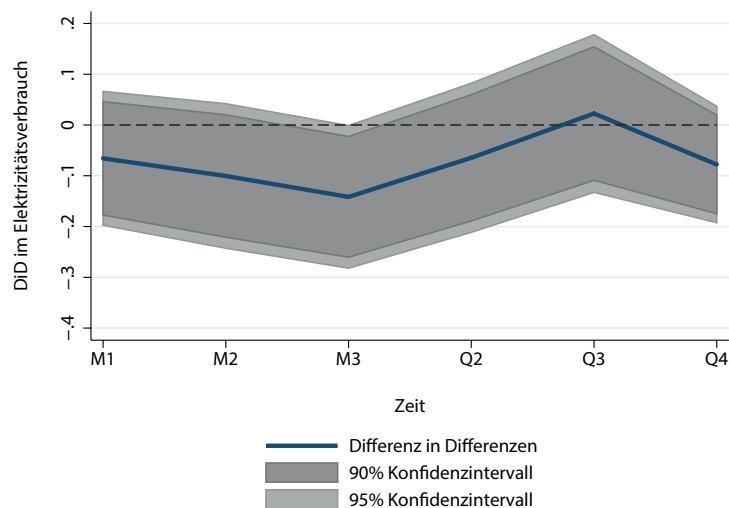
Tatsächlich sinkt der Tageskonsum dank der Smartmeter-Anzeigen mittelfristig um rund 3,2 %. Der Rückgang im Verbrauch lässt sich nicht nur unmittelbar nach Installation der Anzeige, sondern auch im Verlauf der gesamten Beobachtungsphase feststellen. Smartmeter-Anzeigen führen also zu einer nachhaltigen Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs. Zudem erlauben die Anzeigen auch eine teilweise Verlagerung des Stromverbrauches in Niedertarifzeiten.

Sozialer Wettbewerb scheint hingegen nur zu geringen Einsparungen führen zu können. Tatsächlich waren die Stromeinsparungen der beiden Gruppen, die über den Verbrauch eines Vergleichshaushaltes informiert wurden, am Ende der Beobachtungsperiode nicht signifikant. Die Häufigkeit der Rückmeldung scheint dabei eine wichtige Rolle zu spielen. Figur 2 zeigt eine Abnahme des Effektes der Information, wenn diese nur noch einmal im Quartal statt monatlich an die Haushalte weitergegeben wird.

Professionelle Beratung vermittelt zu guter Letzt zwar Hinweise zu Einsparmöglichkeiten, führt jedoch zu keinem Rückgang des Stromverbrauchs. Die



Figur 1: Veränderung des Stromverbrauches, Smart-Meter Anzeige



Figur 2: Veränderung des Stromverbrauches, sozialer Wettbewerb

Studie zeigt somit, dass der Stromverbrauch von Haushalten allein durch aktuelle Verbrauchsinformation signifikant reduziert werden kann. Das Projekt unterstreicht die Wichtigkeit eines zeitnahen, kontinuierlichen und detaillierten Feedbacks, um den Stromverbrauch signifikant zu senken.

Der Einfluss von Energiepreisen auf «grüne» Innovation

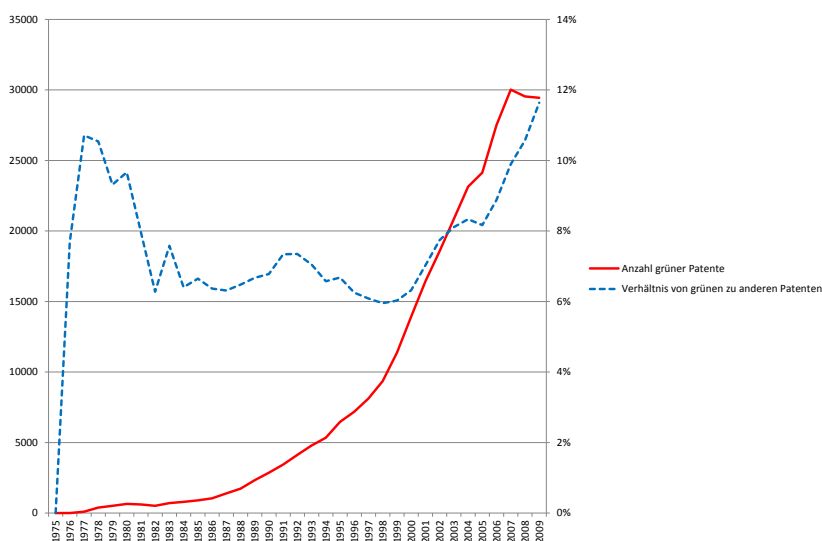
Auf dem Weg zu einer effizienteren und nachhaltigeren Energienutzung, wie sie von der Schweiz angestrebt

wird, spielen grüne Innovation und der damit verbundene technologische Fortschritt eine wichtige Rolle. Aufgrund des «öffentlichen Gut»-Charakters des Wissens sowie des Auftretens von positiven Externalitäten wie verringerten CO₂-Emissionen beim Nutzen von grünen Innovationen ergeben sich Marktunvollkommenheiten. Dies hat zur Folge, dass ohne staatliche Förderung eine aus volkswirtschaftlicher Sicht ungenügende Anzahl von technischen Neuerungen entstehen würde. Energiepreise können als Mass von umweltpolitischen Massnahmen dienen, da sie zum grossen Teil auf internationalen Märkten entstehen, und Unterschiede zwischen verschiedenen

Ländern hauptsächlich auf politische Interventionen zurückzuführen sind. Es erscheint folglich wichtig, ein gutes Verständnis über den Zusammenhang zwischen Innovation und Energiepreisen zu entwickeln, um die Frage beantworten zu können, ob umweltpolitische Massnahmen greifen und höhere Energiepreise tatsächlich zu technologischem Fortschritt führen.

Die Autoren untersuchen den Einfluss von Energiepreisen auf grüne Innovation [3]. Dabei wird grüne Innovation anhand von Patentanmeldungen in mit Hilfe des von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) geschaffenen Indicator of Environmental Technologies definierten umweltrelevanten Feldern gemessen. Die Figuren 3 und 4 zeigen die Entwicklung von Patentanmeldungen und Energiepreisen während der vergangenen 30 Jahre. Mit Daten zu Patentanmeldungen in 10 Industriesektoren in 18 OECD-Mitgliedsstaaten, die für 95 % aller zwischen 1980 und 2009 angemeldeten Innovationen weltweit verantwortlich zeichnen, wird insbesondere der Einfluss von Energiepreisen auf die Anzahl von grünen Innovationen und auf die relative Anzahl von grünen zu anderen Patentanmeldungen aufgezeigt. Dazu schätzen die Autoren eine Wissensproduktionsfunktion, die, neben Arbeit und Kapital, Energiepreise und die Anzahl der in der Vergangenheit angemeldeten Patente beinhaltet.

Panel-Schätzverfahren bestätigen den positiven Effekt von Energiepreisen auf grüne Innovation. Die von den Autoren bevorzugte Schätzvariante ergibt eine bei einem Schwellenwert von 10 % statistisch signifikante Elastizität von 0,27. Daraus lässt sich ableiten, dass eine 10-prozentige Erhöhung der Energiepreise, die hier im Mittel über eine Fünfjahresperiode gemessen werden, einen 2,7-prozentigen Anstieg der grünen Patentanmelderate nach sich zieht. Dieses Ergebnis hält auch Robustheitstests bezüglich der Spezifikation der Schätzung oder der Definition der Stichprobe stand. Der Einfluss von Energiepreisen auf den Quotienten von grünen zu nicht grünen Innovationen lässt sich gar mit einer signifikanten Elastizität von 0,45 beziffern. Der höhere Effekt auf Quoti-



Figur 3: Weltweite Entwicklung von Patentanmeldungen, 1975–2009

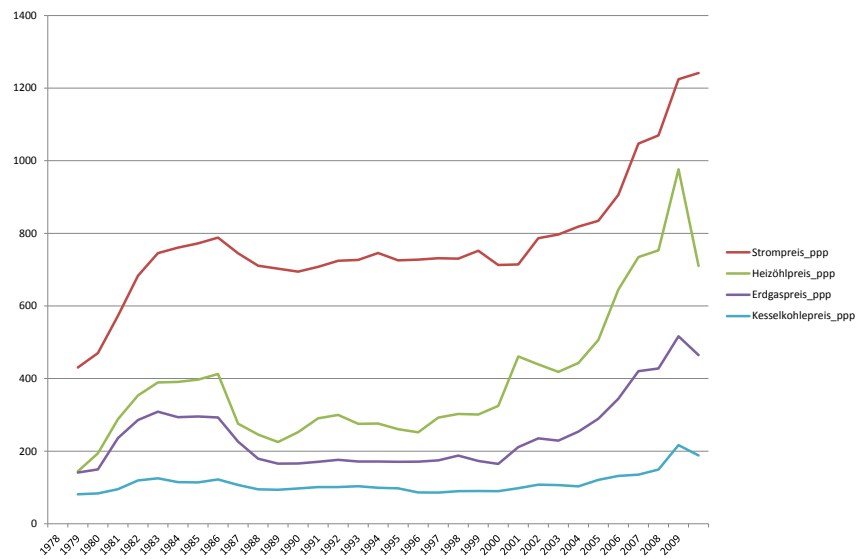
enten als auf die Anzahl grüner Patentanmeldungen weist zudem auf einen möglichen «crowding out effect» der umweltrelevanten technischen Neuerungen hin. Ausserdem zeigen die Schätzungen, dass das bereits erarbeitete Wissen, gemessen an der Anzahl vergangener Patentanmeldungen, einen positiven Effekt auf die Anzahl neuer grüner Patentanmeldungen hat. Dies stimmt sowohl für den grünen als auch für den nicht grünen Wissensbestand, wobei der Einfluss von umweltrelevanten technischem Wissen grösser ausfällt.

Zudem stellen die Autoren fest, dass obwohl die Gesamtzahl der Patentanmeldungen bedeutend ist, die Schweiz, was die relative Anzahl von grünen zu nicht grünen Innovationen angeht, unterdurchschnittlich abschneidet. Als mögliche Erklärungen für dieses Phänomen werden die Präsenz vieler forschungsintensiver Branchen, bei denen ein eher geringes Potenzial für grüne Innovation besteht (z. B. Pharmaindustrie) bzw. die Opportunitätskosten sehr hoch sind, sowie die im Verhältnis zu anderen Ländern zurückhaltende explizite Förderung grüner Technologiefelder genannt.

Die Ergebnisse der Studie belegen, dass Energiepreise ein effektives Politikinstrument zur Förderung grüner Innovation darstellen. Dies bedeutet somit, dass steigende Energiepreise mit grünem technologischem Fortschritt einhergehen, eine wichtige Erkenntnis im Rahmen der Entwicklung einer nachhaltigen Energiestrategie.

Bewertung von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz im Rahmen der Energiestrategie 2050

Der Schweizer Bundesrat setzt im Rahmen seiner Energiepolitik wie die Europäische Union auf einen Ausbau der erneuerbaren Energien. Dieser Umbau des Energiesystems stellt bedingt durch lastferne Erzeugung und volatile Einspeisung aus Wind und PV-Anlagen Herausforderungen an das Elektrizitätssystem, und verlangt nach vermehrten Energiespeichermöglichkeiten. In diesem Rahmen könnte Schweizer Pumpspeicherkraftwerken



Figur 4: Energiepreise für Elektrizität, Heizöl (leicht), Erdgas und Kesselkohle (in Tonnen Öl Equivalent (toe); PPP angepasst) pro Jahr, 1978–2009

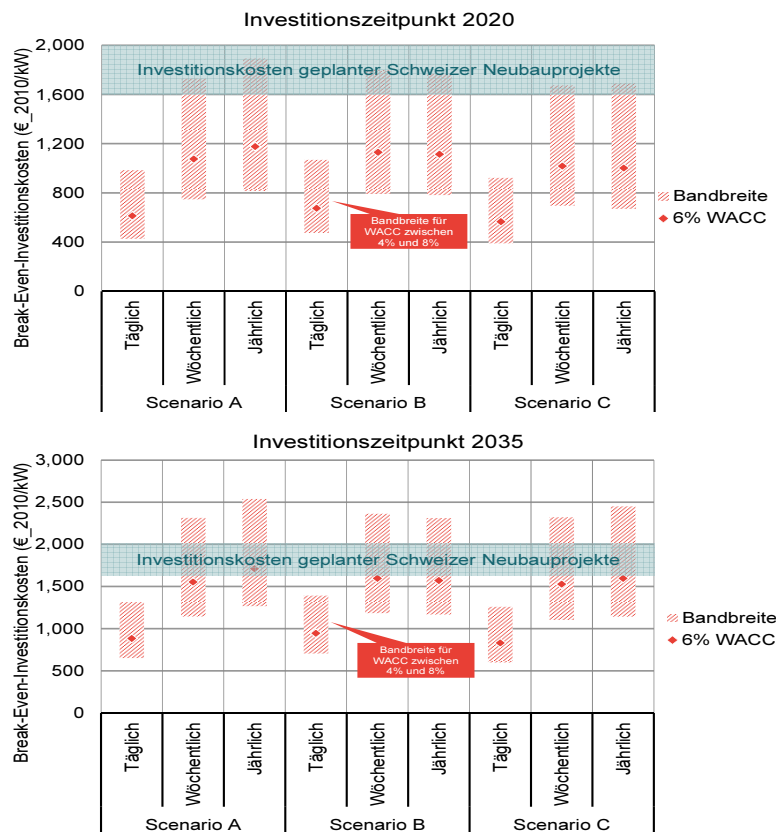
eine wichtige Rolle zukommen und das Land sich als «Batterie Europas» profilieren. Die Entscheidung für Pumpspeicherkraftwerken hängt jedoch von deren Wirtschaftlichkeit ab. Dazu fehlen gesicherte Kenntnisse, weshalb die Studie [4] «Bewertung von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz im Rahmen der Energiestrategie 2050» sich dieser Problematik widmet.

Die Studie untersucht Wirtschaftlichkeit und Regulierungsbedarf von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz. Basierend auf drei Szenarien, die die Entwicklung der politischen und energiewirtschaftlichen Szenarien bis 2050 abbilden, simulieren die Autoren mit Hilfe von Strommarktmodellen die zukünftige Entwicklung des Kraftwerkparks in der Schweiz und Europa sowie die sich daraus ergebenden stündlichen Schweizer Strompreise für die Jahre 2020, 2035 und 2050. Auf der Basis der so ermittelten Preise errechnet ein Einsatzoptimierungsmodell die Deckungsbeiträge typisierter Pumpspeicherprojekte in der Schweiz, woraus sich die erwartete Wirtschaftlichkeit der Anlagen ableiten lässt. So ermitteln die Autoren Break-even-Investitionskosten für Basiskraftwerke. Diese definieren, bis zu welchen Investitionskosten ein Pumpspeicherprojekt noch rentabel ist. Figur 5 zeigt die Ergebnisse dieser Berechnungen.

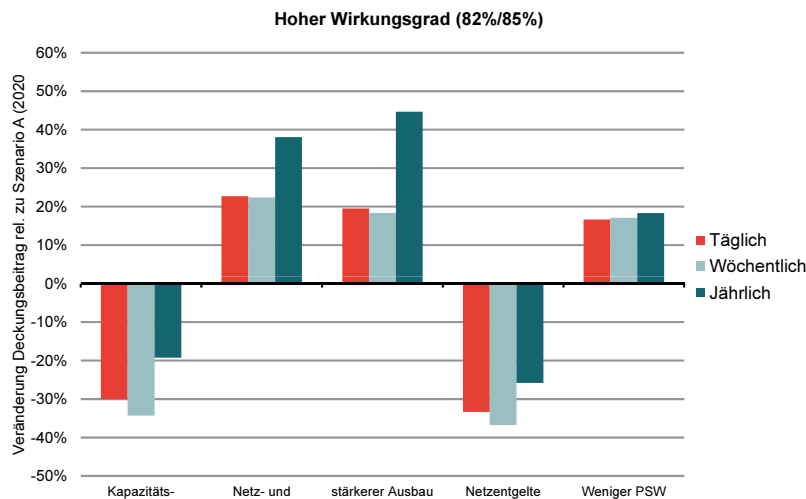
Heute liegen die Investitionskosten für Neubauten von Pumpspeichern in der Schweiz zwischen 1600 und 2000 EUR/

kW (siehe Webseiten der Projektentwickler von Nant de Drance, Linthal 2015 und Lagobianco). Die Simulationen der Autoren errechnen für 2020 Break-even-Investitionskosten von 500 bis 1600 EUR/kW und lassen so Zweifel an der Wirtschaftlichkeit von Pumpspeichern aufkommen. Bei einem späteren Investitionszeitpunkt im Jahr 2035 verbessert sich die Anlagenwirtschaftlichkeit aufgrund des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Europa sowie der höheren Strompreise zu Tageszeiten, an denen diese Erneuerbaren nicht eingespeist werden, jedoch merklich (siehe Figur 5). Unabhängig vom Investitionszeitpunkt haben Kapitalkosten einen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, ebenso wie der Betriebshorizont. Tatsächlich müssen Pumpspeicher nicht nur auf den reinen Tagesbetrieb setzen, sondern können auch Strompreisdifferenzen zwischen Tagen und Jahreszeiten nutzen. Dies führt zu einer Verdoppelung der Break-even-Investitionskosten.

Sensitivitätsrechnungen ermitteln zudem den Einfluss von Kapazitätsmechanismen, Netzintegration, stärkerem Ausbau von erneuerbaren Energien, Netzentgelten für Pumpstrom sowie den Preiseffekt der Pumpspeicher auf die Deckungsbeiträge der Basiskraftwerke. Die Analysen zeigen, dass der Regulierungsrahmen grossen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Pumpspeicherprojekte haben kann (siehe Figur 6).



Figur 5: Break-even-Investitionskosten für Basiskraftwerke für Investitionszeitpunkte 2020 und 2035, fiktive Referenzanlagen mit hohem Wirkungsgrad (82 bzw. 85 %) und unterschiedlichen Reservoirvolumina bzw. Betriebshorizont



Figur 6: Einfluss auf die Deckungsbeiträge für das Jahr 2020 in den Sensitivitäten im Vergleich zu Szenario A

Die Auswirkungen einer Einführung von Kapazitätsmechanismen in der Schweiz hängen stark von deren Ausgestaltungsdetails ab. Kapazitätzahlungen allein für ausländische Kraftwerke stellen jedoch ein erhebliches Risiko für Schweizer Pumpspeicher dar, sofern diese nicht ebenfalls von Kapazitätzahlungen profitieren, aber die preissenkenden Effekte aus dem Ausland auf die Schweizer Strompreise Einfluss nehmen würden. Eine stärkere Anbindung des Schweizer Stromsystems erscheint hingegen wegen der erhöhten Preisvolatilität vor allem als Chance für Schweizer Pumpspeicher. Die Konsequenzen eines erhöhten Ausbaus der erneuerbaren Energien in Europa sind unklar, da dieser gegenläufige Effekte hat (erhöhter Preisvolatilität und guten Einkaufspreisen in den Abend- und Nachtstunden stehen durch vermehrte PV-Einspeisung sinkende Preise in den Mittagsstunden entgegen). In den Sensitivitätsanalysen überwiegt der positive Effekt auf die Deckungsbeiträge. Ein Netzentgelt für Pumpstrom kann ebenfalls signifikante Auswirkungen haben. So kann ein Netzentgelt in Höhe von 5 EUR/MWh die Deckungsbeiträge der Basiskraftwerke um bis zu ca. 40 % senken. Preiseffekte der Pumpspeicher werden anhand des Zubaus von 2 GW statt 4 GW Pumpspeichern errechnet. Der Deckungsbeitrag aller Speicher steigt so um knapp 20 % pro Jahr.

Die Ergebnisse der Studie deuten darauf hin, dass viele der derzeit geplanten Pumpspeicher-Projekte voraussichtlich später realisiert werden als geplant, sofern der Projektstand eine Verschiebung zulässt. Langfristig können geplante Pumpspeicher-Projekte in der Schweiz jedoch umgesetzt werden und einen wichtigen Baustein der Energiewende in Europa bilden, wobei die Ausgestaltung der Regulierungsmassnahmen einen massgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Pumpspeicher haben wird.

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. Das Forschungsprogramm unterstützt ebenfalls nationale und internationale Konferenzen, welche durch Schweizer Institute organisiert werden, so zum Beispiel 2013 das Treffen der Schweizerischen Gesellschaft für Volkswirtschaft und Statistik in Neuchâtel zum Thema «Die Energiewende und ihre Herausforderungen». 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 die 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);
- Demand Side Management (DSM), Task XXIV: Closing the Loop;
- Co-Operative Programme on Smart Grids (ISGAN).

Referenzen

[1] C.Hewicker et al.: *Energiespeicher in der Schweiz: Bedarf, Wirtschaftlichkeit und Rahmenbedingungen im Kontext der Energiestrategie 2050, Schlussbericht, 2013.*

[2] K.Degen et al.: *Smart Metering, Beratung oder Sozialer Vergleich: Was beeinflusst den Elektrizitätsverbrauch?, Schlussbericht, 2013.*

[3] M.Ley et al.: *The Impact of Energy Prices on Green Innovation, Final report, 2013.*

[4] C.Gatzen et al.: *Bewertung von Pumpspeicherkraftwerken in der Schweiz im Rahmen der Energiestrategie 2050, Schlussbericht, 2013.*

Laufende und im Berichtsjahr abgeschlossene Projekte

(* IEA-Klassifikation)

- **BEWERTUNG VON PUMPSPEICHERKRAFTWERKEN IN DER SCHWEIZ IM RAHMEN DER ENERGIESTRATEGIE 2050**

R+D 7.2*

Lead:	Frontier Economics	Funding:	BFE
Contact:	Christoph Gatzen christoph.gatzen@frontier-economics.com	Period:	2012–2013
Abstract:	Die „Energiestrategie 2050“ sieht für die CH tiefgreifende Umwälzungen der Stromwirtschaft vor. Der Bundesrat sieht in diesem Kontext großes Potenzial für neue Pumpspeicher in der CH, Investoren zweifeln jedoch an deren Wirtschaftlichkeit. Im Projekt wird die derzeitige und zukünftige Marktsituation für neue Pumpspeicher analysiert und wichtige Treiber und Handlungsbedarf bezüglich des heutigen Regulierungsrahmens werden identifiziert.		
- **CITE MODELL - WEITERENTWICKLUNGEN**

R+D 7.2

Lead:	ETH Zürich	Funding:	BFE
Contact:	Lucas Bretschger lbretschger@ethz.ch	Period:	2011–2014
Abstract:	Das Computable Induced Technical Change and Energy (CITE) Modell wird schrittweise weiter ausgebaut. Im Vordergrund steht dabei eine Verfeinerung des Energiesektors. Das bestehende Top-Down Modell wird somit durch ein detailliertes bottom-up Element erweitert. Weiter sollen die wichtigsten Handelspartner im Modell integriert werden. Dies ermöglicht aussagekräftigere Analysen zu den möglichen Auswirkungen von energiepolitischen Instrumenten.		
- **EFFECTS OF ENERGY PRICES ON INNOVATION (INNOVATIONSEFFEKTE VON ENERGIEPREISEN)**

R+D 7.2

Lead:	ETH Zürich, KOF Konjunkturforschungsstelle	Funding:	BFE
Contact:	Martin Wörter woerter@kof.ethz.ch	Period:	2012 - 2013
Abstract:	Im Rahmen dieser Studie untersuchen wir die Auswirkung von höheren Energiepreisen auf die Innovationstätigkeit der Firmen im Bereich umweltfreundlicher Produkte. Darüber hinaus wollen wir wissen, ob die Energiepreiseffekte unterschiedlich auf umweltfreundliche Innovation und herkömmliche Innovationen wirken.		
- **EINE EVALUATION DER AUSWIRKUNGEN VON ENERGIEEFFIZIENZMASSNAHMEN AUF DEN STROMVERBRAUCH VON HAUSHALTEN**

R+D 7.2

Lead:	ETH Zürich, CEPE	Funding:	BFE
Contact:	Massimo Filippini mfilippini@ethz.ch	Period:	2012–2015
Abstract:	Dieses Forschungsprojekt hat folgende Ziele: 1. Ökonometrische Schätzung der Haushalts-Stromnachfrage auf der EVU-Ebene. 2. Evaluation der Energieeffizienzmassnahmen auf der EVU-Ebene 3. Ökonometrische Schätzung der Haushalts-Stromnachfrage und die Schätzung der Nachfrage nach Haushaltsgeräten auf der Mikro-Datenbasis.		
- **ELECTRA: ELECTRICITY MARKETS AND TRADE IN SWITZERLAND AND ITS NEIGHBOURING COUNTRIES: BUILDING A COUPLED TECHNO-ECONOMIC MODELING FRAMEWORK**

R+D 7.2

Lead:	Econability F. Vöhringer	Funding:	BFE
Contact:	Frank Vöhringer voehringer@econability.com	Period:	2011–2015
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 CROSSTEM, das Schweizer Gleichgewichtsmodell GENESwIS und das Welthandelsmodell GEMINI-E3.		
- **ENERGIE-INVESTITIONSENTSCHEIDUNGEN BEI STRATEGISCHEN UND INSTITUTIONELLEN INVESTOREN**

R+D 7.2

Lead:	HSG, Lehrstuhl für Management Erneuerbarer Energien	Funding:	BFE
Contact:	Rolf Wüstenhagen rolf.wuestenhagen@unisg.ch	Period:	2012–2013
Abstract:	Die Energiewende bedingt Investitionen in erneuerbare Energien. Strategische sowie institutionelle Investoren haben Anreize, in erneuerbare Energien zu investieren. Einige Unternehmen richten ihr Geschäftsmodell auf erneuerbare Energien aus, andere reagieren zögerlich. Dieses Projekt untersucht, wie Portfoliomanager erneuerbare Energien wahrnehmen. Kernstück ist ein Reaktionstest, um die implizite Einstellung gegenüber Energieträgern zu messen.		
- **ENERGIESPEICHER IN DER SCHWEIZ: BEDARF, WIRTSCHAFTLICHKEIT UND RAHMENBEDINGUNGEN IM KONTEXT DER ENERGIESTRATEGIE 2050**

R+D 7.2

Lead:	DNV KEMA	Funding:	BFE
Contact:	Oliver Werner oliver.werner@dnvkema.com	Period:	2012–2013
Abstract:	Im Rahmen der Energiestrategie 2050 untersucht dieses Projekt den möglichen Beitrag von Speichertechnologien zum Umbau der Stromversorgung sowie die notwendigen Bedingungen. Im ersten Projektschritt erfolgt eine Bestandsaufnahme und eine Projektion der Entwicklung von Speichertechnologien. Darauf aufbauend wird der technische Bedarf ermittelt. Zuletzt werden zukünftige Anwendungsgebiete auf Netzebenen sowie die Wirtschaftlichkeit untersucht.		

- **ENTWICKLUNG EINES ENTSCHEIDUNGSFINDUNGSMODELLS ZUR BESCHREIBUNG DES ENTSCHEIDUNGSVERHALTENS BEIM KAUF VON ELEKTROGERÄTEN**

Lead: ETH Zürich, Professur für Consumer Behavior

Contact: Michael Siegrist msiegrist@ethz.ch

Abstract: Die Förderung der Energieeffizienz ist ein wichtiger Ansatzpunkt zur Reduktion des Stromverbrauchs. Im Rahmen dieses Projekts soll ein Modell zur Beschreibung des Entscheidungsverhaltens beim Erwerb von Elektrogeräten entwickelt werden. Es soll aufgezeigt werden, wie Konsumenten bei der Verarbeitung von Produktinformationen beim Kauf von Elektrogeräten vorgehen und wie der Fokus verstärkt auf Energieverbrauchsdaten gelenkt werden kann.

R+D 7.2

Funding: BFE	
Period: 2012–2015	
- **OPEN-SOURCE MODEL DEVELOPMENT AND SCENARIO ANALYSIS IN COLLABORATION WITH THE WORLD ENERGY COUNCIL**

Lead: Paul Scherrer Institute (PSI)

Contact: Hal Turton hal.turton@psi.ch

Abstract: Das Ziel des Projekts ist die quantitative Szenarienanalyse für das globale Energiesystem. In Zusammenarbeit mit dem Weltenergieinstitut werden mögliche Entwicklungen in der Energiegewinnung (fossil, nuklear und erneuerbare), in deren Umwandlung und im Endverbrauch in einem detaillierten Kostenoptimierungsmodell mit Zeithorizont Jahr 2050 untersucht. Das Modell umfasst 15 Weltregionen und wird als Open-Source Modell ausgelegt.

R+D 7.2

Funding: BFE, PSI u.a.	
Period: 2012–2013	
- **SEPIA: SOCIAL CUSHIONING OF ENERGY PRICE INCREASES AND PUBLIC ACCEPTABILITY**

Lead: Econability F. Vöhringer

Contact: Frank Vöhringer voehringer@econability.com

Abstract: SEPIA untersucht Massnahmen zur sozialen Abfederung von Energiepreiserhöhungen hinsichtlich ihrer ökonomischen Wirkungen und gesellschaftlichen Akzeptanz. Das Gleichgewichtsmodell GENESwIS berechnet die ökonomischen Wirkungen. Eine repräsentative Umfrage untersucht die Einschätzungen der Bevölkerung, die i.d.R. von den Berechnungen stark abweichen. Gesucht werden Ansätze für Design und Akzeptanzsteigerung ökonomisch sinnvoller Massnahmen.

R+D 7.2

Funding: BFE	
Period: 2012–2015	
- **SMART METERING, BERATUNG ODER SOZIALER VERGLEICH - WAS BEEINFLUSST DEN ELEKTRIZITÄTSVERBRAUCH?**

Lead: Uni Lausanne

Contact: Rafael Lalive rafael.lalive@unil.ch

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.

R+D 7.2

Funding: BFE	
Period: 2010–2013	
- **SWISS TIMES ENERGY SYSTEM MODEL (STEM) FOR TRANSITION SCENARIO ANALYSES**

Lead: Paul Scherrer Institute (PSI)

Contact: Hal Turton hal.turton@psi.ch

Abstract: Das Ziel dieses Projektes ist das Verständnis zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten des Schweizer Energiesystems, auf der Basis von Entwicklung und Anwendung eines technologieorientierten "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.

R+D 7.1

Funding: BFE + PSI (in-kind)	
Period: 2010–2014	
- **TECHNOLOGICAL SUCCESSION AND SUBSTITUTION ELASTICITIES**

Lead: ETH Zürich, KOF

Contact: Peter Egger egger@kof.ethz.ch

Abstract: This project develops an empirical model of the determinants of energy prices in 28 OECD countries over the period 1980–2009. Results show that higher income per capita and lower efficiency in energy distribution tend to raise energy prices whereas higher net imports of energy and more abundant energy resource endowments reduce them. Countries that use the same types of energy resources are likely to transmit energy price shocks to each other.

R+D 7.2

Funding: BFE	
Period: 2010–2013	
- **TOU-PRICING: TIME OF USE PRICING**

Lead: ORDECSYS

Contact: Alain Haurie alain.haurie@ordecsys.com

Abstract: Das Projekt TOU hat zum Ziel den Einfluss von Demand-Response Mechanismen zu bewerten. Um das Potenzial dieser Technologien zu evaluieren ist es essenziell die Reaktion von Verbrauchern zu betrachten. Nachdem wir die Akzeptanz analysiert haben, werden wir eine Energiemodellierung entwickeln, die den potenziellen Beitrag von Demand-Response unter Berücksichtigung der Akzeptanz von Verbrauchern zur Energieeinsparung bewerten kann.

R+D 7.2

Funding: BFE	
Period: 2012–2014	

● **VERBRAUCHSFEEDBACK FÜR DIE WARMWASSER-NUTZUNG**

R+D 7.2

Lead:	ETH Zürich, Bits to Energy Lab	Funding:	BFE
Contact:	Thorsten Staake tstaake@ethz.ch	Period:	2012–2013
Abstract:	Ziel der Feldstudie ist die Untersuchung des Einflusses von sozialen Vergleichen, Selbsteinschätzung, und erklärter Absicht zu sparen auf die private Energienutzung. Insbesondere wird der Einfluss von Feedback-Informationen auf die Warmwassernutzung bei 700 Zürcher Haushalten untersucht. Durch die Berücksichtigung einer vorherigen Studie zu Feedback-Informationen auf den Stromverbrauch werden Quervergleiche angestellt.		

● **NEME - NEGAWATT STATT MEGAWATT: FORSCHUNG ZUR ERHÖHUNG DER UMSETZUNGSRATE VON STROMEFFIZIENZMASSNAHMEN**

R+D 7.2

Lead:	Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW)	Funding:	BFE + Pro Evolution
Contact:	Jürg Rohrer juerg.rohrer@zhaw.ch	Period:	2013–2014
Abstract:	In 250'000 KMU der Schweiz liegt ein Stromeinsparpotential in der Grössenordnung von 10% des Schweizer Stromverbrauches brach. In einem interdisziplinären Ansatz werden Massnahmen erarbeitet, wie die Einsparpotentiale am effizientesten umgesetzt werden könnten. Die Erkenntnisse sollen sowohl in die bestehenden als auch in neue Einsparprogramme einfließen.		

● **VERWO: SMART ENERGIE FÖRDERUNG: ENERGIE- UND UMWELTBEWUSSTES VERHALTEN IM WOHNBEREICH (PILOTPROJEKT)**

R+D 7.2

Lead:	Verein Jugendwohnnetz Stadt Zürich (Juwo)	Funding:	BFE, EWZ u.a.
Contact:	Christian Portmann cportmann@juwo.ch	Period:	2013–2014
Abstract:	Das Juwo vermietet günstigen Wohnraum an junge Erwachsene. In einem Pilotprojekt wird in Wohngemeinschaften versucht mittels Energiebotschaftern und Smart-Metering-Geräten (Strom+Duschwasser) auf ein energiebewusstes Verhalten hinzuwirken. Begleitende Impact- und Outcome-Analysen werden von der Sozialforschungsstelle Universität Zürich und der Schweizerischen Agentur für Energieeffizienz durchgeführt. Geplant ist ein einfacher Praxisleitfaden.		

● **ANAEM - AUSWIRKUNGEN NEUER ARBEITSFORMEN AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH UND DAS MOBILITÄTSVERHALTEN VON ARBEITNEHMENDEN**

R+D 7.2

Lead:	Ernst Basler + Partner AG	Funding:	BFE
Contact:	Sabine Perch-Nielsen sabine.perch-nielsen@ebp.ch	Period:	2013
Abstract:	Räumlich flexible Arbeitsformen wie Home Office oder mobiles Arbeiten haben vielfältige Auswirkungen. Im Rahmen dieser Studie wurde untersucht, wie stark diese Arbeitsformen heute in der Schweiz verbreitet und welches die Motive und Hemmnisse von Unternehmen sind. Ausserdem wurden die Auswirkungen auf die Mobilität und Energienachfrage sowie auf die Innovationsleistung und Arbeitsproduktivität analysiert.		

● **FLEXI : DÉTERMINATION DU POTENTIEL DE FLEXIBILISATION DE LA DEMANDE ÉLECTRIQUE**

R+D 7.2

Lead:	Planair S.A.	Funding:	BFE
Contact:	Lionel Perret lionel.perret@planair.ch	Period:	2013–2014
Abstract:	Le projet vise à répondre à la question du potentiel de flexibilisation de la demande électrique des ménages afin de maximiser la part de consommation locale d'énergie solaire photovoltaïque. Le but est de quantifier de manière précise la couverture de la demande électrique d'un ménage ou d'un ensemble de ménages avec une production solaire locale en fonction de l'utilisation de technologies "smart" de flexibilisation de la demande.		

● **SITUATIONSANALYSE ZUR REALISIERUNG EINES INITIALMARKETS FÜR H2-FAHRZEUGE**

R+D 7.2

Lead:	Paul Scherrer Institute (PSI)	Funding:	BFE + Kt. AG + PSI
Contact:	Philipp Dietrich philipp.dietrich@axpo.com	Period:	2013
Abstract:	The project delivers a situation analysis of prevailing technical, economic and social aspects for the commercial introduction of fuel cell electric vehicles and hydrogen fuel in Switzerland as well as on key action areas for the establishment of a beneficial and supportive political framework.		

● **ENERGY ELASTICITIES AND THE REBOUND EFFECT: A COMPREHENSIVE EMPIRICAL ANALYSIS**

R+D 7.2

Lead:	Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Universität Basel	Funding:	BFE
Contact:	Lukas Mohler lukas.mohler@unibas.ch	Period:	2013–2015
Abstract:	This research project aims at providing a comprehensive assessment of energy use patterns in Switzerland, contributing to the topics of the econometric estimations section of the EWG call for proposals. The proposed econometric estimations cover several different types of energy elasticities, different energy sources and services as well as households' consumption and firms' production.		

● **ENERGY-USING DURABLES: DRIVING FORCES OF PURCHASE DECISIONS**

R+D 7.2

Lead: ETH Zürich, Institute for Environmental Decisions

Funding: BFE

Contact: Renate Schubert

schubert@econ.gess.ethz.ch

Period:

2013–2015

Abstract: One of the key determinants of purchase decisions regarding energy-using products are consumers' discount rates. Measured discount rates are an amalgam of many, typically unobservable, factors, which makes it difficult to gauge the extent of an energy efficiency gap. One of the key research questions is, therefore, whether white-goods markets in Switzerland are, in fact, characterized by an energy efficiency gap.

● **USING SUBJECTIVE WELL-BEING DATA FOR ENERGY POLICY ANALYSIS**

R+D 7.2

Lead: Ecoplan AG

Funding: BFE

Contact: André Müller

mueller@ecoplan.ch

Period:

2012–2014

Abstract: The project assesses energy supply and the structure of the energy system in terms of citizens' utility, operationalised as subjective well-being (SWB). The research questions include: How does the supply and consumption of different forms of energy contribute to SWB? What are citizens' implied preferences for configurations of the energy supply system? What is the impact for SWB of living close to power stations and other energy facilities?

● **VOESOPHE - MASSNAHMEN DER ENERGIESTRATEGIE 2050: BEGLEITENDE VERHALTENSÖKONOMISCHE UND SOZIALPSYCHOLOGISCHE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN**

R+D 7.2

Lead: Econcept

Funding: BFE

Contact: Walter Ott

walter.ott@econcept.ch

Period:

2013

Abstract: Die Studie hat das Ziel, den Einfluss von verhaltensökonomischen und sozialpsychologischen Faktoren sowie von Rebound-Effekten auf die Wirksamkeit und die Ausgestaltung energiepolitischer Massnahmen zu analysieren. Ausgehend davon werden Empfehlungen für die Konzeption und Umsetzung ausgewählter Massnahmen der Energiestrategie 2050 des Bundes abgeleitet, um deren Akzeptanz, Umsetzung und Wirksamkeit zu verbessern.

