



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Energie BFE
Sektion Energieforschung

Februar 2010

Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft–Gesellschaft

Synthesebericht 2009 der BFE-Programmleiterin

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE

CH-3003 Bern

www.bfe.admin.ch

Autorin:

Dr. Nicole Mathys, Bundesamt für Energie BFE, nicole.mathys@bfe.admin.ch

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

Programmschwerpunkte und anvisierte Ziele

Im **Forschungsprogramm Energie–Wirtschaft–Gesellschaft (EWG)** des Bundesamts für Energie (BFE) werden ökonomische, soziologische, psychologische sowie politische Fragestellungen bezüglich der Produktion, der Verteilung und der Nutzung von Energie untersucht. Das Ziel ist es zu ergründen, wann staatliche Eingriffe nötig sind und falls ja, welches die beste Intervention ist.

Das im Forschungsprogramm erarbeitete Wissen ist die Basis für die Behandlung sowohl politischer Geschäfte (politiknahe Forschung) als auch für die längerfristige Ausrichtung der Energiepolitik und die Weiterentwicklung der internationalen Energieforschung (angewandte Forschung). Es dient somit der Erarbeitung neuer und der Überprüfung bestehender politischer Instrumente. Die Forschungsergebnisse kommen nebst der Wissenschaft den Kantonen, der Energiewirtschaft sowie verschiedenen Verbänden und Organisationen zugute.

Die energiewirtschaftliche Forschung befasst sich mit den energiepolitischen Rahmenbedingungen in den vier Wirtschaftssektoren **Haushalte** (Gebäude und Elektrogeräte), **Verkehr**, **Dienstleistungen und Industrie** (dieses Jahr wurden dazu keine Studien erarbeitet), wie sie auch den Perspektivmodellen zu Grunde liegen. Dazu kommen die **Sektor übergreifende Energiepolitik**, der **Technologietransfer** und der **Energieumwandlungssektor (Strom- und Wärmeerzeugung, Raffinerien)**.

Das Forschungsprogramm verfolgt zudem aktiv alle wesentlichen nationalen (und falls angebracht internationalen) Aktivitäten im sozioökonomischen Bereich. Das vorliegende Konzept beschränkt sich jedoch auf eine Auswahl der vom BFE mitfinanzierten Projekte.

Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse 2009

Haushalte (Gebäude und Elektrogeräte)

Durch energetische Erneuerungen können bedeutende Energieeinsparpotenziale ausgenutzt werden. Angesichts der langen Renovationszyklen von bis zu 40 Jahren und mehr ist es zudem wichtig, dass bei heutigen Erneuerungen energetische Kriterien mitberücksichtigt werden. Deshalb erarbeiten zwei Studien die Beweggründe und Hemmnisse von Sanierungen, und eine weitere Studie berechnet die aktuellen effektiven CO₂-Vermeidungskosten bei Wohngebäudeerneuerungen.

Projekt: Ökonomische Analyse des Renovationsverhaltens von EFH-Besitzern

Dieses Projekt [1] befasst sich mit den Renovationsentscheidungen von EFH-Eigentümern analysiert, wie häufig und welche energetische Erneuerungen an der Gebäudehülle in den letzten Jahren durchgeführt worden sind. Spezielle Beachtung wird auf die Beweggründe gelegt, welche einem Entscheid für eine bestimmte Art von Erneuerung (Unterhalt oder energieeffiziente Erneuerung) zugrunde liegen. Es wurde eine schriftliche Umfrage in fünf Kantonen (AG, BE, BL, TG, ZH) durchgeführt, mit der das tatsächliche Renovationsverhalten von

rund 1580 EFH-Eigentümern erfasst wurde. Aus der ersten Umfrage wurde ersichtlich, dass rund 60 % der EFH-Eigentümern in den letzten 16 Jahren eine Erneuerung an einem oder mehreren Teilen der Gebäudehülle vorgenommen haben. Die meisten Erneuerungen wurden über mehrere Jahre durchgeführt. Energetische Erneuerungen wurden hauptsächlich bei den Fenstern und dem Dach durchgeführt. Jene Besitzer, die in den vorangegangenen Jahren reine Unterhaltsarbeiten durchgeführt haben, gaben hauptsächlich ökonomische/finanzielle Gründe für diesen Entscheid an. Weiter wird eine Stichprobe von EFH-Eigentümern über ihr zukünftiges, hypothetisches Erneuerungsverhalten (Choice Experiment) befragt.

Beide Umfragen sollen Hinweise dazu geben, welche Bedeutung den ökonomischen Rahmenbedingungen, den wirtschaftspolitischen Massnahmen und den sozio-psychologischen Aspekten (z. B. Einstellung der Befragten zu energie- und umweltpolitischen Fragestellungen) bei Erneuerungsentscheidungen zukommt. Das Projekt wird zudem wirtschaftspolitische Empfehlungen erarbeiten, mit denen mögliche Hemmnisse bei der Durchführung

von energetischen Investitionsentscheidungen abgebaut werden können.

Eine Umfrage bei rund 250 Architekten und Architektinnen aus der deutschen Schweiz ergab, dass Energieeffizienz verstärkt ein Thema bei Erneuerungen ist. Gleichzeitig sehen die Architekten aber auch den zusätzlichen Bedarf an weiteren finanziellen Mitteln, um den Kapitalzugang zu erleichtern. Auch rechtliche und institutionelle Probleme (Denkmalschutz, Baurecht) wurden genannt, welche es durch geeignete Instrumente zu überwinden gilt.

Projekt: Investitionsverhalten von MFH-Besitzern und Marktpotenziale hinsichtlich neuer Renovationstechniken und -konzepte

Dieses Projekt [2] wird detaillierte und vertiefte Informationen zum Entscheidungsprozess bei Erneuerungen von Mehrfamilienhäusern (MFH) liefern, wobei das Augenmerk bei Erneuerung mit neuen Retrofit-Technologien liegt. Mit Hilfe einer Umfrage bei Hauseigentümern in ausgewählten Kantonen (AG, BE, BL, TG und ZH) wird die Studie aufzeigen, über welche Informationen MFH-Eigentümer verfügen, welche Informationskanäle sie nutzen und welche Informationsdefizite bestehen. Zudem sollen mögliche Akzeptanzprobleme gegenüber den neuen Technologien (CCEM-Retrofit-Elemente)¹ frühzeitig erkannt und dadurch das Vorgehen bei Markteinführung angepasst werden.

Anhand der zu erhebenden Daten ist es möglich, die Sensitivität von verschiedenen wichtigen Einflussfaktoren bei Renovationsentscheidungen von MFH-Eigentümern zu quantifizieren. Zu diesen Einflussfaktoren gehören die künftigen Energiepreise sowie allfällige Lenkungsabgaben, weitere energiepolitische Instrumente (z. B. Förderbeiträge, steuerliche Anreize, die Einführung eines Energie-Labels u.a.), veränderte Rahmenbedingungen (z. B. Anpassen des Mietgesetzes) sowie die Einführung von neuen Renovationskonzepten (wie sie im CCEM-Projekt entwickelt werden). Der Einfluss der genannten Faktoren wird zum einen anhand von realen Veränderungen zwischen 2000 und 2009 (Energiepreise, Förderprogramme, erhöhte Aktualität des Themas seit etwa 2004) und zum anderen anhand von hypothetischen (künftigen) Veränderungen aufgezeigt. Weiter wurde im Projekt die Umfrage bei den rund 250 Architekten

und Architektinnen aus der deutschen Schweiz spezifisch ausgewertet. Zu den neuen Renovationskonzepten sind die Architekten geteilter Meinung mit leichtem Hang zu einer abneigenden Haltung. Hauptgründe dafür sind befürchtete Einschränkungen in ihrer Gestaltungsfreiheit und mangelnde Anpassungsfähigkeit des Renovationskonzepts an unterschiedliche Bedürfnisse des Bauobjekts. Diesem Umstand ist bei der Weiterentwicklung des Retrofit-Konzepts und bei dessen Vermarktung Rechnung zu tragen, z. B. mit einem hohen Flexibilitätsgrad und mit spezifischen Schulungen für Architekten.

Projekt: Gebäudepark Schweiz: CO₂-Vermeidungskosten & -Einsparpotenziale

Bei der Konzeption der Energie- und Klimapolitik und bei der Ausgestaltung der Massnahmen zur Mobilisierung der energetischen Potenziale im Gebäudebereich sind die CO₂-Vermeidungskosten und die bestehenden Reduktionspotenziale von Interesse. Sie dienen der Information und Motivation der Gebäudeeigentümer und Gebäudeeigentümerinnen und zeigen – aufgeschlüsselt auf verschiedene Bauteile – die kosteneffizientesten Sanierungsmassnahmen auf. Bisher wurden die Kosten von Energieeffizienzmassnahmen bzw. die CO₂-Vermeidungskosten anhand von Modellrechnungen von Standardkosten für einzelne Gebäude oder für einzelne Sanierungsmassnahmen bestimmt. Vermeidungskosten aufgrund von effektiv aufgetretenen Kosten und Messungen der resultierenden Energieeinsparungen bei durchgeführten Gebäudesanierungen fehlen jedoch weitgehend oder sind nur für Einzelobjekte verfügbar.

Diese Informationslücke für den Sanierungsbereich von Wohngebäuden soll mit dem Forschungsprojekt *Gebäudepark Schweiz: CO₂-Vermeidungskosten & Einsparpotenziale* [3] geschlossen werden, indem anhand realisierter energetischer Gebäudesanierungen bestimmt wird, wie hoch die CO₂-Vermeidungskosten bei bestehenden Wohnbauten nach Gebäudetyp sowie nach Massnahme sind, und welchen Streuungen die Vermeidungskosten unterworfen sind. Hierfür werden die Daten von 100 energetischen Sanierungen von Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern ausgewertet, welche in den vergangenen Jahren durchgeführt wurden. Einerseits werden die Vollzugsdaten von 50 Objekten des Gebäudeprogramms der Stiftung Klimarappen mittels einer

Befragung der jeweiligen Gebäudeeigentümer für die im Projekt verfolgten Fragestellungen vervollständigt und ausgewertet (Gebäude, deren Erneuerung vor Herbst 2007 abgeschlossen wurde). Daneben werden die Daten von weiteren 50 Wohngebäuden ermittelt und ausgewertet, welche sich im Eigentum von Privaten, institutionellen Anlegern und der öffentlichen Hand befinden.

Verkehr

Im Allgemeinen wird auf kurzfristig steigende Treibstoffpreise mit der Reduktion der Fahrleistung respektive der vermehrten Benutzung des öffentlichen Verkehrs (ÖV) reagiert. Entsprechende Preiselastizitäten können dabei mittels Zeitreihenanalysen ermittelt werden. Die Erwartungen der langfristigen Preisentwicklung von fossilen Treibstoffen gehen jedoch von deutlich höheren Treibstoffpreisen aus, die bisher bekannte Preisniveaus übertreffen. Diese verschiedenen Dimensionen werden in den folgenden Projekten analysiert.

Projekt: Preiselastizität der Treibstoffnachfrage in der Schweiz

In dieser Studie [4] wird mittels Zeitreihenanalyse die Nachfrage nach Treibstoffen (Benzin und Diesel, sowie Benzin separat) in der Schweiz untersucht. Das Ziel des Projekts ist die Ermittlung der lang- und kurzfristigen Eigen-Preiselastizität der Nachfrage. Zu diesem Zweck werden Quartalsdaten über eine lange Zeitperiode (1970 bis 2008) von Benzin- und Dieselmengenabsatz auf gesamtschweizerischer Ebene verwendet und in Beziehung mit verschiedenen Erklärungsvariablen gesetzt. Wie erwartet, ist die Preiselastizität der Treibstoffnachfrage in der Schweiz verhältnismässig schwach ($-0,27$), selbst auf lange Frist. Die Preiselastizität der Benzinnachfrage ist in absoluten Werten etwas höher ($-0,34$) als jene der Treibstoffe. Eine mögliche Erklärung besteht darin, dass im Falle des Benzins die Substitutionsmöglichkeiten grösser sind (beispielsweise durch einen Übergang zu Diesel) als im Falle der Treibstoffe (bei denen Diesel bereits eingeschlossen ist). Die kurzfristige Preiselastizität für die Treibstoffnachfrage beläuft sich auf $-0,08$, jene nach Benzin auf $-0,09$. In Übereinstimmung mit der Wirtschaftstheorie sind die geschätzten Werte für die kurzfristige Elastizität in absoluten Werten tiefer als jene für die langfristige Elastizität. Die Benzinnachfrage ist ebenfalls elastischer als jene nach Treibstoffen. Die

beiden Preiselastizitäten sind allerdings sehr schwach, zeigen sie doch, dass eine Preiserhöhung um 10 % eine Verringerung der nachgefragten Menge um weniger als 1 % nach sich zieht. Die Erhöhung des Mineralölsteuerzuschlags von 1993 zog einen Rückgang der nachgefragten Treibstoffmenge um etwa 3 % und der Benzinnachfrage um 3,5 % nach sich. Diese Abnahme ist zusätzlich zum Verbrauchsrückgang infolge der Preiserhöhung durch den Steuerzuschlag zu sehen. Sie stellt gewissermassen die psychologische Auswirkung der Steuer dar. Eine Erhöhung des Mineralölsteuerzuschlags bewirkt somit zwei Mengentrübkänge: einen ersten allein als Folge der Preiserhöhung, gefolgt von einer weiteren Reaktion der Konsumenten, die sich bewusst sind, dass die Preiserhöhung weder «natürlich» noch vorübergehend ist.

Projekt: Langfristige Treibstoffpreiselastizitäten: Einfluss auf die Mobilitätswerkzeugwahl und Wahl des Wohnstandorts

Dieses Projekt [5] schätzt die Auswirkungen deutlich höherer Treibstoffpreise ab. In einer mehrstufigen hypothetischen Befragung (stated preferences) wurden zunächst mögliche Verhaltensänderungen bezüglich des Besitzes und der Benutzung von Personenwagen und des öffentlichen Verkehrs untersucht. Dabei mussten die Befragten für verschiedene Treibstoffpreisniveaus die für ihren Haushalt ins Auge gefasste Personenwagenflotte bezüglich Motorisierung, Fahrzeugtyp und Fahrleistung spezifizieren. Daneben wurde über die Erfassung des hypothetischen Besitzes von ÖV-Abonnements und deren Nutzung mögliche Substitutionseffekt mit abgebildet. In einem zweiten Teil gaben die Befragten an, wie sie ihre Mobilitätsbedürfnisse an einem alternativen Wohnstandort bei ebenfalls steigenden Treibstoffpreisen befriedigen würden. Im letzten Teil der Befragung wurden die vorgängig spezifizierten Situationen zu Entscheidungssituationen der Wohnstandortwahl kombiniert.

Die befragten Haushalte reagierten bei steigenden Mobilitätskosten vor allem mit dem Wechsel von Benzin- zu Dieselmotoren, von grösseren und stärker motorisierten zu kleineren und schwächer motorisierten Modellen, sowie mit der Reduktion der Fahrleistung. Die aus ökonometrischen Modellen daraus abgeleiteten Elastizitäten sind abhängig vom Preisniveau und bewegen sich für das abge-

fragte Preisband von 1,5 – 5 CHF/l zwischen –0,31 und –0,58 für Benzin, +0,32 und –0,42 für Diesel und –0,24 und –0,99 für den gesamten Treibstoffkonsum. Damit entsprechen die Ergebnisse im unteren und somit vergleichbaren Preisbereich den Werten des Projektes [4].

Bezüglich der Wohnstandortwahl erwies sich die Veränderungswilligkeit, den Wohnstandort zu wechseln, um damit Mobilitätskosten zu verringern, als sehr klein. Basierend auf den Modellresultaten liessen sich Zahlungsbereitschaften des Verbleibens am ursprünglichen Wohnort berechnen. Da die durch die Änderung des Wohnstandortes zu erreichenden Mobilitätskosteneinsparungen nur in Ausnahmefällen der Höhe der Zahlungsbereitschaften des Verbleibens entsprechen, kann davon ausgegangen werden, dass Treibstoffpreiserhöhungen bis 5 CHF/l nur einen geringen Einfluss auf die Wohnstandortwahl ausüben.

Projekt: Tanktourismus

Das Betanken des Fahrzeugs ausserhalb der Landesgrenze, meist motiviert durch Preisüberlegungen der Fahrzeuglenker, wird auch Tanktourismus genannt. Dessen Anteil wird in der Schweiz auf ca. 10 % des gesamten Treibstoffabsatzes geschätzt. Im Projekt *Tanktourismus* [6] werden einerseits die treibenden Kräfte und Mechanismen analysiert, die dieses Phänomen erklären; dazu werden unter anderem Expertengespräche mit Tankstellengesellschaften und -betreibern, sowie mit Transporteuren geführt und ausgewertet. Andererseits wird ein ökonometrisches Modell verwendet, mit dem der Effekt unterschiedlicher Preisentwicklungen, d.h. Veränderungen der Treibstoff-Preisdifferenzen Schweiz/Ausland, abgeschätzt wird. Die quantitative Basis dazu liefert die Analyse der Absatzentwicklung einer Grosszahl von Tankstellen in verschiedenen Regionen mit unterschiedlichen Distanzen zur Grenze über die letzten rund 10 Jahre.

Sektor übergreifende Energiepolitik

Ein wichtiges Thema der energiepolitischen Diskussion stellt die offenbar geringe Bereitschaft von Haushalten dar, Investitionen in Energieeffizienz vorzunehmen, obwohl es sich eigentlich finanziell für sie lohnen müsste. Eine mögliche Ursache könnte darin liegen, dass die Haushalte ihren Entscheidungen hohe Diskontierungsraten zugrunde legen. Dies bedeutet, dass die zukünftigen Ener-

giekosteneinsparungen einer Investition in Energieeffizienz so stark abgezinst werden, dass sie aus subjektiver Sicht die höheren Anschaffungskosten nicht rechtfertigen. Diese Problematik wird durch verschiedene Doktorandenprojekte tiefer untersucht.

Projekt: Energieinvestitionen und heterogene Präferenzen

Etwa zwei Drittel der Schweizer Haushalte sind Mieter. In diesen Fällen entscheidet in der Regel der Hauseigentümer über Investitionen in Gebäudehülle und -technik, sowie über die Anschaffung grösserer Haushaltsgeräte wie Kühlschränke oder Waschmaschinen. Während die anfänglichen Investitionskosten vom Eigentümer getragen werden, gehen die Nutzungskosten zu Lasten der Mieter. Somit bestehen für den Eigentümer nur bedingt Anreize, die Lebenszykluskosten insgesamt zu minimieren beziehungsweise in Energieeffizienz zu investieren. Das Forschungsprojekt *Energieinvestitionen und heterogene Präferenzen* [7] geht möglichen Ursachen solcher Investitionsentscheidungen nach. Dazu werden unter anderem Zeitpräferenzen und deren Zusammenhänge zu energiesparenden Investitionen untersucht. Im Schweizer Umweltsurvey 2007 zeigt sich, dass die subjektive Diskontrate weit über dem Marktzins liegt. Frauen weisen eine höhere Diskontrate auf als Männer. Des Weiteren steigt die Diskontrate mit zunehmendem Alter und sinkt mit zunehmendem Einkommen und zunehmender Bildung. Die Zusammenhänge zu umweltrelevanten Verhaltensweisen ergeben kein einheitliches Bild: Es zeigt sich beispielsweise, dass Personen mit höherer Diskontrate vermehrt Ein-Jahres-Halbtaxabos anstelle von mehrjährigen Abonnements kaufen und tendenziell weniger Energiesparlampen verwenden. Bei anderen Verhaltensweisen zeigen sich die erwarteten Zusammenhänge jedoch nicht.

Die Teilnehmer des Umweltsurveys wurden erneut anhand eines schriftlichen Fragebogens befragt, welcher auf das Thema Energiesparen und Zeitpräferenzen fokussiert ist. Des Weiteren wurde als Pretest für die Haupterhebung eine Online-Befragung durchgeführt. Die Stichprobe besteht aus knapp 1500 Studierenden der ETH Zürich (Response-Rate: 37 %).

Projekt: Der Einfluss von Heuristiken und Gewohnheiten auf den Energieverbrauch

Energiekonsumenten sind keine homogene Gruppe. Sie unterscheiden sich in verschiedenen Bereichen wie Gewohnheiten, Denkweisen und Einstellungen. Im Hinblick auf die Entwicklung und Umsetzung von wirksamen Energiesparmassnahmen ist es somit essentiell, die Energiesparmassnahmen spezifisch auf die unterschiedlichen Energiekonsumentengruppen auszurichten. Das Projekt *Der Einfluss von Heuristiken und Gewohnheiten auf den Energieverbrauch* [8] hat zum Ziel, mittels einer repräsentativen schriftlichen Umfrage, das Verbrauchs- und Sparverhalten sowie Einstellungen der Schweizer Bevölkerung im Zusammenhang mit Energie zu erfassen und darauf basierend unterschiedliche Typen von Energiekonsumenten zu identifizieren und zu beschreiben. Um einen ersten Einblick in die Verhaltens- und Denkweisen von Energiekonsumenten zu gewinnen und Ideen für den anschliessenden Fragebogen zu generieren, wurden im Vorfeld der Bevölkerungsbefragung zwei Gruppendiskussionen mit je sieben zufällig aus dem Raum Zürich ausgewählten Teilnehmern durchgeführt. Die Erkenntnisse aus den Diskussionsgruppen wurden anschliessend in die Entwicklung des Fragebogens einbezogen. Die Bevölkerungsbefragung beinhaltet sowohl Fragen zum allgemeinen Energieverbrauchsverhalten als auch personenbezogene Variablen, wie Wissen über das Thema Energie, Werte und Einstellungen, und umfasst die Bereiche Haushalt, Mobilität und Lebensmittel. Der Fragebogen wurde an rund 3'750 zufällig ausgewählte Haushalte in der Deutschschweiz und der Westschweiz verschickt.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts stellt die Untersuchung der Entscheidungsfindungssituation beim Kauf von Haushaltsgeräten dar. Viele Konsumenten denken bei der Auswahl von Haushaltsgeräten kurzfristig und wählen das vom Kaufpreis her günstigere und möglicherweise weniger energieeffiziente Gerät. Mit Hilfe von drei Experimenten wurden Möglichkeiten entwickelt und untersucht, wie man mittels gezielter Veränderung des Entscheidungsrahmens und der Informationspräsentation den Fokus auf Produktinformationen im Zusammenhang mit Stromverbrauch lenken und den Konsumenten entsprechend zu einem langfristigen Denk- und Entscheidungsverhalten motivieren könnte. In einem Experiment wird untersucht, ob durch Darbietung von einfacher zu verarbeitenden

Informationen, wie Angabe der langfristigen Stromkosten oder zusätzliche Informationen zu Strompreis und durchschnittlicher Lebensdauer der Fokus stärker auf die langfristigen Kosten gelenkt werden kann. Das Experiment wurde in den oben erwähnten Fragebogen integriert.

Projekt: Die Rolle der Diskontrate für die Nachfrage nach energieeffizienten langlebigen Konsumgütern

Ebenfalls Verhalten bestimmende Faktoren sind die Unsicherheit über die Energiepreisentwicklung sowie die Einschätzung der zukünftigen persönlichen Einkommens- und Vermögenssituation. Diese spielen beim Diskontierungsverhalten ebenso eine Rolle wie die Zeitpräferenzen der Entscheidungsträger selbst. Aus diesem Grund muss ein ökonomisches Modell des Diskontierungsverhaltens alle wichtigen Entscheidungsvariablen enthalten, um Verhalten möglichst realitätsgetreu abbilden zu können. Das Projekt *Die Rolle der Diskontrate für die Nachfrage nach energieeffizienten langlebigen Konsumgütern* [9] dient dazu, ein solches Modell zu erstellen und mit Hilfe von empirischen Daten zu testen. Um verlässliche Daten zum Diskontierungsverhalten von Haushalten zu erhalten, wurde eine umfangreiche Feldumfrage in der deutschsprachigen Schweiz durchgeführt, deren Teilnehmer mittels einer repräsentativen Stichprobe ausgewählt wurden. Jede Person wird innerhalb eines Zeitraumes von 10 Monaten zweimal mit einer Serie von Entscheidungen konfrontiert, die Aufschluss sowohl über Risikoneigung als auch über Diskontierungsverhalten ermöglichen (Longitudinalstudie). Insgesamt wurden 554 Personen rekrutiert, von denen 68 % an der ersten Teilstudie teilgenommen haben. Die zweite Teilstudie soll es erlauben, Aussagen zur Stabilität des Verhaltens zu machen. Die Ergebnisse der Studie dienen zur Unterstützung bei der Wahl und der Gestaltung geeigneter Politikmassnahmen, die darauf abzielen, die Nachfrage nach energieeffizienten langlebigen Konsumgütern zu erhöhen.

Projekt: Energieeffizienz und Reboundeffekte: Entstehung, Ausmass, Eindämmung

Reboundeffekte bezeichnen eine zusätzliche Nachfrage nach einer Dienstleistung oder einem Gut aufgrund höherer Effizienz. Damit die höhere Effizienz ein Nachfragesignal auslöst, muss eine gewisse von Null verschiedene Elastizität vorhan-

den sein, die Effizienz also ein knappes Gut betreffen. Reboundeffekte sind deshalb ganz allgemein Ressourcen-Effizienzeffekte (man könnte in Anlehnung an den neoklassischen Ansatz der Ökonomie noch allgemeiner sagen: Produktionsfaktor-Effizienzeffekte). Es kann sich sowohl um *Zeitressourcen* handeln (Umfahrungsstrassen führen zu höherer Zeiteffizienz und deshalb zu Mehrverkehr), um *Raumressourcen* (erhöhte Raumeffizienz führt zu erhöhter Nachfrage nach raumrelevanten Dienstleistungen oder Produkten: Erhöhen Städte die Ausnützungsziffern, ziehen mehr Personen in die Stadt), um *Energieressourcen* (Energiesparlampen lässt man länger brennen), oder um andere physikalische Ressourcen. Kein Reboundeffekt liegt hingegen vor, wenn die Nachfrage nach einem Gut oder einer Dienstleistung steigt aufgrund höherer Kaufkraft oder aus aus welchen Gründen auch immer geänderten Konsumentenpräferenzen.

Natürlich ist wirtschaftliches Wachstum aus der Sicht des nachhaltigen Konsums potenziell problematisch. Aber mit Reboundeffekten hat dies nichts zu tun, sondern mit Wirtschaftswachstum generell. Auch die Nachfrage nach vielen jener Produkte, deren Herstellung nicht energieeffizienter geworden ist (z. B. Fleisch), nimmt in Zeiten des Wirtschaftswachstums zu.

Die Studie *Energieeffizienz und Reboundeffekte: Entstehung, Ausmass und Eindämmung* [10] behandelt ausschliesslich Fälle mit höherer Energieeffizienz. Drei kausale Erklärungsketten wurden unterschieden (monetärer Rebound, soziopsychologischer Rebound und regulatorischer Rebound), wobei in der bestehenden Literatur meist nur gerade der erstere untersucht wird. Ausserdem wurden drei deskriptiv unterscheidbare Arten von Rebound definiert: direkter Rebound, indirekter Rebound, und Rebound auf Makroebene. Es wurden drei Beispiele untersucht, die folgende Resultate ergaben:

- Bio-Konsumenten weisen auch insgesamt weniger Treibhausgasemissionen auf. Ein mentaler Rebound kann also nicht nachgewiesen werden. Offenbar ist der postulierte Effekt einer mentalen Umweltbelastungsbuchhaltung weniger stark, als die sich manifestierende Kohärenz im Konsumverhalten – Bio-Konsumenten verhalten sich gleichzeitig auch in anderen Konsumkategorien in Richtung höherer Ressourceneffizienz.

- In keinem der drei analysierten Automodelle traten mentale Reboundeffekte auf. Im Gegenteil scheinen Hybridkäufer gar einen kleinen «Rückschritt» bei der Autogrösse auf sich zu nehmen. Einschränkend gilt festzuhalten, dass die erzielten Resultate nur für das betreffende Kundensegment gelten, welches als «early market» («innovators» und «early adopters») bezeichnet werden kann. Wie bei Bio-Konsumenten scheinen auch Hybridkonsumenten ein konsistentes Konsumverhalten an den Tag zu legen. Es ist fraglich, ob dies auch für die nachfolgenden Kundensegmente gelten wird. Zu erwarten wäre, dass Reboundeffekte in Zukunft vermehrt auftreten werden.
- Es zeigt sich, dass – in gegebener Einkommensklasse – tatsächlich mehr fliegt, wer kein Auto fährt.

Welchen Effekt haben erhöhte Erdölpreise und energiepolitische Massnahmen auf die Schweizer Wirtschaft? Welche Sektoren werden wie stark beeinflusst sein und wie wird sich die Schweiz im Vergleich zu anderen Nationen positionieren? Diese energiepolitisch und wirtschaftlich sehr wichtigen Fragen werden durch verschiedene Studien mit unterschiedlichem Vorgehen adressiert.

Projekt: The Effect of Energy Efficiency Enhancement on Innovation and Competitiveness

Führen steigende Energiepreise zu zunehmender oder abnehmender Wettbewerbsfähigkeit von wirtschaftlichen Unternehmungen und Branchen und damit einer ganzen Volkswirtschaft? Dieses Projekt [11] hat auf der Basis international vergleichbarer Zahlen im OECD-Raum über den Zeitraum 1985 – 2006 eine bestmögliche empirische Einschätzung vorgenommen. Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Vermutung, dass Energiepreisschocks oder härtere Umweltregulierungen die Unternehmungen zu energieeffizienteren Programmen und Produkten führen. Durch die Veränderung der Kosten für Produktionsfaktoren können Innovationsprozesse ausgelöst werden, die sich zugunsten von Wettbewerbsfähigkeit auswirken können. Anzunehmen ist, dass Unternehmungen und Branchen mit überdurchschnittlich hoher Forschungs- und Entwicklungsintensität rascher reagieren als andere. Resultate zeigen, dass steigende Energiepreise, verursacht durch Marktmecha-

nismen und/oder politische Massnahmen in der Regel direkt zu einer Zunahme der Produktionskosten führen aber indirekt zu Effizienz- und Innovationseffekten in Produktion und Prozessen führen können. Insgesamt kann sich also die politische Massnahme positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmungen und ganzer Branchen niederschlagen. Dies ist für die meisten untersuchten Branchen und Ländern der Fall.

Projekt: Auswirkungen politischer Energiesparmassnahmen auf die Innovationskraft, die Beschäftigung und die internationale Konkurrenzfähigkeit der Schweiz

Basierend auf verschiedenen Energiesparszenarien werden im Zuge dieses Projekts [12] die Entwicklung von Konsum, Wohlfahrt, Energieverbrauch und anderen Variablen dargestellt. Hierbei wird ein neu entwickeltes Modell, das CITE-Modell (CITE: Computable Induced Technology and Energy) verwendet, das sich im Vergleich zu anderen Modellen durch seine makroökonomischen Annahmen zu Wachstumsdynamiken unterscheidet. Die wesentliche Neuerung hierbei ist der explizite Einbezug der neuen Wachstumstheorie, d. h. Wachstum entsteht durch die Akkumulation von physischem und Wissenskapital, wobei der Anreiz zur Akkumulation endogen im Modell begründet wird. Eine genestete (d.h. verschachtelte) Struktur ermöglicht die Substitution zwischen einzelnen Produktionsfaktoren. Die verwendeten Szenarien orientieren sich an der aktuellen Diskussion zur zukünftigen Klimapolitik. Näher betrachtet werden unter anderem eine Reduktion des Energieverbrauchs um 35 % bis 2035 (angelehnt an das Szenario IV der Energieperspektiven), sowie ein Szenario, das in Kopenhagen diskutierte mögliche Reduktionsziele aufnimmt. Dabei werden die CO₂-Emissionen bis 2020 um 30 % und bis 2050 um 80 % reduziert. Als politisches Instrument steht dabei in beiden Fällen eine CO₂-Steuer zur Verfügung, die den Einsatz fossiler Energie verteuert. Die Modellrechnungen zeigen, dass die makroökonomischen Auswirkungen zukünftiger Energiepolitik relativ moderat und damit verkraftbar sind. Sowohl kürzer- als auch längerfristige Reduktionsziele führen zu relativ geringen Einbussen in Konsum und Wohlfahrt. Auf sektoraler Ebene führt die Einsetzung einer CO₂-Steuer je nach Reduktionsziel zu unterschiedlich stark ausgeprägten strukturellen Veränderungen. Verantwortlich für die Verschie-

bungen ist dabei in erster Linie die Energieintensität der Sektoren. Branchen mit vergleichsweise tiefem Energieanteil in der Produktion profitieren von der Einführung einer CO₂-Steuer, während Sektoren mit relativ hoher Energieintensität Verluste erleiden. Aus energiepolitischer Sicht findet also ein Strukturwandel in die gewünschte Richtung (d. h. hin zu einer Ökonomie mit tieferer Energieintensität) statt.

Projekt: Wettbewerbsfaktor Energie – Neue Chancen für die Schweizer Wirtschaft

Welchen Einfluss hat die Umsetzung der zur Zielerreichung notwendigen Treibhausgasreduktionen auf die Schweizer Binnenwirtschaft und welche globalen Wachstumschancen eröffnen sich gleichzeitig schweizerischen Unternehmen rund um das Thema «Energieeffizienz»? Die Studie *Wettbewerbsfaktor Energie – Neue Chancen für die Schweizer Wirtschaft* [13] versteht sich als Analyse eines möglichen Szenarios im Jahr 2020 und betrachtet technische Massnahmen zur Treibhausgasreduktionen (z. B. energetische Gebäuderenovierungen), sowie die Umsetzung der Förderung von erneuerbaren Energien in der Schweiz. In einem zweiten Teil analysiert der Bericht die Marktanteile und Chancen für Schweizer Unternehmen in den stark wachsenden globalen Märkten zu erneuerbaren Energien und «Energieeffizienz»-Technologien.

Im gewählten Szenario werden technisch und ökonomisch realisierbare Massnahmen im Gebäude- und Transportbereich zur Treibhausgas-Reduktion in der Schweiz, sowie die heute bekannte Förderung von erneuerbaren Energien bis 2020 berücksichtigt. Dabei betragen die Treibhausgasreduktionen in der Schweiz bis im Jahre 2020 ca. 7.4 Mt (-14%) vs dem Referenzszenario. Diese Massnahmen werden Zusatzinvestitionen von insgesamt CHF 2.6 Milliarden im Jahr 2020 benötigen, davon CHF 1.5 Milliarden im Gebäudesektor, CHF 0.5 Milliarden zur Förderung von erneuerbaren Energien und CHF 0.6 Milliarden für emissionsarme Transportmittel. Diese Investitionen lösen direkt in der Schweiz eine Wertschöpfung von ca. CHF 2.7 Milliarden aus und schaffen gleichzeitig im Inland ca. 25'500 zusätzliche direkte Arbeitsplätze, wovon alleine ca. 17'000 durch Investitionen in der Bauwirtschaft.

Die Einsparungen an fossilen Brenn- und Treibstoffen werden aber auch Umsatz- und Arbeitsplatzverluste verursachen (z.B. in der Mineralölverarbeitung), sowie Steuerausfälle in Milliardenhöhe (z.B. durch Wegfall von Mineralölsteuern im

Umfang von rund CHF 600 Millionen) zur Folge haben. Die Mittel zur Finanzierung der Investitionen in die energetische Sanierung von Gebäuden und die Förderung von erneuerbaren Energien stehen zudem für mögliche andere (wirtschaftlich sinnvollere) Massnahmen nicht mehr zur Verfügung. Insgesamt entstehen durch die berechneten Massnahmen – hauptsächlich in der arbeitsintensiven Bauwirtschaft – aber mehr Arbeitsplätze als in anderen Bereichen durch Umsatzverluste verloren gehen würden, netto wird gesamtschweizerisch ein Überschuss von ca. 10'600 Arbeitsplätzen kreiert.

Für Schweizer Unternehmen bieten die weltweiten Bestrebungen nach effizienterem Einsatz bzw. Ersatz von fossilen Brennstoffen auch grosse Wachstumschancen. In der Energieerzeugung (Wind, Solar, Wasser, Biomasse, Kernkraft) dürften im Jahr 2020 jährlich Anlagen im Umfang von ca. CHF 540 Milliarden gebaut werden. Schweizer Unternehmen sind hier in der Zulieferung von innovativen Technologien gut vertreten, meist jedoch in frühen Wertschöpfungsstufen als Zulieferer von Komponenten und mangels Eigenbedarf und Förderung nicht in der Endfertigung.

In den Wirtschaftsbereichen, wo eine radikal verbesserte Energieproduktivität benötigt wird (Transport & Verkehr, Gebäudetechnik, Maschinen- und Anlagenbau) werden im Jahr 2020 globale Umsätze von ca. CHF 980 Milliarden entstehen. Hier sind Schweizer Unternehmen in vielen neu entstehenden Wirtschaftszweigen (Batterie- und Antriebstechnik, Heiztechnik, Wärmenutzung) heute wenig vertreten. Solche wirtschaftliche Veränderungen rufen nach innovativen Produkten und neuen Geschäftsmodellen. Die Schweizer Wirtschaft hat eine Chance, diese Wachstumsmöglichkeiten zu ergreifen und sich noch konsequenter auf Zukunftsmärkte auszurichten.

Technologietransfer und Innovationsprozesse

Ein besseres Verständnis der Diffusions- und Innovationsprozesse im Kontext neuer Energietechnologien ist sowohl für eine Erfolg versprechende Energie- und Klimapolitik als auch für das Wachstum und die internationale Wettbewerbsfähigkeit einer kleinen offenen Volkswirtschaft unerlässlich.

Projekt: InnoPower: Stärkung der frühen Innovationsphase von KMUs unter besonderer Berücksichtigung des Sektors Energie

Diese Projekt [14] hat zum Ziel, den frühen Innovationsprozess bei KMU im Energiesektor besser zu verstehen und Ansätze zu dessen Stärkung zu erarbeiten. Motivation für das Projekt ist die Er-

kenntnis, dass die Schweizer Volkswirtschaft stark von der Innovationskraft der KMU profitiert und diese immer wieder innovative Produkte und Dienstleistungen auf den Markt bringen. Im Zuge des Umbruchs im Energiesektor und der angestossenen Konjunkturprogramme ergeben sich für KMU interessante Möglichkeiten, ihre angestammten Kompetenzen und Stärken in diesen Bereich zu übertragen und somit Wertschöpfung und Beschäftigung in der Schweiz zu sichern. Sofern sich die Innovationsforschung bis anhin mit dem Energiesektor auseinandergesetzt hat, wurde der Fokus weitgehend auf Grossunternehmen oder technologieintensive Kleinunternehmen im Umfeld von Hochschulen gelegt. Dieser Fokus wird der Situation in der Schweiz jedoch nicht gerecht, umfasst der hiesige Energiesektor doch eine grosse Vielfalt von Unternehmen von gewerblichen KMU bis zu landwirtschaftlichen Betrieben. Wenig systematisches Wissen ist bisher darüber vorhanden, wie KMU im Energiebereich innovative Produkte in einer frühen Phase entwickeln, und wie sich deren Qualität und Anzahl steigern liesse. Die Studie zielt daher darauf ab, zentrale Aspekte der frühen Innovationsphase (Ideengenerierung und -quellen; frühe Evaluations- und Selektionsprozesse; Entscheidungsgremien und -kriterien; Ausmass zwischen- und überbetrieblicher Kooperation) zu analysieren und Ansätze zu deren Stärkung im Kontext des Energiesektors abzuleiten. Auf Basis theoretischer Hypothesen wurden Innovationsprozesse von Unternehmen verschiedener Bereiche des Energiesektors mittels interviewbasierten Fallstudien genauer untersucht.

Projekt: Innovationsprozesse bei Energietechnologien

Diese Studie [15] versucht Generierung und Anwendung spezifischer Energietechnologien bei Unternehmungen in der Schweiz mittels empirischer Methoden zu charakterisieren. Speziell zu diesem Zweck wurde 2009 bei sämtlichen Firmen des KOF-Unternehmenspanels (welches eine repräsentative Stichprobe von Schweizer Unternehmungen der Privatwirtschaft im Industrie- und Dienstleistungssektor darstellt) eine schriftliche Befragung durchgeführt. Aus den über 2300 auswertbaren Antworten geht beispielsweise hervor, dass sich über 40 % der Unternehmungen mit mehr als 5 Beschäftigten in der Schweiz als Anwender von Energietechnologien (welche einen effizienteren

Einsatz von Energie oder die Verwendung alternativer Energieträger erlauben) charakterisieren lassen. In den Branchen Maschinenbau, Elektrotechnik, Elektronik sowie Fahrzeugbau treten zudem jeweils um die 20 % der Firmen als Anbieter solcher Technologien auf.

Diese einmalige Datenbasis ermöglicht die Bearbeitung folgender Fragen: Durch welche Faktoren lässt sich die Übernahme von Energietechnologien (welche einen effizienteren Einsatz von Energie oder die Verwendung alternativer Energieträger erlauben) in Unternehmungen erklären? Neben strukturellen Faktoren wie Unternehmensgrösse oder Branchenzugehörigkeit ist insbesondere interessant, spezifische Diffusionsmuster (Übernahme einer Technologie als Folge des Verhaltens anderer Unternehmungen) zu untersuchen.

Im Gegenzug verdient auch die Angebotsseite von Energietechnologien Beachtung. Konkret: wie werden Unternehmungen dazu motiviert, als Anbieter neuartiger Energietechnologien aufzutreten, also erfolgreich Innovationen in diesem Gebiet zu lancieren? Es wird auch untersucht, inwiefern Fördermassnahmen (durch Bund, Kantone und Gemeinden oder auch Private) im Bezug auf Einsatz oder Generierung von Energietechnologien erfolgreich waren.

Projekt: Determinanten des Vollzugs energiepolitischer Massnahmen auf kantonaler Ebene

Im schweizerischen politischen System mit seinem ausgeprägten Föderalismus entwickeln sich in den Kantonen unterschiedliche Ansätze zu innovativen Lösungen energiepolitischer Probleme. Während das Thema Föderalismus seit langem Aufmerksamkeit in der politikwissenschaftlichen Forschung erhält, ist die Frage der Verbreitung von Politik-Innovationen im föderalistischen System ein Aspekt, der für die Schweiz noch wenig geklärt ist. Das Projekt *Determinanten des Vollzugs energiepolitischer Massnahmen auf kantonaler Ebene* [16] befasst sich mit den Determinanten und Prozessen, die zu einer Ausbreitung oder Nichtausbreitung energiepolitischer Massnahmen im Gebäudebereich führen, da die Massnahmen hier weitgehend in den Kompetenzbereich der Kantone fallen. Untersucht wurden fünf Massnahmen aus den Mustervorschriften 2000 im Zeitraum zwischen 1990 und 2007. Folgende Kernbefunde ergeben sich

aus einem ersten, quantitativ ausgerichteten Teil der Untersuchung:

- Grundsätzlich wurde festgestellt, dass kantonale Massnahmen im Energiebereich nicht unabhängig voneinander eingeführt werden.
- Die regionalen Fachstellenkonferenzen erweisen sich als Schlüsselinstitutionen für die Ausbreitung kantonaler Massnahmen.
- Nur wenig Evidenz wurde für die Kommunikation in Parteinetzwerken gefunden.
- Demgegenüber erwiesen sich die von der Energiedirektorenkonferenz verabschiedeten Mustervorschriften aus dem Jahr 2000 für die Einführung der untersuchten Massnahmen als unterstützend.
- Für den Einfluss eines Netzwerks der Kantone mit identischen Vollzugsmustern wurde keine Evidenz gefunden.
- Zusätzlich zu den Einflüssen verschiedener externer Kanäle stellten sich unterschiedliche interne Determinanten für die Einführung einer Massnahme als förderlich oder hemmend heraus.

Zusätzlich wird ein Fallstudienvergleich gemacht, bei welchem die Übernahmemechanismen und die Rolle der Institutionen bei einem Politiktransfer im Zentrum stehen.

Umwandlungssektor

Eine effiziente, ausgeglichene und sichere Energiebereitstellung ist unerlässlich, um die heutigen Ansprüche an die Energieversorgung zu erfüllen. Deshalb analysieren mehrere Studien die Vor- und Nachteile verschiedener Energietechnologien und erforschen relevante Fragen der Energieverteilung.

Projekt: Die Wirkung von Energie-, Klima- und Wettbewerbspolitik auf technischen Fortschritt und Diversität in der Schweizer Energieversorgung

Grundlage dieses Projekts [17] bildet die Modellierung der Investitionsentscheidung eines Energieproduzierenden Unternehmens unter Unsicherheit. Gegenstand der Untersuchung ist die Wahl zwischen Technologien zur Stromerzeugung wie zum Beispiel Kern-, Gas-, Wasser- und Windkraftwerke oder Geothermie und Photovoltaik. Technologie- und Energieträgerwahl in der Energiewirtschaft

werden unter dem Einfluss von energie-, klima- und wettbewerbspolitischen Massnahmen aus der Perspektive des Unternehmens dargestellt. Dazu werden die Investitionsoptionen abgebildet, um anschliessend die Entscheidung des Unternehmens in Abhängigkeit von politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu analysieren. Ziel dieser Analyse ist die Abbildung von Wechselwirkungen sowie die Identifikation politischer Massnahmen, welche einen wesentlichen Einfluss auf privatwirtschaftliche Entscheide zur Technologie- und Energieträgerwahl besitzen. Die Technologien werden über ihre Stromgestehungskosten und deren Aufteilung in Brennstoff-, Kapital- und Betriebskosten dargestellt. Durch technologiespezifische Kostenfluktuationen werden Kostenrisiken in die Betrachtung mit einbezogen. Es wird zwischen inländischer Energieproduktion und der Beteiligung von Schweizer Stromproduzenten an Werken im Ausland unterschieden. Auf der Nachfrageseite (Wärme- und Elektrizitätsnachfrage) werden energiepolitische Massnahmen sowie Absatzunsicherheiten (Schwankungen der Nachfrage durch z. B. Witterungseinflüsse) berücksichtigt; Tagesschwankungen werden hingegen nicht abgebildet. Die Elektrizitätsnachfrage entspricht den Szenarien aus den Energieperspektiven. Diese oben beschriebenen Zusammenhänge werden im Rahmen eines ökonomischen Modells dargestellt. Dadurch ergibt sich eine zweistufige mathematische Struktur, welche die Abläufe im Entscheidungsprozess - mit den beiden zeitlich getrennten Ebenen Produktion und Investition der Unternehmung aufzeigt. Die Berücksichtigung von verschiedenen Unsicherheiten im Modell ist wichtig, weil Kosten- und Absatzrisiken eine erhebliche Wirkung auf die Technologiewahl im Energiebereich haben. Aus Unternehmenssicht sind technologische Diversifikation und die Verzögerung von Investitionen in neue (effizientere) Technologien Strategien zur Absicherung gegen Kostenrisiken. Diese Risiken sind allerdings abhängig von der Gestaltung politischer Massnahmen. Im Projekt soll deshalb die Frage beantwortet werden, wie die Wirkungszusammenhänge verschiedener politischer Massnahmen, z. B. der CO₂-Abgabe und der Strommarktliberalisierung im Hinblick auf Diversität und technischem Fortschritt auf die Energieproduktion in der Schweiz wirken. Dazu wird das theoretische Modell unter Berücksichtigung von Daten aus nationalen sowie internationalen Studien kalibriert. Die politische Massnahmen und deren Unsicherheit

werden mit Hilfe von Szenarien, welche sich an den Energieperspektiven des Bundes orientieren, dargestellt.

Projekt: Wirtschaftlichkeit dezentraler Einspeisung in der Schweiz

Das Bundesamt für Energie hat im Rahmen des Projekts *Energieperspektiven 2035* energiepolitische und wirtschaftliche Szenarien und Prognosen für die Schweiz erarbeitet. Ein hieraus hervorgegangener Gegenstand weiterer Untersuchungen ist die Frage, welche technischen und wirtschaftlichen Auswirkungen ein starker Ausbau der dezentralen Erzeugung auf die Übertragungs- und Verteilnetze und den Systembetrieb hätte. Wesentliche Aufgabe des Projekts *Wirtschaftlichkeit dezentraler Einspeisungen in der Schweiz* [18] war es, allfällige mit Netzveränderungen einhergehende Mehr- oder Minderkosten grob zu quantifizieren und Relationen einzelner Einflussfaktoren aufzuzeigen.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass ein starker Zubau dezentraler Erzeugung aus technisch-wirtschaftlicher Sicht grundsätzlich möglich ist. Je nach räumlicher Konzentration der dezentralen Einspeisungen können hierdurch sowohl Netzkostenreduktionen als auch Netzkostensteigerungen auftreten. Bei realistischer Annahme der räumlichen Verteilung der Einspeisungen werden aber wahrscheinlich Netzkostensteigerungen in Folge von Netzverstärkungen überwiegen. Bezogen auf die gesamte Schweiz dürften die Netzkostensteigerungen je nach Zubaugeschwindigkeit der dezentralen Erzeugungen im einstelligen Prozentbereich liegen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass bei einzelnen Netzbetreibern durch lokale Konzentration von dezentralen Einspeisungen durchaus Steigerungen der mit der Errichtung von Betriebsmitteln verbundenen Netzkosten im kleinen zweistelligen Prozentbereich auftreten können.

Darüber hinaus kann durch den Zubau von dezentralen Einspeisungen der Bedarf an Regelleistung und -energie, die zur stabilen Einhaltung der Netzfrequenz von 50 Hz benötigt werden, steigen. Die Höhe der Steigerung hängt einerseits von der installierten Leistung und andererseits von der Prognostizierbarkeit angebotsabhängiger Einspeisungen ab. In dem hier betrachteten Szenario ergibt sich eine Zunahme der Regelleistung um ca. 600

MW (+60 %) und eine Steigerung der benötigten Regelenergie um ca. 340 GWh (+68 %). Aus technischer Sicht erscheint ein derartiger Zusatzbedarf an Regelleistung und -energie unproblematisch. Mit derzeitigen Marktpreisen gewichtet ergäben sich allerdings jährliche Zusatzkosten in Höhe von etwa CHF 210 Mio., was bei Umlage auf den Gesamtjahresstromverbrauch der Schweiz (ca. 60 TWh/a) eine Kostensteigerung um rund 0,35 Rp./kWh zur Folge hätte.

Eine Verminderung der aufgezeigten Kostensteigerungen könnte erreicht werden, wenn die dezentralen Erzeugungsanlagen an der Bereitstellung von Systemdienstleistungen, z. B. durch Beteiligung an Spannungsregelung oder Blindleistungs- und Regelreservebereitstellung mitwirken. Ziel sollte es daher sein, entsprechende Anreize für eine solche Beteiligung zu schaffen.

Projekt: Wirkung und Potenzial der Netzpreisregulierung für die Förderung der Stromeffizienz

In dieser Studie [19] wird theoretisch und anhand einer Modellanalyse geprüft, ob die Preisregulierung von Stromnetzen ein Mittel sein kann, um das Ziel der Stromeffizienz zu verfolgen. Es werden zwei Stufen der Netzpreisregulierung untersucht. Auf der ersten Ebene wird der Regulierungsrahmen und auf der zweiten Ebene der direkte Eingriff in die Preisstrukturen durch die Regulierungsbehörde betrachtet. In den Modellanalysen wird neben den Auswirkungen der Regulierung auf die abgegebene Energie auch die Auswirkung auf die Netzeffizienz und die Investitionsanreize des Netzbetreibers betrachtet.

Auf der Ebene «Regulierungsrahmen» wurde der Wechsel der aktuellen Kostenregulierung in eine Anreizregulierung untersucht. Oberstes Ziel in einer Anreizregulierung ist es, die Netzeffizienz zu erhöhen und gleichzeitig die Investitionsanreize zu gewährleisten. Die Modellanalysen zeigen, dass die Anreizregulierung je nach Ausgestaltung mit dem Ziel der Stromeffizienz vereinbar ist, da sich tendenziell positive Auswirkungen auf die Rendite der Unternehmen und damit auf die Investitionsanreize ergeben können, wenn der Anteil variabler Preiselemente steigt.

Auf der Ebene «regulatorischer Eingriff in die Preisstrukturen» wurde untersucht, wie eine regulatorisch vorgegebene Erhöhung des Arbeitspreis-

anteils innerhalb des Regulierungsrahmens einer Anreizregulierung wirkt. Erwartungsgemäss kann die nachgefragte Energie reduziert werden. Jedoch können die Netzbetreiber als Folge des Eingriffs die Preisstrukturen nicht mehr zur Optimierung der Netzauslastung und damit für Effizienzsteigerungen nutzen. Wird dadurch die Rendite gefährdet, steht ein solcher Eingriff nicht nur dem Ziel der Anreizregulierung, sondern auch dem Ziel der Investitionsanreize zur Sicherung der Versorgungssicherheit entgegen.

Um die Stromeffizienz zu erhöhen wird aufgrund der unklaren Kostenwirksamkeit, die sich insbesondere bei Eingriffen in die Preisstrukturen ergibt, auf alternative Instrumente verwiesen. Dazu gehören als First-best-Lösung Lenkungsabgaben, die durch Instrumente zur Erhöhung der Transparenz ergänzt werden können. Diese Instrumente können eindeutiger auf das Ziel der Stromeffizienz ausgerichtet werden als die Netzpreisregulierung. Bevor die Netzpreisregulierung in einem Second-best-Instrumentenmix für Stromeffizienzziele herangezogen wird, sind vertiefte Abklärungen zu den Kostenwirkungen durch negative Effekte auf die Netzeffizienz erforderlich.

Projekt: Die Zukunft leitungsgebundener Energieversorgungssysteme

Im Rahmen der Umsetzung energie- und klimapolitischer Visionen wie der 2000-Watt- oder der 1-Tonne-CO₂-pro-Kopf-Gesellschaft ist damit zu rechnen, dass der Wärmebedarf von Gebäuden massiv zurückgehen wird. Für die Wirtschaftlichkeit von Erdgas- und Nah- bzw. Fernwärmenetzen wirft dies Fragen auf, die anhand von Fallstudien für unterschiedliche Erdgas- und Fernwärmeversorgungsgebiete untersucht werden. Im Projekt *Die Zukunft leitungsgebundener Energieversorgungssysteme* [20] werden für drei Szenarien der möglichen Entwicklung der künftigen Wärmenachfrage bis 2050 (Business as usual, 1 Tonne CO₂ und 2000-Watt pro Kopf und Jahr) die folgenden sieben Fernwärme und vier Erdgasversorgungen untersucht: Die Fernwärmeversorgungen Zürich Nord (KVA), Basel (KVA+), Horgen (KVA), Russikon (Holz), Greifensee (Holz), und Illnau-Effretikon («kalte FW» von ARA) sowie die Erdgasversorgungen Bülach, Illnau-Effretikon, Erlenbach und Wetzikon. Für diese Szenarien wird eine Beurteilung der zukünftigen Kostenentwicklung leitungsgebundener Energieversorgungssysteme erarbei-

tet, wobei zwei Szenarien für die Entwicklung der künftigen Energiepreise von Heizöl, Erdgas, Holz und Strom zugrunde gelegt werden.

Die Entwicklung der Wärmenachfrage wird dabei auf der Ebene der kommunalen Bauzonen, die in den jeweiligen Versorgungsgebieten gelten, anhand von Gebäudetypen, Alterstrukturen, Anschlussgrad und den gemäss Zonenordnung noch bestehenden Verdichtungspotenzialen modelliert. Die mit der abnehmenden Wärmenachfrage einhergehende Kostenentwicklung bei den leitungsgebundenen Systemen wird mit der Kostenentwicklung bei den drei Konkurrenzsystemen Wärmepumpen, Ölheizung und Holzheizung verglichen um aufzuzeigen, welche Systeme sich in Zukunft aus wirtschaftlicher Sicht am ehesten durchsetzen. Zusammen mit Überlegungen über zukünftige 2000-Watt-kompatible Energieversorgungsstrukturen, welche auch die Nachhaltigkeit der jeweiligen Wärmequellen der Fernwärmeversorgung einbeziehen, sollen Aussagen zur Zweckmässigkeit des Ausbaus, der Erneuerung sowie der Förderung von leitungsgebundenen Energieversorgungen gemacht werden.

Nach den Systemanalysen für Fernwärme- bzw. Erdgasversorgungsnetze, Wärmenachfrage- und Energiepreisszenarien bis 2050 werden zurzeit in den Fallstudiengebieten die Versorgungsnetze (Charakteristika, Kosten, Kostentreiber), die Siedlungsstruktur und deren raumplanerische Entwicklungsmöglichkeiten erhoben.

Projekt: Literaturstudie Kernenergie

Die Nutzung der Kernenergie ist seit Jahrzehnten politisch umstritten. Sowohl Argumente der Befürworter als auch der Gegner der Kernenergie lassen sich mit Hilfe aktueller Literatur untermauern. Vor diesem Hintergrund liefert die Studie *Literaturstudie Kernenergie* [21] Grundlagen zur Bewertung offener Fragen und Meinungsdivergenzen rund um das Thema Kernenergie.

Es werden aktuelle Literaturergebnisse zusammengestellt, unterschiedliche Ergebnisse begründet und die zentralen Argumente in Bezug auf

zehn politisch relevante Diskussionspunkte aufgezeigt. Die Studie gibt dabei eine möglichst objektive Übersicht zu den folgenden Themenbereichen der Kernenergie:

- **Risiken der Kernenergie:** Die Nutzung der Kernenergie impliziert die Handhabung von grossen Mengen radioaktiven Materials. Im Zusammenhang mit den Risiken der Kernenergie werden zunächst das Sicherheitskonzept und die Sicherheitssysteme von Kernanlagen dargestellt. Es werden die Störfallrisiken bei der Nutzung der Kernenergie auf Basis der existierenden Literatur beschrieben und zu den Risiken anderer technischer Systeme in Beziehung gesetzt. Weiter werden Ergebnisse von Studien zu den Risiken diskutiert, die durch Erdbeben, Terroranschläge und Proliferation entstehen.
- **Umweltrelevanz der Kernenergie:** Die Studie zeigt die Bandbreite der Literaturergebnisse bezüglich der mit der Nutzung von Kernenergie verbundenen CO₂-Emissionen auf und vergleicht diese mit anderen Formen der Stromerzeugung. Zudem widmet sich die Studie der Frage der Entsorgung radioaktiver Abfälle, der geologischen Tiefenlagerung sowie weiteren Umweltauswirkungen bei der Nutzung der Kernenergie.
- **Gesellschaftliche Akzeptanz, ethische Aspekte und gesundheitliche Auswirkungen:** Die Studie beleuchtet die Akzeptanz und die Risikowahrnehmung in Bezug auf die Kernenergie. Weiter werden ethische Aspekte und mögliche gesundheitliche Auswirkungen der Nutzung von Kernenergie beschrieben.
- **Kosten der Kernenergie:** Die Kosten spielen eine zentrale Rolle bei der Diskussion um die Zukunft der Kernenergie. Die Studie stellt die Literaturergebnisse zu den Kosten der Kernenergie und der theoretisch möglichen Schadenssumme zusammen und begründet die vorhandenen Unterschiede. Weiter wird die voraussichtliche Kostenentwicklung von Brennstoffen thematisiert.

Nationale Zusammenarbeit

Im Rahmen des Forschungsprogramms Energie–Wirtschaft–Gesellschaft (EWG) wird eine intensive Zusammenarbeit mit privaten Forschungsstellen, Universitäten, Fachhochschulen, Instituten und anderen Bundesämtern gepflegt. Auf eine intensive **Vernetzung** unter den Forschungsstellen wird grossen Wert gelegt, und es werden regelmässig themenspezifische Workshops durchgeführt.

Für die politiknahe Forschung sind der Einbezug und die Zusammenarbeit mit den Kantonen – insbesondere den kantonalen Energiefachstellen – und den interessierten Fachverbänden in den Be-

reichen Stromversorgung und Bauen wichtig. Im vergangenen Jahr sind alle Projekte des Forschungsprogramms von speziell eingesetzten Begleitgruppen betreut worden. Damit kann die Fachkompetenz aus der Praxis und aus der Wissenschaft berücksichtigt werden, und die Umsetzung der Forschungsergebnisse wird erleichtert.

Zur Kommunikation der EWG-Schlussberichte werden Resultate jeweils mit einer Medienmitteilung gestreut, an Fachtagungen und Konferenzen präsentiert und je nach Projekt 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.

Bewertung 2009 und Ausblick 2010

2009 können zwei Themenschwerpunkte hervorgehoben werden. Zum einen wurde der erste Workshop «Experiments for Energy Insights» an der ETH Zürich durchgeführt. Doktoranden aus fünf Forscherteams und verschiedenen Disziplinen stellten ihre Forschungsvorhaben vor. Alle Forscherteams untersuchen aus einem bestimmten Blickwinkel das Konsumentenverhalten bei energierelevanten Entscheidungen. Zum anderen berechneten drei weitere Projekte im Bereich Mobilität mit ökonomischen Methoden den Effekt von veränderten Treibstoffpreisen und Einkommen auf den Treibstoffverbrauch.

Ausblickend wird im Jahr 2010 der Workshop «Swiss Energy Modeling» durchgeführt werden. Dieses Treffen der Spezialisten der Energiemodellierung soll einerseits den Stand der Forschung in der Schweiz aufzeigen und andererseits politikrelevante Verbesserungsmöglichkeiten identifizieren und angehen. Begleitend wird die schweizerische Input-Output Tabelle, die die Daten für Modellierungen liefert, auf energiespezifische Bedürfnisse angepasst. Ein weiterer Themenschwerpunkt für die nächsten Jahre werden auch ökonomische Fragen zu „Smart Grids“ darstellen.

Liste der F+E-Projekte

(JB) Jahresbericht 2009 vorhanden
(SB) Schlussbericht vorhanden (siehe www.energieforschung.ch unter der angegebenen Projektnummer).

[1] S. Banfi, M. Filippini, C. Ramseier, (ETH, CEPE, sbanfi@ethz.ch), Ökonomische **Analyse des Renovationsverhaltens von EFH-Besitzern**, (JB).

[1] S. Banfi, M. Filippini, C. Ramseier (ETH, CEPE, sbanfi@ethz.ch), M. Jakob (TEP Energy), **Investitionsverhalten von MFH-Besitzern und Marktpotenziale hinsichtlich neuer Renovationstechniken und -konzepte**, (JB).

- [2] W. Ott, D. Philippen (econcept), A. Baumgartner (Amstein und Walthert), M. Jakob (TEP Energy), (walter.ott@econcept.ch), **Gebäudepark Schweiz: CO₂-Vermeidungskosten & Einsparpotenziale**, (JB)
- [3] A. Baranzini (HEG Genève), D. Nieto, S. Weber (Université de Genève), (andrea.baranzini@hesge.ch), **Élasticité-prix de la demande d'essence en Suisse**, (SB 103018).
- [4] K. Axhausen, A. Erath (ETH) (axhausen@ivt.baug.ethz.ch), **Langfristige Treibstoffpreiselastizitäten: Einfluss auf die Mobilitätswerkzeugwahl und Wahl des Wohnstandorts**, (SB 102940).
- [5] M. Keller, P. Wüthrich, J. Trageser, H. Lückge (Infras), S. Banfi, F. Heimsch (ETH, CEPE), (mario.keller@infras.ch), **Tanktourismus**, (JB).
- [6] A. Diekmann, H. Bruderer (ETH Zürich, andreas.diekmann@soz.gess.ethz.ch), **Energieinvestitionen und heterogene Präferenzen**, (JB).
- [7] B. Sütterlin, M. Siegrist, (ETH Zürich, msiegrist@ethz.ch), **Der Einfluss von Heuristiken und Gewohnheiten auf den Energieverbrauch**, (JB).
- [8] R. Schubert, H. Fehr, Th. Epper (ETH, schubert@econ-gess.ethz.ch), **Die Rolle der Diskontrate für die Nachfrage nach energieeffizienten langlebigen Konsumgütern**, (JB).
- [9] P. de Haan (ETH Zürich, dehaan@env.ethz.ch), **Energie-Effizienz und Reboundeffekte: Entstehung, Ausmass und Eindämmung**, (SB 102101).
- [10] O. Cadot and C. Gonseth (HEC Lausanne, olivier.cadot@unil.ch), **The Effect of Energy Efficiency Enhancement on Innovation and Competitiveness**, (JB).
- [11] L. Bretschger, R. Ramer, F. Schwark (ETHZ, lbretschger@ethz.ch) **Auswirkungen politischer Energiesparmassnahmen auf die Innovationskraft, die Beschäftigung und die internationale Konkurrenzfähigkeit der Schweiz**, (SB 102763).
- [12] M. Ziegler, R. Bättig (McKinsey, marco.ziegler@mckinsey.com), **Wettbewerbsfaktor Energie – Neue Chancen für die Schweizer Wirtschaft**, (SB 103284).
- [13] M. Bader und P. Hürzeler (HSG, martin.bader@unisg.ch), **InnoPower: Stärkung der frühen Innovationsphase von KMUs unter besonderer Berücksichtigung des Sektors Energie**, (JB).
- [14] S. Arvanitis, M. Ley (ETH Zürich, KOF), (arvanitis@kof.ethz.ch), **Generierung und Übernahme von Energietechnologien & energiepolitische Förderung**, (JB).
- [15] F. Krysiak, M. Thoma (Universität Basel, frank.krysiak@unibas.ch), **Die Wirkung von Energie-, Klima- und Wettbewerbspolitik auf technischen Fortschritt und Diversität in der Schweizer Energieversorgung**, (JB 102763).
- [16] Th. Widmer und F. Strebel (Uni Zürich, thow@ipz.uzh.ch), **Determinanten des Vollzugs energiepolitischer Massnahmen auf kantonaler Ebene** (JB).
- [17] A. Ladermann, K. Linke, A. Esser, W. Fritz (consentec, ladermann@consentec.de), H. Worm, St. Vaterlaus (Polynomics), **Wirtschaftlichkeit dezentraler Einspeisung in der Schweiz**, (SB 102896).
- [18] H. Worm, Ch. Spielmann (Polynomics), R. Iten und A. Vettori (Infras), (rolf.iten@infras.ch), **Wirkung und Potenzial der Preisregulierung für die Stromeffizienz**, (SB 102457).
- [19] W. Ott, G. Klingler (econcept), (walter.ott@econcept.ch), **Die Zukunft leitungsgebundener Energieversorgungssysteme**, (JB).
- [20] P. Koch und M. Schmid (BSS, patrick.koch@bss-basel.ch), **Literaturstudie Kernenergie**, (SB Projekt 102722).

ⁱ CCEM = Kompetenzzentrum für Energie und Mobilität (CCEM)