

Publizierbarer Endbericht

gilt für Studien aus der Programmlinie Forschung

A) Projektdaten

Allgemeines zum Projekt	
Kurztitel:	CATCH
Langtitel:	Transition to low carbon households: Catching rebound effects, market imperfections and policy interactions
Zitiervorschlag:	Kulmer V., Seebauer S., Fruhmann C., Athavale S., Knaus K., Türk A (2017), Transition to low carbon households: Catching rebound effects, market imperfections and policy interactions, Final Report to the Austrian Climate and Energy Fund, November 2017, verfügbar unter: https://catch.joanneum.at/publications/
Programm inkl. Jahr:	ACRP 2014, 7. Ausschreibung
Dauer:	01.05.2014 bis 31.08.2017
KoordinatorIn/ ProjekteinreicherIn:	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
Kontaktperson Name:	Dr. ⁱⁿ Veronika Kulmer
Kontaktperson Adresse:	Sensengasse 1, 1090 Wien
Kontaktperson Telefon:	0316-8767651
Kontaktperson E-Mail:	veronika.kulmer@joanneum.at
Projekt- und KooperationspartnerIn (inkl. Bundesland):	Österreichische Energieagentur (Wien) Wegener Center für Klima und Globalen Wandel (Steiermark)
Schlagwörter:	Transformation, Rebound Effekte, Adoption und Nutzung
Projektgesamtkosten:	300,942.42 €
Fördersumme:	299,829.00 €
Klimafonds-Nr:	KR14AC7K11888 / B464789
Erstellt am:	13.11.2017

B) Projektübersicht

1 Kurzfassung

Die breite Markteinführung energieeffizienter Technologien, eine zentrale Strategie in der kohlenstoffarmen Transformation der Gesellschaft, steht im Spannungsfeld von Adoption und Nutzung. Das Projekt CATCH liefert einen detaillierten Strategieplan wie politische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in privaten Haushalten dieses Spannungsfeld überwinden können. Konkret werden in CATCH Systemmodelle für die Beispiele E-Auto und Gebäudesanierung vorgestellt, welche die Ergebnisse aus drei komplementären Forschungsmethoden, (i) das semi-quantitative Verfahren des fuzzy cognitive mappings, (ii) eine empirische Befragung privater Haushalte zur Nutzung von Effizienztechnologien und (iii) ein makroökonomisches Modell zur Politikfolgenabschätzung integrieren. Systemmodelle veranschaulichen die Dynamik zwischen Adoption, Rebound-Effekten und der Palette an gemeinsamen Einflussfaktoren. Die Systemelemente umfassen Akteure, Personen- und Haushaltsmerkmale, sozio-ökonomische Rahmenbedingungen, technologische Parameter sowie weitere kritische Kontextfaktoren.

Beide Systemmodelle zeigen folgende zentrale Ergebnisse:

- Der indirekte Rebound-Effekt ist der dominante Wirkungskanal in Hinblick auf die Gesamtmenge der CO₂ Einsparung. Die Verlagerung der CO₂ Einsparungen aus dem Effizienzgewinn in andere Konsumbereiche übertrifft bei weitem den Anstieg der direkten Nutzung. Diese Verlagerungen münden häufig in einer stärkeren Nachfrage nach energieintensiven Gütern und Dienstleistungen wie elektronische Geräte, Tourismus und Verkehr.
- Schlüsselakteure können die widersprüchlichen Anreize für Adoption und Nutzung maßgeblich auflösen. Bei Gebäudesanierung sind das Bauunternehmen & Installateure. Je mehr diesen Akteuren vertraut wird und je mehr Kompetenz ihnen zugeschrieben wird, desto eher entschließt sich ein Haushalt eine Sanierung durchzuführen. Gleichzeitig steigern Bauunternehmen & Installateure das Wissen der Haushalte über richtiges Heizen und Lüften und wirken somit dem direkten Rebound entgegen. Beim E-Auto übernehmen Vorzeigeprojekte diese ausbalancierende Rolle.
- Angelpunkte und Transformationshebel zur Vermeidung von indirektem und damit in Folge gesamtwirtschaftlichem Rebound sind: (i) hohe Umweltwerte, wodurch der Konsum vorwiegend auf nicht-energieintensive nachhaltige Produkte verlagert wird, (ii) niedrige soziale Norm, da dann der Prestigegewinn durch die energieeffiziente Technologie weniger als Rechtfertigung für Mehrkonsum herangezogen wird, und (iii) niedriges verfügbares Einkommen, wodurch der Konsum verringert oder in Richtung weniger energieintensive Produkte verlagert wird.

Aus politischer Handlungsperspektive zeigt sich, dass finanzielle Anreizinstrumente wie beispielsweise eine Steuerbefreiung von E-Autos oder Subventionen von Anschaffungskosten im Spannungsfeld von Adoption und Nutzung stehen. Sie fördern zwar die Anschaffung der energieeffizienten Technologie, führen aber gleichzeitig zu direktem Rebound. Da finanzielle Anreize technologiespezifisch gesetzt werden und den entscheidenden Wirkungskanal des indirekten Rebound außer Acht lassen, ist die Gesamteinsparung von CO₂ relativ gering. Daher sind Maßnahmenbündel zu empfehlen, die komplementär auf die Bedeutung von Umweltwerten und Schlüsselakteuren Bezug nehmen. Diese können einerseits die Marktdurchdringung ohne unerwünschte Nebenwirkungen beschleunigen, und federn andererseits den indirekten Rebound ab. Kampagnen in Massenmedien und sozialen Netzwerken könnten Umweltwerte vermitteln, sowie bestehende umweltfreundliche Werthaltungen unterstreichen und bestärken. Bauunternehmen & Installateure könnten gezielt geschult werden. Eigene staatliche Förderprogramme könnten die Umsetzung von Vorzeigeprojekten und Testregionen unterstützen.

2 Executive Summary

Energy efficiency improvements and technological innovations are vital in the transformation process towards a low carbon society but show a conflicting nature in terms of the interplay between adoption and usage. System models developed in CATCH provide a methodological framework to identify policy strategies that are effective in rebound prevention and simultaneously are able to resolve the conflicting nature of the interplay. From the broad scope of possible energy efficiency improvements, CATCH provides system models for heating demand (building insulation) and mobility (e-cars) in private households. The CATCH system models integrate three complementary methods: i) fuzzy cognitive mapping, ii) an empirical survey on household behavior and iii) a macroeconomic model of the general equilibrium type (CGE) for impact analysis.

The results of these three complementary research methods are integrated into comprehensive system models for heating demand and mobility respectively. These system models are well suited to analyse complex, interlinked relationships between rebound effect, adoption and various factors influencing these dynamics. System elements include actors, household characteristics, socio-economic conditions, technological parameters and other critical factors.

The system models highlight the following findings:

- The path via the indirect rebound effect is the most effective one in terms of cumulative effects, such as overall emission savings. The effects of shifting emission savings from efficiency gains to other emission intensive sectors easily exceed direct rebound effects. The shift in household expenditures stimulates production in several energy intensive sectors, such as electricity, tourism and transport, and hence triggers indirect rebound channels.

- Key actors are a crucial to resolve the conflicting nature of the interplay of both dimensions. For instance in case of building insulation installers & building companies are actors with high lever for investments in building insulation as well as climate friendly heating behaviour (usage of building insulation). As these actors are responsible for planning and implementation of building insulation measures, they are not only responsible for proper technical installation but also for knowledge transfer on insulation materials, ways of insulation, testing reports and climate friendly heating behaviour to private households. In case of e-mobility pioneering projects are identified as actors with a high leverage to enhance adoption and constrain rebound from usage.
- The key factors to counteract indirect rebound channels and thus also economy-wide rebound are social and psychological factors. In particular i) pro-environmental values, ii) a low social norm and iii) low available income are crucial for indirect and economy-wide rebound prevention. Pro-environmental values steer consumption of non-energy intensive goods. Social norms conveyed by friends advance rebound: the more a person believes she is expected to conduct her mobility and space heating in an environmental friendly manner, the more she exhibits rebound behaviour. Available income pushes investment decisions and thus may increase rebound effects due to shifts in consumption to energy-intensive goods and services.

From a policy perspective the system models underline that implementing solely fiscal policy instruments to counteract rebound effects and promote technology adoption is insufficient. While fiscal policy instruments such as tax exemptions for e-cars or investment subsidies increase adoption, they are at risk to steer usage and to lay a foundation for ensuring rebound effects. As financial incentives are specific for technologies and thus neglect indirect rebound channels, its contribution to emission savings is limited. Therefore, a smart policy mix affecting various, i.e. different, impact paths, lever elements and environmental values is best suited to tackle the core dynamics in an interlinked system. Such a policy mix is effective in rebound prevention and simultaneously is able to overcome barriers of technology adoption. Also information and communication measures address multiple impact paths which are placed within the interplay of technology adoption and usage. We find, that in particular mass media or social network campaigns have a high potential to convey, maintain and strengthen pro-environmental values. Training programs and workshops for installers & building companies in case of building insulation and dedicated state support in the course of pioneering projects may also significantly trigger desired effects.

3 Hintergrund und Zielsetzung

Um die ambitionierten Klimaziele zu erreichen, die 2015 bei der COP21 in Paris beschlossen wurden, setzen zahlreiche Länder auf innovative, energieeffiziente

Technologien, da diese einen wesentlichen Ansatz zur Senkung des Gesamtenergieverbrauchs darstellen. Häufig jedoch werden erwartete Energie- und Emissionseinsparungen durch energieeffiziente Technologien nicht vollständig realisiert. Tatsächliche Einsparungen durch Energieeffizienzmaßnahmen unterscheiden sich oft maßgeblich von deren technisch realisierbaren Potential (IEA 2014). Auch zahlreiche empirische Studien lassen erkennen, dass 30% - 100% der erwarteten Energieeffizienzgewinne in Wirklichkeit nicht erreicht werden können (siehe Madlener & Alcott 2011). Für Österreich zeigt sich z.B., dass obwohl der Energieeinsatz in Gütern und Dienstleistungen abnimmt, der Gesamtenergiekonsum von Haushalten stetig ansteigt (Statistik Austria 2013; Kletzan-Salmanig et al. 2009). Dieses Bild spiegelt sich auch in anderen Industrieländern wieder.

Abweichungen der tatsächlichen von erwarteten Einsparungen durch Energieeffizienzmaßnahmen entstehen einerseits infolge von Rebound-Effekten. Rebound-Effekte treten auf wenn Energieeinsparungen nach der Einführung von energieeffizienten Technologien durch verändertes Nutzerverhalten (über)kompensiert werden (Turner 2013; van den Bergh 2011). Niedrigere Energiekosten durch Effizienzgewinne setzen Einkommen frei, wodurch entweder die konkrete Energiedienstleistung (direkter Rebound Effekt, Sorell 2007, Santarius 2014) oder verwandte oder andere Energiedienstleistungen und Güter (indirekter Rebound Effekt) vom Marktakteur vermehrt nachgefragt werden. Diese Anpassungsprozesse von Angebot und Nachfrage summieren sich über alle Wirtschaftssektoren (gesamtwirtschaftlicher Rebound Effekt, Allan et al 2007, Turner 2013, Gillingham et al. 2013).

Andererseits stehen Energieeffizienzverbesserungen Marktunvollkommenheiten wie z.B. Monopolstellungen oder Zutrittsbeschränkungen gegenüber, die ihrerseits das Erreichen erwarteter Einsparungen behindern können (Barker et al. 2007). Gleichmaßen blockieren mangelndes Wissen und fehlende vertrauenswürdige Vorbilder für Energieeinsparungspotentiale die Diffusion von Produktinnovationen in Haushalten (Axsen & Kurani 2012). Darüber hinaus können sowohl Konsumgewohnheiten als auch vorherrschende soziale Normen der Marktdiffusion von technologischen Innovationen entgegenwirken (Graham-Rowe et al. 2012; Venkatesh et al. 2003).

Die Energieeffizienzpolitik ist daher auf wirksame Maßnahmen angewiesen, um Energieeinsparungspotentiale in der Realität umzusetzen. Die Wirksamkeit von Effizienzpolitiken hängt dabei stark von individuellen Kontextfaktoren wie sozio-ökonomischen Gegebenheiten, technologischen Parametern und weiteren kritischen Faktoren ab. Auch institutionelle Umstände und regulatorische Hindernisse können die Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen maßgeblich beeinflussen. Nicht zuletzt ist die politische Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen, auch von der Orientierung, Motivation und dem Interesse von im System relevanten Akteuren abhängig (Oikonomou et al. 2014).

All diese verschiedenen Dynamiken – Rebound-Effekte, Marktunvollkommenheiten, politische Rahmenbedingungen und

Stakeholderinteressen – können Energieeffizienzverbesserungen in Bezug auf Emissionsminderung und Energieeinsparung entgegenwirken. Das Projekt CATCH greift diese Dynamiken auf und erarbeitet strategische Handlungsoptionen, wie diese Marktbarrieren überwunden werden können.

Unter Berücksichtigung der Fallbeispiele Elektromobilität und Gebäudesanierung in österreichischen Privathaushalten liefert CATCH dabei eine umfassende Evaluierung von Effizienzpolitiken und Effizienztechnologien und zeigt wie diese Energieverbrauch, Wohlfahrt, Wirtschaftswachstum und Treibhausgasemissionen beeinflussen können. Insbesondere erforscht CATCH: i) Barrieren bei der Marktdiffusion von Effizienztechnologien, ii) Rebound-Effekte und mögliche Charakteristiken, iii) die Wirksamkeit von bereits implementierten Energieeffizienzpolitiken und daraus gewonnene Erkenntnisse, sowie iv) mögliche Einflussgrößen, Synergien und Zielkonflikte die Energieeffizienzmaßnahmen in ihrer Wirksamkeit beeinflussen können.

Ergebnisse dieser Analyse münden in Politikempfehlungen für österreichische Entscheidungsträger, wie es Energieeffizienzmaßnahmen zukünftig gelingen könnte ihr volles Potential zu entfalten.

4 Projektinhalt und Ergebnis(se)

Die Erkenntnis, dass erwartete Energie- und Emissionseinsparungen durch energieeffiziente Technologien oft nicht vollständig realisiert werden, wurde in den letzten Jahren auch in der politischen Diskussion aufgegriffen (siehe Font Vivanco et al. 2016). Infolgedessen besteht dringender Bedarf, politische Handlungsoptionen zur Sicherstellung der Wirksamkeit von Energieeffizienzmaßnahmen zu entwickeln. Das Projekt CATCH erarbeitet ein empirisch fundiertes und systematisches Verständnis, wie politische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in privaten Haushalten den Rebound-Effekt und Marktunvollkommenheiten überwinden können. Damit diese politischen Strategien gelingen, berücksichtigt CATCH insbesondere, dass die Technologien einerseits schnell den Massenmarkt durchdringen müssen, und andererseits die technischen Effizienzpotentiale nicht durch veränderte Nutzung kompensiert werden dürfen. Das Projekt CATCH argumentiert daher auch, dass diese beiden Prozesse, Adoption und Rebound-Effekt durch veränderte Nutzung, eng miteinander verknüpft sind. Sie werden von denselben Faktoren und Dynamiken – z.B. Marktunvollkommenheiten, politische Rahmenbedingungen und Stakeholderinteressen – beeinflusst und finden innerhalb desselben soziotechnologischen Regimes, in Interaktion mit den gleichen Marktakteuren und beeinflusst von denselben Personenmerkmalen statt (Geels 2004).

CATCH umfasst eine Vielzahl an Arbeitsschritten und –ergebnissen (siehe Abbildung 1). Aus Platzgründen fokussiert dieser Bericht auf das Systemmodell, da hier die Erkenntnisse aus allen vorangehenden Arbeitspaketen zusammengeführt werden. Detailliertere Ergebnisse sind den jeweiligen Working Papers und Publikationen zu entnehmen (siehe Abschnitt 8):

WP 1: Systemische Betrachtung von Energieeffizienzmaßnahmen

Fruhmann C. and A. Tuerk, V. Kulmer, S. Seebauer (2017). *System Complexity as Key Determinant in Achieving Efficacious Policy Transposition and Implementation*. In: The Green Market Transition. Carbon Taxes, Energy Subsidies and Smart Instrument Mixes. Critical Issues and Environmental Taxation series, Weishaar S. et al. (Ed.). Edward Elgar Publishing. August 2017, 193-208.

Shruti A. and Knaus K. (2017). *Energy Efficiency Policies and the Rebound Effect. Review of International Instruments and Recommendations for Austria*. Published and produced by: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency. Verfügbar unter: <https://catch.joanneum.at/publications/>

WP 2: Empirische Befragung von Haushalten, die energieeffiziente Technologien angeschafft haben

Seebauer S. (2017). *Individual Drivers for Direct and Indirect Rebound Effects: A Survey Study of Electric Vehicles and Building Insulation in Austria*, FCN Working Paper No. 17/2017, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University, November. <http://www.fcneonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-FCN/Forschung/~emvl/Arbeitspapiere/>

WP 3: Makroökonomische Wirkungsanalyse von Energieeffizienzverbesserungen in privaten Haushalten

Kulmer V, Seebauer S. (2017). *How Robust are Estimates of the Rebound Effect of Energy Efficiency Improvements? A Sensitivity Analysis of Consumer Heterogeneity and Elasticities*, FCN Working Paper No. 16/2017, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University, November. <http://www.fcneonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-FCN/Forschung/~emvl/Arbeitspapiere/>

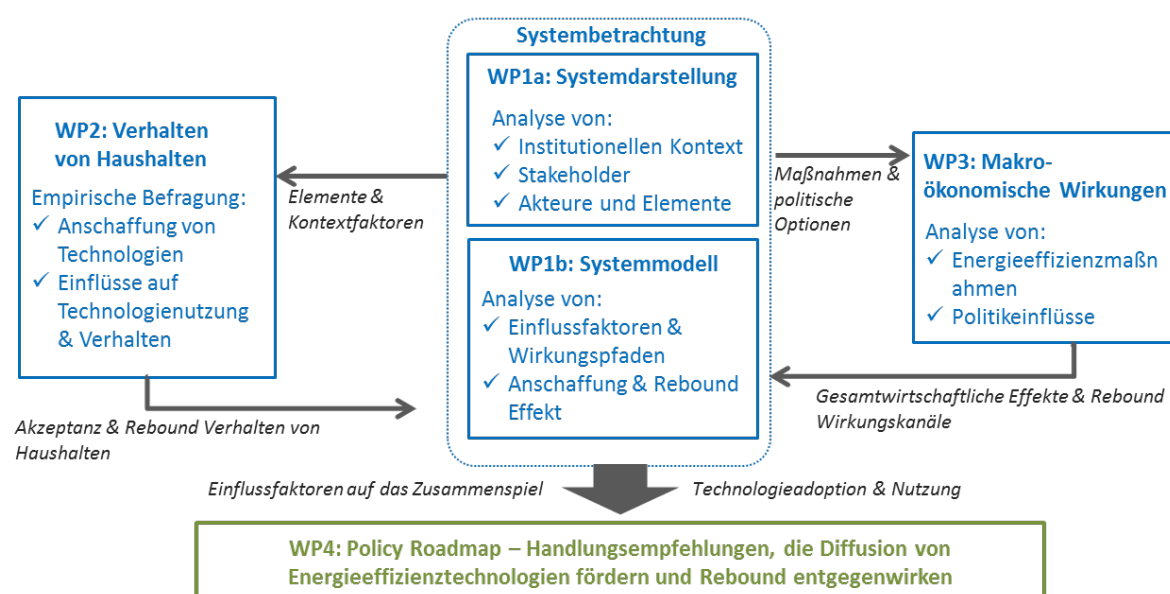


Abbildung 1: Integrierter Arbeitsablauf CATCH

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse aus dem Systemmodell erläutert (WP 1) und Handlungsempfehlungen abgeleitet (WP 4); technische und methodische Details zum Systemmodell sind Abschnitt 6 zu entnehmen.

Systemanalyse konvergenter und divergenter Einflussfaktoren an den Beispielen E-Auto und Gebäudesanierung

An den Fallbeispielen Elektromobilität und Gebäudesanierung in österreichischen Privathaushalten stellt CATCH ein Systemmodell vor, welches das Wirkungsgeflecht zwischen Adoption, Rebound und einer Palette an gemeinsamen Einflussfaktoren kompakt veranschaulicht. Dieses Systemmodell ist notwendigerweise eine Vereinfachung gegenüber fokussierten, disziplinären Zugängen, zeigt aber übergreifende Dynamiken auf. Entlang der Wirkungspfade wird sichtbar, wie sich eine politische Intervention im Geflecht der Einflussfaktoren fortpflanzt und möglicherweise unbeabsichtigte oder kontraproduktive Effekte auslöst. Die Systemanalyse ist auch als Working Paper wie folgt verfügbar:

Kulmer V, S. Seebauer, Fruhmann C., (2017). *Wie können Widersprüche zwischen Marktdurchdringung und Rebound-Vermeidung gelöst werden?* Working Paper, Verfügbar unter: <https://catch.joanneum.at/publications/>

Dynamik und Wirkungsverflechtungen der Systemelemente

Das Systemmodell E-Auto umfasst zwölf interagierende Elemente (Abbildung 2). Zahlreiche Faktoren fördern den Kauf eines E-Autos, wie beispielsweise hohe soziale Norm, hohes verfügbares Einkommen, gut ausgebaute Ladeinfrastruktur und eine breite Produktpalette an verschiedenen E-Fahrzeugen. Neben diesen psychologischen, sozioökonomischen und technischen Faktoren wirken auch einzelne Akteure, AutohändlerInnen und Vorzeigeprojekte positiv auf die Anschaffung eines E-Autos. Diesen begünstigenden Elementen stehen Anschaffungskosten und Kosten pro Kilometer als hemmende Faktoren gegenüber.

Kosten pro Kilometer, verfügbares Einkommen und soziale Norm weisen divergente Wirkungen auf Adoption und Nutzung auf: Einerseits macht die Aussicht auf höhere Kosten pro Kilometer, verursacht etwa durch steigende Strompreise, die Anschaffung eines E-Autos weniger wahrscheinlich; andererseits dämpfen höhere Kosten die Nutzungshäufigkeit und damit den direkten Rebound. Der Vergleich der beiden Effektgrößen zeigt, dass man aus umweltpolitischer Sicht die geringe Einschränkung der Anschaffungsrate durch höhere Kosten pro Kilometer (-0.1) in Kauf nehmen könnte, um im Gegenzug von einer starken Reduktion des direkten Rebound (0.8) zu profitieren. Verfügbares Einkommen und soziale Norm begünstigen den Kauf eines E-Autos, jedoch steigt in gleichem Ausmaß auch der Mehrkonsum in anderen Bereichen und damit der indirekte Rebound.

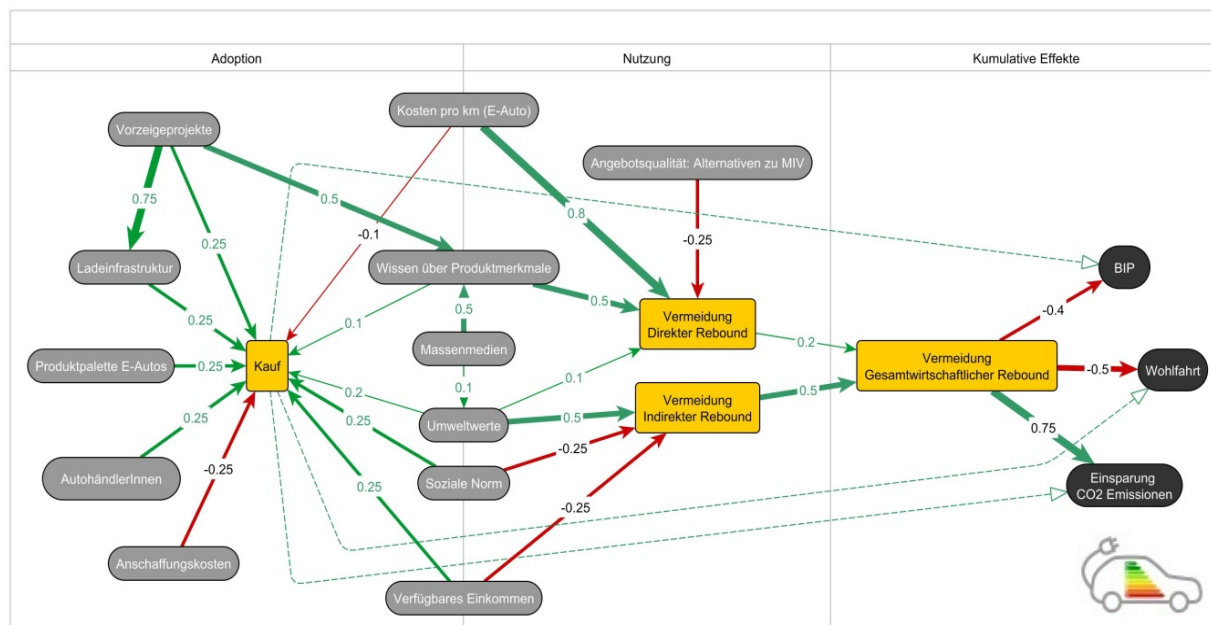


Abbildung 2: Systemmodell E-Auto

Neben der divergenten Wirkungsweise mancher Elemente auf Adoption und Nutzung zeigt das Systemmodell auch Elemente mit konvergenter Wirkungsweise. Wissen über Produktmerkmale und Umweltwerte begünstigen die Anschaffung und hemmen eine vermehrte Nutzung (Vermeidung direkter Rebound) sowie einen Mehrkonsum in anderen Bereichen (Vermeidung indirekter Rebound). Zusammengenommen verdeutlichen die divergenten und konvergenten Effekte von Elementen, dass politische Maßnahmen, die stark auf finanzielle Anreize setzen oder Prestigegewinn in den Vordergrund stellen, aus Umweltsicht kontraproduktiv sind. Informative oder bewusstseinsbildende Maßnahmen hingegen lenken sowohl Adoption als auch Nutzung in eine umweltpolitisch erwünschte Richtung.

Das Systemmodell Gebäudesanierung ist in Hinblick auf Anzahl und Vernetzung der Systemelemente sowie Anzahl divergenter Wirkungen auf Adoption und Nutzung deutlich komplexer (Abbildung 3). Dennoch sind zentrale Wirkungsmuster gleich: Umweltwerte tragen zur Auflösung des Spannungsfeldes Adoption und Nutzung bei, während verfügbares Einkommen, soziale Norm und variable Heizkosten das Spannungsfeld verstärken. Wichtige Einflussfaktoren um die Durchführung von Sanierungen voranzutreiben sind das Aufkommen eines Gelegenheitsfensters und eine niedrige Komplexität der Antragsstellung für eine öffentliche Subvention. Eine hoch komplexe Antragsstellung hingegen ist mit Abstand die größte Hürde zur Durchführung einer Sanierung. Bei der Vermeidung des direkten Rebound kommen im Vergleich zum Systemmodell E-Auto zwei relevante Einflussfaktoren dazu: Energiearmut und technische Umsetzung.

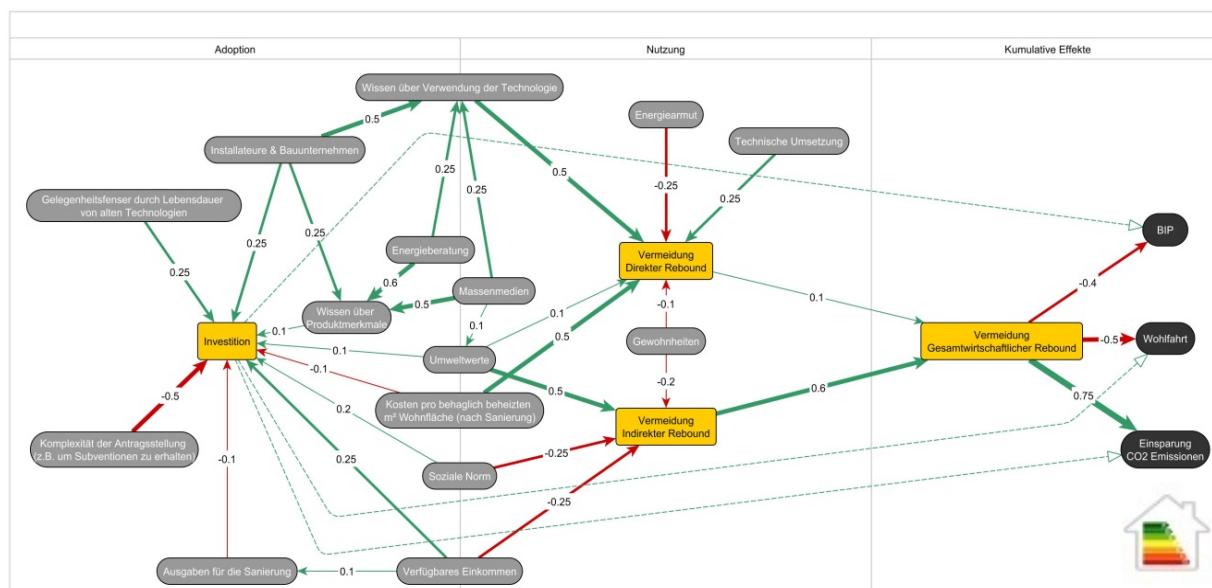


Abbildung 3: Systemmodell Gebäudesanierung

Das Systemmodell Gebäudesanierung verdeutlicht die nicht zu unterschätzende Wirkung von vorgelagerten Akteuren. Massenmedien, Bauunternehmen & Installateure und Energieberatung haben kaum unmittelbaren Einfluss auf Adoption oder Nutzung, wirken jedoch indirekt über andere Systemelemente wie Wissen über Produktmerkmale oder Wissen über Verwendung der Technologie. Letzteres hat hohes Potential direkten Rebound zu vermeiden und wird von allen diesen vorgelagerten Akteuren begünstigt. Diese verzweigten Wirkungskanäle unterstreichen, dass effektive politische Maßnahmen einen Mix aus Elementen ansprechen sollten, anstatt sich nur auf jene Elemente zu konzentrieren, die in einer unmittelbaren Beziehung zu Adoption oder Nutzung stehen.

Beide Systemmodelle, E-Auto als auch Gebäudesanierung, weisen auf Schlüsselakteure hin, welche widersprüchliche Anreize für Adoption und Nutzung maßgeblich auflösen können. Bei Gebäudesanierung sind das Bauunternehmen & Installateure. Je mehr diesen Akteuren vertraut wird und je mehr Kompetenz ihnen zugeschrieben wird, desto eher entschließt sich ein Haushalt eine Sanierung durchzuführen. Gleichzeitig steigern Bauunternehmen & Installateure das Wissen der Haushalte über richtiges Heizen und Lüften und wirken somit dem direkten Rebound entgegen. Beim E-Auto übernehmen Vorzeigeprojekte diese ausbalancierende Rolle. Vorzeigeprojekte schaffen günstige Rahmenbedingungen für den Kauf eines E-Autos; gleichzeitig vermitteln sie Wissen über Reichweite und CO₂-Fussabdruck und reduzieren somit mittelbar den direkten Rebound. Integrative Politikstrategien sind daher gut beraten, solche Schlüsselakteure gezielt einzubinden.

Der gesamtwirtschaftliche Rebound wird in den Systemmodellen beider Fallbeispiele vor allem vom indirekten Rebound angetrieben. Die Verlagerung der Einsparung aus dem Effizienzgewinn in andere Konsumbereiche wirkt um ein Vielfaches stärker als der Anstieg der direkten Nutzung. Ein hoher gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekt spiegelt widersprüchliche Wirtschafts-, Sozial- und Umweltziele wieder. Mehrkonsum führt zu Wirtschaftswachstum und

folglich steigen Bruttoinlandsprodukt und, bedingt durch höhere Löhne und mehr Konsummöglichkeiten, Wohlfahrt. Durch den Mehrkonsum wird aber weniger Energie und somit weniger CO₂ als ursprünglich erwartet eingespart. Aufgrund der Verflechtungen zwischen Wirtschaftssektoren kann dieser Kompensationseffekt so weit gehen, dass die gesamte Energie- und CO₂-Ersparnis durch Mehrkonsum ausgeglichen wird.

Die Systemmodelle beider Fallbeispiele zeigen auch dieselben Angelpunkte zur Vermeidung von indirektem (und damit in Folge gesamtwirtschaftlichem) Rebound: (i) hohe Umweltwerte, wodurch der Konsum vorwiegend auf nicht-energieintensive nachhaltige Produkte verlagert wird, (ii) niedrige soziale Norm, da dann der Prestigegegninn durch die energieeffiziente Technologie weniger als Rechtfertigung für Mehrkonsum herangezogen wird, und (iii) niedriges verfügbares Einkommen, wodurch der Konsum verringert oder in Richtung weniger energieintensive Produkte verlagert wird. Den dritten Aspekt durch ein pauschales Wegbesteuern von Effizienzgewinnen politisch zu nutzen, dürfte jedoch an die Grenzen von Machbarkeit und Akzeptanz stoßen.

Politiksimulation mittels Systemmodell

Die Politiksimulation mittels Systemmodell skizziert wo, wie und unter welchen Bedingungen ausgewählte politische Maßnahmen am besten geeignet sind, um Rebound-Effekten ganzheitlich entgegenzusteuern und das Spannungsfeld Adoption und Nutzung aufzulösen. Die Einflussstärken der Systemelemente und damit die simulierten Politikwirkungen sind naturgemäß mit Unsicherheiten verbunden. In anderen Ländern oder mit einem anderen Strom-Mix für E-Autos würden andere Einflussstärken zu anderen numerischen Ergebnissen führen. Hier stehen jedoch die relativen Größenordnungen der unterschiedlichen Zusammenhänge im Vordergrund, um zentrale Hebelelemente und Transformationspfade für politische Eingriffe zu identifizieren. Mit dieser Anwendung erweitern wir die gegenwärtige Literatur zu Rebound-Vermeidungspfaden (Font Vivanco et al. 2016) um eine vergleichende Wirkungsabschätzung verschiedener politischer Maßnahmen.

Derzeitige politische Initiativen zur Forcierung energieeffizienter Technologien setzen vorrangig auf finanzielle Anreizinstrumente zur Reduktion der variablen Kosten. Zum Beispiel ist in Österreich das E-Auto von der Normverbrauchsabgabe befreit; es gibt keine Besteuerung des Stroms für den Betrieb des Fahrzeugs analog zur Mineralölsteuer bei fossil betriebenen Autos; in manchen Großstädten sind E-Autos von Parkgebühren ausgenommen. Im Systemmodell E-Auto wirkt eine Reduktion der variablen Kosten sowohl auf Adoption als auch auf Nutzung. Eine Reduktion der Kosten pro km um eine Einheit führt dazu, dass die Anschaffung um 0.1 Einheiten zunimmt, aber zugleich die direkte Nutzung bzw. der direkte Rebound um 0.8 Einheiten steigt. Der direkte Rebound pflanzt sich im System fort und führt zu einer Verringerung der Einsparungen von CO₂-Emissionen in Höhe von 0.12 Einheiten ($0.8 \cdot 0.2 \cdot 0.75$). Ein ähnliches, aber abgeschwächtes Bild zeigt sich im Systemmodell Gebäudesanierung: Geringere Energiesteuern für bestimmte Heizungsenergieträger (z.B. Biomasse, Fernwärme) reduzieren die Kosten pro

beheglichen beheizten m^2 Wohnfläche. Das bewirkt eine marginal höhere Investitionstätigkeit von 0.1, aber verringert die CO₂-Einsparungen um 0.0375 ($0.5 \cdot 0.1 \cdot 0.75$). Finanziellen Anreizinstrumenten wird im politischen Diskurs eine hohe Treffsicherheit und Wirksamkeit zugeschrieben. Die Systemmodelle stellen dieses Bild in Frage – nicht nur ist die unmittelbare Wirkung auf die Adoption schwach, zusätzlich führen direkter und gesamtwirtschaftlicher Rebound zu Rückschritten bei CO₂-Einsparungen.

Bewusstseinsbildende Kampagnen zur Steigerung von Umweltwerten versprechen hingegen deutlich höhere Wirkungen. Die unmittelbare Wirkung auf die Adoption ist zwar auch hier gering (0.2 bei E-Auto, 0.1 bei Gebäudesanierung), da aber Umweltwerte sowohl den direkten als auch den indirekten Wirkungskanal ansprechen, summieren sich die Wirkungen auf die Einsparung von CO₂-Emissionen. Eine Erhöhung der Umweltwerte um 1 Einheit reduziert bei Gebäudesanierung die CO₂-Emissionen um 0.2325 Einheiten; vor allem über den Wirkungspfad des indirekten Rebound ($0.5 \cdot 0.6 \cdot 0.75 = 0.225$) und geringfügig über den Wirkungspfad des direkten Rebound ($0.1 \cdot 0.1 \cdot 0.75 = 0.0075$). Beim E-Auto zeigt sich das gleiche Bild ($0.1 \cdot 0.2 \cdot 0.75$ (direkt) + $0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.75$ (indirekt) = 0.2025). Die hohe Wirksamkeit macht eine Steigerung von Umweltwerten zu einer attraktiven Interventionsstrategie. Allerdings dürfte eine weitreichende Veränderung von Umweltwerten in der Bevölkerung nur durch langwierigen gesellschaftlichen Wandel zu erreichen sein; finanzielle Anreizinstrumente sind hingegen deutlich einfacher und schneller umzusetzen.

Schlüsselakteure bieten einen rascheren und effektiven Zugang zur Steigerung der Adoptionsrate. Beim E-Auto fördert ein Ausbau von Vorzeigeprojekten um 1 Einheit über mehrere Wirkungsbeziehungen die Anschaffung eines E-Autos um gesamt 0.4875 Einheiten (direkter Einfluss: 0.25; via Ladeinfrastruktur: $0.75 \cdot 0.25$; via Wissen über Produktmerkmale: $0.5 \cdot 0.1$). Der Einfluss auf Wissen über Produktmerkmale pflanzt sich im System weiter fort und trägt geringfügig zur Einsparung von CO₂-Emissionen mit 0.0375 ($0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.2 \cdot 0.75$) bei. Bauunternehmen & Installateure, das Pendant im Systemmodell Gebäudesanierung, weisen ähnliche Wirkungen auf. Diese Schlüsselakteure erhöhen die Adoption um gesamt 0.275 (direkter Einfluss: 0.25; via Wissen über Produktmerkmale: $0.25 \cdot 0.1$) und führen zu Einsparungen von CO₂-Emissionen um 0.01875 ($0.5 \cdot 0.5 \cdot 0.1 \cdot 0.75$). Die gezielte Einbindung von Schlüsselakteuren bietet sich als flankierende Maßnahme in einem Politikbündel an. Einerseits haben sie einen klaren Haupteffekt auf die Adoptionsrate; andererseits generieren sie durch Wissensvermittlung über Produktmerkmale den positiven Nebeneffekt, die CO₂-Emissionen abzuschwächen.

Analog zu den hier beschriebenen Politiksimulationen können die Systemmodelle genutzt werden um die Wirkungen und Wirkungsmechanismen weiterer Instrumente zu veranschaulichen. Hierzu ist nur festzulegen, welches Systemelement von dem Instrument angesprochen wird. Der Veränderungsimpuls in diesem Systemelement kann dann entlang der Wirkungspfade verfolgt und aufsummiert werden. Die summierten Wirkungen

sind aber stets als Größenordnungen zu verstehen, die einen Vergleich verschiedener Instrumente ermöglichen, aber nicht für eine quantitative Hochrechnung geeignet sind. Zur Simulation von Politikinstrumenten, welche über die hier vertretenen Systemelemente hinausgehen, wäre das Systemmodell entsprechend zu erweitern.

5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Die breite Markteinführung energieeffizienter Technologien, eine zentrale Strategie in der kohlenstoffarmen Transformation der Gesellschaft, steht im Spannungsfeld von Adoption und Nutzung. Hier werden Systemmodelle für die Beispiele E-Auto und Gebäudesanierung vorgestellt, welche Ergebnisse aus drei komplementären Forschungsmethoden integrieren um zentrale Transformationshebel zur Auflösung dieses Spannungsfeldes zu bestimmen. Die Systemmodelle zeigen die Dynamik zwischen Adoption, Rebound-Effekten und der Palette an gemeinsamen Einflussfaktoren. Die Systemelemente umfassen Akteure, Personen- und Haushaltsmerkmale, sozio-ökonomische Rahmenbedingungen, technologische Parameter sowie weitere kritische Kontextfaktoren.

Finanzielle Anreizinstrumente wie eine Steuerbefreiung von E-Autos (wie in Österreich und Deutschland) oder Ausnahmeregelungen für E-Autos bei städtischen Pkw-Mautsystemen (wie in London und Stockholm) stehen mitten im Spannungsfeld von Adoption und Nutzung. Sie fördern zwar die Anschaffung der energieeffizienten Technologie, führen aber gleichzeitig zu direktem Rebound. Da finanzielle Anreize technologiespezifisch gesetzt werden und den entscheidenden Wirkungskanal des indirekten Rebound außer Acht lassen, ist die Gesamtwirkung auf CO₂-Einsparungen gering. Dies steht in klarem Widerspruch zur politischen Beliebtheit marktwirtschaftlich orientierter Instrumente.

Stattdessen sind Maßnahmenbündel zu empfehlen, die in flankierenden Maßnahmen auf die Bedeutung von Umweltwerten und Schlüsselakteuren Bezug nehmen. Diese können einerseits die Marktdurchdringung ohne unerwünschte Nebenwirkungen beschleunigen, und federn andererseits den indirekten Rebound ab. Kampagnen in Medien und sozialen Netzwerken könnten Umweltwerte vermitteln sowie bestehende umweltfreundliche Werthaltungen unterstreichen und bestärken. Bauunternehmen & Installateure könnten gezielt geschult werden. Eigene staatliche Förderprogramme könnten die Umsetzung von Vorzeigeprojekten und Testregionen unterstützen.

Solche Maßnahmenbündel können auch ausgleichen, dass verschiedene Maßnahmen ihre Wirkungen über verschiedene Zeiträume entfalten. Steuern und Subventionen wirken unmittelbar und kurzfristig; Schulungen, Kampagnen oder Medienaktivitäten wirken mittelfristig; ein Wertewandel oder eine Änderung von Konsumpraktiken entwickeln sich langfristig über einen Zeitraum von bis zu einer Generation. Der Transformationsprozess zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft wird sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken. Es scheint daher sinnvoll, kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen systematisch über diese Zeitspanne zu

staffeln. Für eine zeitliche Dimension müssten die hier vorgestellten Systemmodelle erweitert werden, etwa um Rückkopplungseffekte abzubilden oder um zu berücksichtigen, dass sich Einflussstärken und -richtungen über die Zeit verändern oder neue, kritische Systemelemente hinzukommen können.

Beide Systemmodelle unterstreichen die dominante Rolle des indirekten Rebound-Effekts. Die Verlagerung der Einsparungen aus dem Effizienzgewinn in andere Konsumbereiche übertrifft bei weitem den Anstieg der direkten Nutzung. Indirekte Verlagerungen münden häufig in einer stärkeren Nachfrage nach energie-intensiven Gütern und Dienstleistungen wie elektronische Geräte, kosmetische Produkte, Tourismus und Verkehr. Um indirekten Verlagerungen politisch gegenzusteuern werden Produktstandards und individuelle Emissionsobergrenzen diskutiert. Zahlreiche Konsumbereiche haben bereits Produktstandards eingeführt (z.B. Emissionsstandards bei Fahrzeugen, Energieeffizienz-Labels bei Elektronikgeräten, diverse ISO-Normen). In je mehr Konsumbereichen Emissionsstandards gelten, desto geringer wäre der Anteil fossiler Energieträger in der Herstellung von Produkten und Dienstleistungen; folglich wären Verlagerungseffekte in andere Konsumbereiche weniger CO₂-intensiv und insgesamt weniger relevant. Individuelle Emissionsobergrenzen, etwa im Sinne eines jährlichen CO₂-Budgets pro Person, lenken Konsumverlagerungen in Richtung kohlenstoffarme Produkte und Dienstleistungen und zeigen den Weg in Richtung suffiziente Lebensstile. Im Gegensatz zu Produktstandards ist aber nur schwer vorstellbar, wie individuelle Emissionsobergrenzen in der Praxis administriert und kontrolliert werden könnten.

Um die Wirkungsmechanismen von Produktstandards und individuellen Emissionsobergrenzen abbilden zu könnten, müssten die Systemgrenzen beider Systemmodelle erweitert werden. Gegenwärtig sind die Systemmodelle auf die konkreten Effizienztechnologien zugeschnitten und umfassen lediglich jene Elemente, die mittelbar oder unmittelbar auf Adoption und Nutzung wirken. Andere Konsumbereiche, die Produktionsseite der Wirtschaft oder Faktoren weit außerhalb des Entscheidungsspielraums der Haushalte, sind (noch) nicht enthalten. Die Einführung zusätzlicher Systemelemente würde aber das Systemmodell drastisch komplexer machen und die Interpretierbarkeit entsprechend einschränken.

Der bewusst vereinfachende Zugang des Systemmodells ist hingegen bereits ausreichend, um den grundlegenden Widerspruch ökonomischer Instrumente aufzuzeigen, die gemeinsam mit der Adoption energieeffizienter Technologien auch den Rebound-Effekt in deren anschließender Nutzung fördern. Integrierte Strategien für die Transformation zu einer kohlenstoffarmen Gesellschaft sollten daher die Rolle von sozialpsychologischen Merkmalen und Schlüsselakteuren nicht unterschätzen.

C) Projektdetails

6 Methodik

Fuzzy-Cognitive Mapping

Fuzzy-Cognitive Mapping ist ein semi-quantitatives Verfahren zur grafischen, simplifizierten Darstellung und Interpretation von gegebenen, komplexen Systemen. Fuzzy-Cognitive Mapping liefert Informationen über die Struktur des Systems, sowie über die Rolle einzelner Systemelemente. Dadurch können Systemtrends erkannt und Änderungen bzw. Reaktionen von Systemtrends auf verschiedene Managementoptionen simuliert werden. Fuzzy-Cognitive-Mapping eignet sich daher besonders als unterstützendes Verfahren in politischen Entscheidungsfindungen und ist als Forschungsmethode im Bereich der Umweltpolitik weit verbreitet (siehe z.B. Isaac et al. 2009; Papageorgiou et al. 2009; Rajaram & Das 2010; Kafetzis et al. 2010).

Methodisch werden durch Fuzzy-Cognitive Mapping komplexe Zusammenhänge und Verflechtungen realer Systeme in einfache Ursache-Wirkungs-Diagramme („Fuzzy-Cognitive-Maps“) übersetzt. Die Struktur von „Fuzzy-Cognitive-Maps“ wird durch Knotenpunkte (relevante Systemelemente), welche über gerichtete Pfeile miteinander in Beziehung stehen definiert. Gerichtete Pfeile werden dabei mit sogenannten „fuzzy values“, also „unscharfen Werten“ versehen. Diese spiegeln die Größenordnung der Wechselwirkungen zwischen einzelnen Systemelementen wider. In Folge ermöglicht die Erstellung solcher „Fuzzy Cognitive Maps“ eine schnelle Identifikation von zentralen Hebelelementen und Wirkungspfaden in Systemen. Das Verfahren des Fuzzy-Cognitive-Mappings basiert dabei hauptsächlich auf der Betrachtung von Expertenwissen. Expertenwissen ermöglicht Einblicke in interne Prozesse und kommt vor allem in Bereichen zu tragen, wo es an dokumentierten wissenschaftlichen Daten fehlt und komplexes menschliches Verhalten eine wesentliche Rolle spielt (siehe Papageorgiou & Kontogianni 2012; Oezesmi & Oezesmi 2004).

Im Projekt CATCH wurden unter Anwendung des „Fuzzy-Cognitive-Mappings“ politische Rahmenbedingungen, Kontextfaktoren und Stakeholderinteressen erhoben, welche die Adoption und die Nutzung von Energieeffizienztechnologien (E-Auto und Gebäudedämmung) in österreichischen Haushalten bedingen. Nach Oikonomou et al. (2014) klassifizierten wir Kontextfaktoren in 1) äußere, breitere Kontextfaktoren wie ökologische, ökonomische, soziale als auch technologische Faktoren, sowie 2) Barrieren und Ineffizienzen in der Umsetzung von politischen Maßnahmen und Rahmenbedingungen. Des Weiteren wurde nach Oikonomou et al. (2014) auch ein besonderes Augenmerk auf die relevanten Interessen von verschiedenen Stakeholdern und Zielen politischer Maßnahmen gelegt. Experten wurden dabei gebeten nicht nur relevante Elemente zu benennen, sondern auch Wechselwirkungen zwischen solchen zu beschreiben und mit Werten im Intervall -1 „starker negativer Zusammenhang“ und +1 „starker positiver Zusammenhang“ zu versehen. Den Wechselwirkungen zugeordnete Werte wurden anschließend in sogenannte Adjazenzmatrizen eingetragen.

Adjazenzmatrizen bestehen aus einer Zeile und einer Spalte für jedes Systemelement und geben an, wie stark welche Systemelemente miteinander verbunden sind. Mit Hilfe dieser Matrizen wurden „Fuzzy-Cognitive Maps“ für jeweilige zu untersuchende Systeme (Adoption und Nutzung von E-Auto als auch Gebäudedämmung) erstellt, die eine weitere Interpretation von Hebelelementen und zentralen Zusammenhängen in den jeweiligen Systemen erlauben. Zusätzlich wurde die Methode des „Fuzzy Cognitive Mappings“ im Forschungsprojekt CATCH durch eine strukturierte Literaturrecherche erweitert, umso die Signifikanz der Ergebnisse aus Experteninterviews zu untermauern.

Allgemeine Gleichgewichtsmodellierung

Mittels eines angewandten allgemeinen Gleichgewichtsmodells (computable general equilibrium, CGE) wurden die makroökonomischen Wirkungen von Energieeffizienzmaßnahmen in privaten Haushalten untersucht. CGE Modelle basieren auf der theoretischen allgemeinen Gleichgewichtsformulierung von Arrow und Debreu (Shoven und Whalley 1992) und verwenden empirische Wirtschaftsdaten wie Input-Output-Tabellen und volkswirtschaftliche Gesamtrechnung um numerisch Gleichgewichtspreise und -mengen zu bestimmen. CGE-Modelle sind weitverbreitet um die ökonomischen Wirkungen, Verteilungs- und Umwelteffekte von externen Schocks, Maßnahmen und politischen Handlungsoptionen zu analysieren. Ein einzigartiges Merkmal des CGE-Ansatzes ist die Fähigkeit, sektorale Verflechtungen und Rückkopplungen Märkte innerhalb der Wirtschaft zu erfassen (Frei et al. 2003). Daher ist diese Methode besonders dazu geeignet den makroökonomischen Rebound-Effekt zu bestimmen sowie direkte und indirekte Wirkungskanäle zu analysieren.

Das in dieser Studie angewendete Modell basiert auf Kulmer (2013) und wurde um zentrale Eigenschaften, wie heterogene Haushaltstypen erweitert. Technisch gesehen ist es ein multi-regionales, komparativ-statisches, Ein-Land (mit Annahme kleiner offener Volkswirtschaft) Modell der österreichischen Volkswirtschaft. Das Modell umfasst 45 Wirtschaftssektoren, die sich in energie- und nicht energieintensive Sektoren untergliedern. Auf Produktionsseite minimieren Unternehmen die Kosten und unterliegen dabei einer verschachtelten CES (konstante Elastizitäten der Substitution) Funktion welche den preisabhängigen Einsatz von Produktionsfaktoren (Kapital und Arbeit) und Vorleistungen beschreibt. Der Außenhandel folgt der Armington Annahme von Produktheterogenität zwischen heimischen und exportierten/importierten Gütern.

Auf Nachfrageseite bildet das Modell sechs heterogene Haushaltstypen mit jeweils unterschiedlichen Nutzenfunktionen ab (siehe Melnikov et al. 2012). Diese Typen präsentieren unterschiedliche Lebensstile und Konsummuster. Jeder Haushaltstyp ist ausgestattet mit den Produktionsfaktoren Kapital, qualifizierte und ungelernete Arbeit sowie Transfers von der Regierung. Jeder Haushaltstyp maximiert seinen Nutzen, folgend einer verschachtelten CES Funktion (jede Gruppe weist unterschiedliche Elastizitäten der Substitution auf, je nach Lebensstil und Konsummuster) unter Budgetbegrenzungen.

Sensitivitätsanalyse mittels Monte-Carlo Funktionen

Da der makroökonomische Rebound Effekt in der Literatur stark schwankt (vom -10% in Yu et al. 2016 bis +355% in Turner 2009) und empirisch gut fundierte Schätzungen zu zentralen Elastizitätsparametern auf Haushaltsebene kaum zur Verfügung stehen, wurde eine umfangreiche Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Das Ziel war (i) die Robustheit der erzielten Rebound-Effekte sowie (ii) politische Maßnahmen zur Eindämmung des Rebounds zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden zwei zentrale Wirkungsparameter des CGE Modells herangezogen: *Energie-Elastizität* – diese beschreibt den Abtausch zwischen den einzelnen Energiegütern in der Nachfragefunktion der einzelnen Haushaltsgruppen– und der *Energie-Material Elastizität* – diese beschreibt den Abtausch auf der obersten Ebene der Nutzenfunktion zwischen dem Energiebündel und dem Bündel von Nicht-Energiegütern.

Technisch gesehen führten wir mittels Monte-Carlo Ansatz 80 Simulationsläufe je Elastizitätsparameter durch. Dies genügt, um zu einem klaren Bild zu gelangen; Mehr als 80 Simulationen wären möglich, ergeben aber keine anderen oder neuen Ergebnisse. Wir verwendeten Zufallszahlen Generator Funktionen (RNG, random number generator) um eine Reihe von Zahlen im Intervall $[0,1;1,2]$ zu erzeugen. Dieses Intervall stützt sich auf zwei Annahmen: (i) Während ein Wert von 0 fixierte Abtauschverhältnisse vom Leontief-Typ impliziert, spiegelt 0,1 eine untere Schranke der Substituierbarkeit wider. (ii) In der CGE-Modellliteratur ist 0,7 der höchste veröffentlichte Wert der Elastizität der Substitution zwischen Energiegütern in der Haushaltsnachfrage; jene der Energie-Elastizität wird maximal mit 0,4 angegeben. Der Wert von 1,2 wurde als obere Schranke gewählt, da dieser weit über den gebräuchlichen Werten liegt. Aufgrund des Fehlens empirischer Beobachtungen oder fundierter Werte aus der volkswirtschaftlichen Literatur deckt das gewählte Verteilungsintervall den relevanten Werte-Raum ab und bildete des Weiteren eine plausible Annahme zum österreichischen Kontext.

Technische Details sind dem Working Paper von Kulmer und Seebauer (2017) zu entnehmen sowie Kulmer (2013), welches das Modell algebraisch beschreibt.

Haushaltsbefragung

Eine Befragung von Haushalten, die eine Gebäudesanierung durchgeführt haben oder ein Elektroauto gekauft haben, untersucht Einflussfaktoren auf die Höhe des individuellen Rebounds. Die Haushalte wurden mit der Hilfe von öffentlichen Förderagenturen angeschrieben, die in den letzten Jahren Subventionen für die Anschaffung energieeffizienter Technologien vergeben haben. In den Förderanträgen musste eine Post- oder Email-Adresse angegeben werden; dadurch konnten diese Haushalte gezielt in postalischen und Online-Befragungen angesprochen werden. Die Befragungen wurden in Dezember 2016 bis April 2017 durchgeführt.

In Kooperation mit der Salzburger und der niederösterreichischen Landesregierung wurden 575 Besitzer von E-Autos befragt (Rücklaufquoten 54% und 74%). Über den Sanierungsscheck der KPC für Gebäudesanierung nahmen 1455 Haushalte an der Befragung teil (Rücklaufquote 11%). Zur Gewährleistung

der Reliabilität und Validität wurden psychologische Treiber auf Rebound als theoriebasierte latente Faktoren mittels Fragenbatterien erhoben. Ein Vergleich mit Indikatoren für Energieverbrauch und Haushaltsausstattung sowie mit objektiven Angaben in den Förderanträgen kontrollierte die externe Validität. Mittels Strukturgleichungsmodellen wurden die Einflussstärken dieser Faktoren auf direktes und indirektes Reboundverhalten berechnet. Die gewonnenen Regressionskoeffizienten wurden anschließend auf die standardisierte Effektstärken-Skala des Systemmodells transformiert. Für detaillierte Angaben zu Fragebogendesign und Stichprobenszusammensetzung siehe Seebauer (2017).

Integration mittels Systemmodell

Das Systemmodell (Walker & van Daalen 2013) integriert die drei komplementären Forschungsmethoden des *fuzzy cognitive mapping*, der Befragung von BesitzerInnen eines E-Autos und Personen die eine Gebäudesanierung durchgeführt haben, und der makroökonomischen allgemeinen Gleichgewichtsanalyse (siehe vorhergehende Methodenbeschreibung).

Die Entwicklung und Anwendung des Systemmodells erfolgt in fünf Schritten: Die (1) *Identifikation* bestimmt aus jedem der drei Methodenzugänge kritische Elemente, welche die Adoption und die Nutzung von Effizienztechnologien wesentlich beeinflussen. Kausale Beziehungen zwischen diesen Elementen werden von jedem Methodenzugang mit Einflussrichtung und Einflussstärke beschrieben.

Die (2) *Konsolidierung* führt die methodenspezifischen Elemente und deren Beziehungen in einen gemeinsamen Rahmen zusammen. Überlappende Elemente, die in mehreren Methodenzugängen eine kritische Rolle einnehmen, werden unter Klärung eines gemeinsamen Grundverständnisses zu einer Einheit verknüpft. Hier kommt die Stärke des Systemmodells zu tragen, dass nahezu alles als Systemelement beschrieben werden kann – Akteure ebenso wie Personenattribute, Merkmale des Marktgeschehens oder technische und infrastrukturelle Rahmenbedingungen. Die konsolidierten Elemente (siehe Tabelle 1) bilden die Basis des Systemmodells.

Tabelle 1: Liste der Elemente je Systemmodell

Elemente, die in den Systemmodellen beider Fallbeispiele vorkommen	
Element	Definition
<i>Kauf / Investition</i>	E-Auto: Anzahl an E-Auto Käufen; Anteil von E-Autos an Zulassungszahlen Sanierung: Anzahl an Sanierungen; Anzahl an Förderansuchen hinsichtlich teilweiser oder umfassender Sanierung
<i>Direkter Rebound</i>	Nach Adoption der energieeffizienten Technologie steigt die Nachfrage nach der jeweiligen Energiedienstleistung an

<i>Indirekter Rebound</i>	Aufgrund freigewordenen Einkommens oder <i>Moral Licensing</i> werden andere Energiedienstleistungen und Güter vermehrt nachgefragt
<i>Gesamtwirtschaftlicher Rebound</i>	Produktion und Nachfrage verlagern sich in energie- und CO ₂ -intensivere Sektoren
<i>Anschaffungskosten/ Ausgaben</i>	E-Auto: Anschaffungskosten Sanierung: Ausgaben je nach Intensität und Qualität der Sanierung
<i>BIP - Bruttoinlandsprodukt</i>	Summe der Bruttowertschöpfung aller Wirtschaftsbereiche zuzüglich des Saldos von Gütersteuern und Gütersubventionen
<i>Einsparung CO₂-Emissionen</i>	Einsparung an gesamten nationalen Treibhausgasemissionen über alle Wirtschaftssektoren
<i>Massenmedien</i>	Kommunizierte Produktinformationen über die Technologie, CO ₂ -Bilanz, Nachhaltigkeit, Vermittlung der Vorteile diverser Energieeffizienzmaßnahmen
<i>Soziale Norm</i>	Erwartungen des sozialen Netzwerks, ob man sich die energieeffiziente Technologie anschaffen soll
<i>Umweltwerte</i>	Persönliche Überzeugung, dass man einen Beitrag zum Umweltschutz leisten will
<i>Variable Kosten</i>	E-Auto: Kosten pro km, sowohl monetäre als auch Bequemlichkeits-/Zeitkosten Sanierung: Kosten pro behaglich beheizten m ² Wohnfläche nach der Sanierung
<i>Verfügbares Einkommen</i>	Zur Verfügung stehendes Haushaltsbudget; Konsummöglichkeiten werden bis zum Erreichen der persönlichen Sparquote ausgeschöpft
<i>Wissen über Produktmerkmale</i>	E-Auto: Wissen über Reichweite, Info aus Typenschein, CO ₂ Emissionen pro km, etc. Sanierung: Wissen über Sanierungsmöglichkeiten, Dämmmaterialien, Technologien, etc.
<i>Wohlfahrt</i>	Nutzen aller Individuen in der gesamten Wirtschaft (Wohlstandsmaß nach Hicks: Kompensierende Variation)
Zusätzliche Elemente im Systemmodell E-Auto	
Element	Definition
<i>Angebotsqualität: Alternativen zu MIV</i>	Linienetz und Fahrplandichte des öffentlichen Verkehrs, Radwegenetz
<i>AutohändlerInnen</i>	Kommunizieren Produktinformationen, Kosten, Verbrauch etc.; Durch Vertrauensverhältnis sind AutohändlerInnen eine glaubwürdige Informationsquelle

<i>Ladeinfrastruktur</i>	Angebot an öffentlich zugänglichen Ladestationen, der Möglichkeit das E-Auto zu Hause, am Arbeitsplatz oder während Freizeitaktivitäten zu laden, das Angebot an Schnellladestationen, etc.
<i>Produktpalette E-Auto</i>	Angebotsfülle an verschiedenen E-Auto Modellen / E-Auto Klassen
<i>Vorzeigeprojekte</i>	E-Mobilitäts-Modellregionen oder E-Car Sharing Modelle als Kommunikationskanal zur Verbreitung von Produktinformationen; als Plattformen zum Ausprobieren und Testen von E-Autos
Zusätzliche Elemente im Systemmodell Gebäudesanierung	
Element	Definition
<i>Einwandfreie technische Umsetzung</i>	Umsetzung ohne technische/bauliche Mängel, Integration und richtige Dimensionierung von Dämmelementen innerhalb des Gebäudes, Voreinstellungen von Heizsystemen, etc.
<i>Energiearmut</i>	Vor der Sanierung konnte man es sich nicht leisten die Wohnung angemessen warm zu halten
<i>Energieberatung</i>	Kommunikation von Produktinformationen über Gebäudedämmung, Dämmmaterialien und Technologien sowie technologiegerechte Nutzung
<i>Gelegenheitsfenster durch Lebensdauer von alten Technologien</i>	Zeitliche Nähe zum Ende der Lebensdauer sowie Dringlichkeit der Erneuerung von Gebäudeelementen wie z.B. Heizung, Fenster
<i>Gewohnheiten</i>	Automatisiertes Beibehalten von Alltagsroutinen
<i>Installateure & Bauunternehmen</i>	Verantwortlich für Planung, Umsetzung von Sanierungen; agieren über Baumessen, Ausstellungen, etc.; kommunizieren wichtige Produktinformationen (Kosten, Testberichte, etc.).
<i>Komplexität der Antragsstellung (Subventionen)</i>	notwendige Schritte um Subventionen zu erhalten, Anzahl an involvierten Stellen und Akteuren bis zur Förderzusage(z.B. Banken, Behörden auf Gemeinde-/Landes-/Bundesebene)
<i>Wissen über Verwendung der Technologie</i>	Wissen über richtiges Heizverhalten und Lüften

In der (3) *Skalierung* werden die je nach Disziplin unterschiedlichen quantitativen Effektgrößen aufeinander abgestimmt. Während sowohl die expertenbasierte Gewichtung des *fuzzy cognitive mapping* als auch die Regressionskoeffizienten der Befragungsstudie die größtmögliche Einflussstärke als perfekten linearen Zusammenhang verstehen, berücksichtigt die CGE-Analyse, dass zwischen zwei

Elementen auch ein nicht-linearer exponentieller Zusammenhang bestehen kann. Die unterschiedlichen Effektgrößen aus den einzelnen Methoden werden auf eine gemeinsame Skala transformiert, die ein Intervall zwischen 0 „kein Zusammenhang“ und 1 „nicht-linearer starker Zusammenhang“ umfasst (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Skala der Effektgrößen im Systemmodell

Effektgröße	Definition
0	Kein Zusammenhang, eine Änderung des einen Elements bewirkt keine Veränderung des anderen Elements
0.25	Mittlerer Zusammenhang, eine Änderung des einen Elements bewirkt eine mittelstarke Änderung des anderen Elements
0.5	Starker Zusammenhang, eine Änderung des einen Elements bewirkt eine starke Änderung des anderen Elements
0.75	Perfekter linearer Zusammenhang, eine Änderung des einen Elements bewirkt eine gleichwertige Änderung des anderen Elements
1	Nicht-linearer Zusammenhang, eine Änderung des einen Elements bewirkt eine vielfache Änderung des anderen Elements
positiver Koeffizient	positive kausale Richtung, eine Erhöhung des einen Elements führt zu einer Erhöhung des anderen Elements
negativer Koeffizient	negative kausale Richtung, eine Erhöhung des einen Elements führt zu einer Verringerung des anderen Elements

Die (4) *Integration* erstellt das eigentliche Systemmodell. Die Abfolge Adoption, Nutzung (betrachtet als direkter und indirekter Rebound-Effekt) und der aus der Nutzung resultierende kumulierte Effekt (gesamtwirtschaftlicher Rebound-Effekt) bildet das zentrale Analysegerüst. In dieses werden die Elemente hinsichtlich ihrer Wirkung eingereiht und mithilfe von gerichteten Pfeilen, die Stärke und Richtung angeben miteinander verbunden. Die Systemgrafik zeigt, welche Elemente wo und wie stark im Spannungsfeld zwischen Adoption und Nutzung agieren und so Rebound-Effekte auslösen oder vermeiden können. Die grafische Darstellung des Systemmodells veranschaulicht Wirkungspfade, die sich entweder gegenseitig verstärken und zu einem großen Effekt aufschaukeln oder sich gegenseitig aufheben und somit den Effekt neutralisieren können.

Die (5) *Politikanalyse* nützt das Systemmodell um Transformationshebel zur Reboundvermeidung ausfindig zu machen. Ausgewählte Politiken verändern die Ausprägung einzelner Systemelemente. Dieser Impuls pflanzt sich über die Wirkungsbeziehungen zwischen den Elementen, je nach Einflussrichtung und Einflussstärke, durch das System fort. Damit ermöglicht das Systemmodell eine übersichtliche Analyse, welche politischen Maßnahmen oder Maßnahmenbündel am besten geeignet sind, um Rebound-Effekten ganzheitlich entgegenzusteuern und das Spannungsfeld zwischen Adoption und Nutzung aufzulösen.

7 Arbeits- und Zeitplan

Das Projekt CATCH startete im Mai 2015 und endete mit August 2017 (Laufzeit 28 Monate). Vom Ablauf her gliedert es sich in 4 Arbeitspakete (WP) (siehe Abbildung 3), die miteinander verschränkt sind. Jedem WP unterliegen Tasks welche zentrale Arbeits- und Methodenschritte beschreiben.

Über die gesamte Projektlaufzeit regelt das Projektmanagement den administrativen Ablauf, die Koordination (intern wie extern), Kommunikation mit den Auftraggeber sowie Einhaltung von Fristen und Abgabe von Berichten. WP1 bis WP3 ist der methodische und analytische Kern des Projekts. Jedes WP steht für eine Forschungsdisziplin, die am Ende zu einem gemeinsamen Modellrahmen integriert werden. WP4 baut auf dieser Integration auf und liefert das gemeinsame Endprodukt des Projekts.

	2015												2016												2017							
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8				
WP 0: Projektmanagement																																
WP 1: Systemische Betrachtung von energieeffizienten Politikmaßnahmen																																
WP 2: Empirische Befragung von Haushalten																																
WP 3: Makroökonomische Wirkungsanalyse																																
WP 4: Roadmap von Politikmaßnahmen und Schlussfolgerungen																																

Abbildung 4: Übersicht Arbeits- und Zeitplan

8 Publikationen und Disseminierungsaktivitäten

Disseminierungsaktivität	Titel
Wissenschaftliche Publikationen / Veröffentlichungen	
Working Paper	Kulmer V, S. Seebauer, Fruhmann C., (2017). Wie können Widersprüche zwischen Marktdurchdringung und Rebound-Vermeidung gelöst werden? Working Paper, Verfügbar unter: https://catch.joanneum.at/publications/
FCN Working Paper Series	Kulmer V, Seebauer S. (2017). How Robust are Estimates of the Rebound Effect of Energy Efficiency Improvements? A Sensitivity Analysis of Consumer Heterogeneity and Elasticities, FCN Working Paper No. 16/2017, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University, November; http://www.fcn.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-FCN/Forschung/~emvl/Arbeitspapiere/
Critical Issues and Environmental Taxation Series, Buchkapitel	Fruhmann C. and A. Tuerk, V. Kulmer, S. Seebauer (2017). System Complexity as Key Determinant in achieving Efficacious Policy Transposition and Implementation. In: The Green Market Transition. Carbon Taxes, Energy Subsidies and Smart Instrument Mixes. Critical Issues and Environmental Taxation series, Weishaar S. et al. (Ed.). Edward Elgar Publishing. August 2017, 193-208.
FCN Working Paper Series	Seebauer S. (2017). Individual Drivers for Direct and Indirect Rebound Effects: A Survey Study of Electric Vehicles and Building Insulation in Austria, FCN Working Paper No. 17/2017, Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior, RWTH Aachen University, November; http://www.fcn.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-FCN/Forschung/~emvl/Arbeitspapiere/
AEA Review Paper	Athavale Shruti and Knaus Karina (2017). Energy Efficiency Policies and the Rebound Effect. Review of International Instruments and Recommendations for Austria. Published and produced by: Österreichische Energieagentur – Austrian Energy Agency. Verfügbar unter: https://catch.joanneum.at/
Factsheets	Ergebnisse der Haushaltsbefragung hinsichtlich der Nutzung von Elektroautos in Niederösterreich und Salzburg und hinsichtlich des Heizverhaltens nach Gebäudesanierung in Österreich wurden aufbereitet und in kurzen, übersichtlichen Factsheets veröffentlicht. Verfügbar unter: https://catch.joanneum.at/

Wissenschaftliche Konferenzen und Tagungen	
Konferenzbeitrag, Präsentation	4th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency, Coimbra, September 2016: Seebauer S., Kulmer V., Fruhmann C. (2016): <i>Drivers for direct and indirect rebound effects – the case of energy efficiency technologies for heating and mobility in Austria</i>
Konferenzbeiträge, Präsentationen	CATCH Session, Global Conference of Environmental Taxation 17, Gronningen, September 2016: <ul style="list-style-type: none"> o Fruhmann C., Türk A., Kulmer V., Seebauer S. (2016): <i>System complexity as key determinant in achieving efficacious policy transposition and implementation</i> o Kulmer V., Seebauer S., Köberl J. (2016): <i>Catching the Macroeconomic Rebound Effect of Energy Efficiency improvements in Austria: Sensitivities and Uncertainties</i>
Konferenzbeitrag, Präsentation	Klimatag 2016, Graz, April 2016: Projektpräsentation im Beisein des ACRP-Steering-Committees
Konferenzbeitrag, Präsentation (geplant)	Seebauer, S., Kulmer, V., Fruhmann, C.: Practical tools for identifying, evaluating and preventing rebound effects: Application to residential heating and mobility in Austria. Submitted for presentation at the International Energy Policy and Programme Evaluation Conference, 25.-27.06.2018, Vienna.
Konferenzbeitrag, Präsentation (geplant)	Seebauer S.: Individual drivers for direct and indirect rebound effects: An empirical study on electric vehicles and building insulation in Austria. Submitted for presentation at the International Association People-Environment Studies Conference, 08.-13.07.2017, Rome.
Workshops und weitere Disseminierungsaktivitäten	
Vortrag am NOEST Energy Lunch	NOEST steht für das Netzwerk Öko-Energie Steiermark und stellt eine Plattform und Drehscheibe für Öko-Energie-Innovationen in der Steiermark dar. Die Energy Lunch Veranstaltungsreihe dient zum Austausch der Erfahrungen und Innovationen unterschiedlicher Stakeholder. Kulmer V., Seebauer S., Fruhmann C., <i>Optionen zur Rebound-Prävention</i> , Oktober 2017
Workshop-Kooperation, Co-Organisation, Präsentationen	Workshop Co-Organisation und Kooperation mit dem FFG Projekt REBOUND, Mai 2017: Nationaler und internationaler Stakeholder- und Expertenworkshop zum Thema: "Rebound-Effekte bei Mobilitätsinnovationen: Risiken und Prävention", Präsentation und wissenschaftliche Diskussion von CATCH Zwischenergebnissen
Projekt Webseite	Eine eigens eingerichtete Projekt-Webseite liefert

	Informationen zum Projekt selbst, Informationen zu Forschungsaktivitäten, Ergebnissen sowie Disseminierungsaktivitäten: https://catch.joanneum.at
--	---

Diese Projektbeschreibung wurde von der Fördernehmerin/dem Fördernehmer erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte sowie die barrierefreie Gestaltung der Projektbeschreibung, übernimmt der Klima- und Energiefonds keine Haftung.

Die Fördernehmerin / der Fördernehmer erklärt mit Übermittlung der Projektbeschreibung ausdrücklich über die Rechte am bereitgestellten Bildmaterial frei zu verfügen und dem Klima- und Energiefonds das unentgeltliche, nicht exklusive, zeitlich und örtlich unbeschränkte sowie unwiderrufliche Recht einräumen zu können, das Bildmaterial auf jede bekannte und zukünftig bekanntwerdende Verwertungsart zu nutzen. Für den Fall einer Inanspruchnahme des Klima- und Energiefonds durch Dritte, die die Rechteinhaberschaft am Bildmaterial behaupten, verpflichtet sich die Fördernehmerin / der Fördernehmer den Klima- und Energiefonds vollumfänglich schad- und klaglos zu halten.

8 Literatur

- Allan, Grant and Nick Hanley, Peter McGregor, Kim Swales, Karen Turner (2007). The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: A computable general equilibrium analysis for the United Kingdom. *Modeling of Industrial Energy Consumption* 29, Nr. 4 (Juli 2007): 779–98. doi: 10.1016/j.eneco.2006.12.006.
- Axsen, J. and K.S. Kurani (2012). Interpersonal influence within car buyers' social networks. Applying five perspectives to plugin hybrid vehicle drivers. *Environment and Planning A*, 44(5), 1047-1065.
- Barker, Terry and Paul Ekins, Tim Foxon (2007). Macroeconomic effects of efficiency policies for energy-intensive industries: The case of the UK Climate Change Agreements, 2000-2010. *Energy Economics*, 29(4): 760-778.
- Font Vivanco, D. and R. Kemp., E. van der Voet (2016). How to deal with the rebound effect? A policy-oriented approach. *Energy Policy*, 94, 114-125. doi: 10.1016/j.enpol.2016.03.054.
- Fruhmann C. and A. Tuerk, V. Kulmer, S. (2017). System Complexity as Key Determinant in achieving Efficacious Policy Transposition and Implementation. In: *The Green Market Transition. Carbon Taxes, Energy Subsidies and Smart Instrument Mixes. Critical Issues and Environmental*

- Taxation series, Weishaar S. et al. (Ed.). Edward Elgar Publishing. August 2017, 193-208.
- Gillingham, K. and M. Kotchen, D. Rapson, G. Wagner (2013). The Rebound Effect is Over-played. *Nature*, 493, 475-476
- Graham-Rowe, E. and B. Gardner, C. Abraham, S. Skippon, H. Dittmar, R. Hutchins, J. Stannard (2012). Mainstream consumers driving plug-in battery-electric and plug-in hybrid electric cars: A qualitative analysis of responses and evaluations. *Transportation Research Part A*, 46, 140–153.
- IEA (2014). *Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency*, OECD/IEA, Paris.
- Isaac, Marney E. and Evans Dawoe, Krystyna Sieciechowic (2009). 'Assessing Local Knowledge Use in Agroforestry Management with Cognitive Maps'. *Environmental Management* 43:1321-1329.
- Kafetzis, Alkis and Neil McRoberts, Ioanna Mourantiadou (2010). 'Using fuzzy cognitive maps to support the analysis of stakeholders' views of water resource use and water quality policy'. *Studies in Fuzziness and Soft Computing* 247, pp. 383-402.
- Kulmer Veronika, Promoting alternative, environmentally friendly passenger transport technologies: Directed technological change in a bottom-up/top-down CGE model, *Graz Economic Papers*, 2013-02
- Kletzan-Salmanig, D. and A. Köppl, M. Würger (2009). The impact of lifestyles on private households' energy demand for housing and transport in Austria, *WIFO Working Paper*, 2009.
- Madlener, R. and Alcott, B. (2011). Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch Problemverschiebungen. Bericht für die Enquete-Kommission „Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität“ des Deutschen Bundestages. Verfügbar unter: <http://webarchiv.bundestag.de/archive/2013/1212/bundestag/gremien/enquete/wachstum/gutachten/m17-26-13.pdf>
- Oezesmi, Uygur and Stacy L. Oezesmi (2004). 'Ecological models based on people's knowledge: a mutli-step fuzzy cognitive mapping approach'. *Ecological Modelling* 176, pp. 43-64.
- Oikonomou, Vlasis and Wytze Van der Gaast, Andreas Türk, Claudia Fruhmann, Christian Sartorius, Jenny Lieu, Markku Lehtonen, Alexandros Flamos, Sotiris Papadelis, Arno Behrens, Janne Niemi, Andrej Gubina, Kaja Peterson, Niki-Artemis Spyridaki, Anastasia Ioannou (2014). 'Understanding Policy Contexts and Stakeholder Behaviour for Consistent and Coherent Environmental Policies. A synthesis of results from the APRAISE project'. Project funded under the European Union's Seventh Framework Programme under grant agreement no 283121. <http://apraise.org>

- Papageorgiou, Elpiniki I. and Athanasios Markinos, Theofanis Gemptos (2009). 'Application of fuzzy cognitive maps for cotton yield management in precision farming'. *Expert Systems with Applications* 36, pp. 12399-12413.
- Papageorgiou, Elpiniki and Areti Kontogianni (2012). 'Using Fuzzy Cognitive Mapping in Environmental Decision Making and Management: A Methodological Primer and an Application'. *International Perspectives on Global Environmental Change*. Dr. Stephen Young (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/29375. Available from: <http://www.intechopen.com/books/international-perspectives-on-global-environmental-change/using-fuzzy-cognitive-mapping-in-environmental-decision-making-and-management-a-methodological-prime>
- Rajaram, T. and Ashutosh Das (2010). 'Modeling of interactions among sustainability components of an agro-ecosystem using local knowledge through cognitive mapping and fuzzy inference system'. *Expert Systems with Applications* 37, pp. 1734-1744.
- Santarius, T. (2014). Der Rebound-Effekt: ein blinder Fleck der sozial-ökologischen Gesellschaftstransformation. *GAIA*, 23/2, 109-117.
- Seebauer, S. (2017). Individual drivers for direct and indirect rebound effects: An empirical study on electric vehicles and building insulation in Austria. CATCH Working Paper. Available at: catch.joanneum.at.
- Sorrell, S. (2007). The rebound effect: an assessment of the evidence for economy-wide energy savings from improved energy efficiency. U.K. Energy Research Center Report.
- Statistik Austria (2013). Kfz-Bestand 1985-2013.
- Turner, K. (2013). Rebound effects from increased energy efficiency: A time to pause and react. *The Energy Journal* 34 (4), 25-42.
- Turner, Karen. „Negative rebound and disinvestment effects in response to an improvement in energy efficiency in the UK economy“. *Energy Economics* 31, Nr. 5 (September 2009): 648–66. doi:10.1016/j.eneco.2009.01.008.
- Yu, Biying, Junyi Zhang, und Akimasa Fujiwara. „Evaluating the direct and indirect rebound effects in household energy consumption behavior: A case study of Beijing“. *Energy Policy* 57, Nr. 0 (Juni 2013): 441–53. doi:10.1016/j.enpol.2013.02.024
- Van den Bergh, J. (2011). Energy conservation more effective with rebound policy. *Environmental and Resource Economics* 48 (1), 43-58.
- Venkatesh, V. and M. Morris, G. Davis, F. Davis (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a unified View. *MIS Quarterly* 27 (3), 425-478.

Walker W.E. and C.E. van Daalen (2013). System Models for Policy Analysis. In: Thissen W., Walker W. (eds) Public Policy Analysis. International Series in Operations Research & Management Science, vol 179. Springer, Boston, MA.