

BERICHTE ZUR  
KLIMAFOLGENFORSCHUNG

2016



# ENERGIE

- 05** RE-ADJUST  
Zur Erreichung der Energie- und Klimaziele werden Szenarien für den Import, beziehungsweise für den globalen Austausch von Solarstrom aus Photovoltaik erstellt und aus technologischer, volkswirtschaftlicher sowie ethischer Sicht beleuchtet.
- 11** SWITCH OFF  
Durch die Ermittlung von zukünftigen Hotspots wirtschaftlich besonders schadensträchtiger Netzbereiche sowie meteorologischer Problemzonen sollen Blackouts und resultierende indirekte wirtschaftliche Schäden verhindert werden. Netzbetreibern wird eine Planungsgrundlage für die Aufrechterhaltung einer verlässlichen Stromversorgung an die Hand gegeben.
- 19** PRESENCE  
Im Projekt PRESENCE werden mögliche Maßnahmen für Österreich aufgezeigt, die die Resilienz des Energiesystems gegenüber dem Klimawandel, möglichen Energiekrisen sowie der Transformation des Energiesystems stärken.
- 27** RESHAPE  
Durch den empirischen Ansatz Bottom-Up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik zu untersuchen, beschäftigt man sich mit der Energiewende vom Bürger ausgehend. Dadurch soll das Verständnis, wie Institutionen und Prozesse angepasst werden können, um das Potenzial der Umsetzung optimal ausschöpfen zu können, gestärkt werden.
- 32** Alle geförderten Projekte im Überblick
- 34** Bisherige Ausgaben von „ACRP in essence“

” Der stetig steigende Energiebedarf birgt viele Herausforderungen. Es gilt Lösungen aufzuzeigen, die die Energiewende ermöglichen sowie die Stabilität des Energiesektors gewährleisten.

Die Erneuerbaren sind weltweit auf dem Vormarsch, umso mehr gilt es für Österreich sich stark zu positionieren. Im Bereich der Anpassung liefert das *Austrian Climate Research Programme* die geeignete Wissensbasis als Entscheidungsgrundlage.“

---

Ingmar Höbarth  
Geschäftsführer

## Vorwort

**Der Alpenraum reagiert besonders sensibel auf Klimaveränderungen. Daher ist Österreich – verglichen mit dem Rest Europas– mit einem überdurchschnittlich hohen Temperaturanstieg als Folge des Klimawandels konfrontiert. Die Auswirkungen des Klimawandels sind in vielen Bereichen bereits heute spürbar.**

Der Energiesektor ist hier keine Ausnahme sondern spielt im Zusammenhang mit dem Klimawandel sogar eine bivalente Rolle. Einerseits wird er als Mitverursacher der hohen Treibhausgasemissionen angesehen, andererseits gibt es negative Rückkopplungen durch die Klimawandelauswirkungen. Deshalb steht die Energiewirtschaft vor der Herausforderung, dass sie zukünftig die Treibhausgasemissionen reduzieren muss und sich gleichzeitig an bevorstehende und bereits eintretende Klimaänderungen anpassen muss. Die bisherigen Maßnahmen in Richtung Dekarbonisierung des Energiesektors reichen noch nicht aus, um das Klimaschutzziel, die globale Erderwärmung auf 1,5-2°C zu beschränken, zu erfüllen. Neben den Bemühungen zum Klimaschutz darf aber auch die Klimawandelanpassung nicht zu kurz kommen.

Dabei sollte man sich vor allem auf Maßnahmen konzentrieren, die Synergien zwischen Klimaschutz und Anpassung bieten und somit eine größere Wirkung erzielen.

Die Grundlagen für die notwendigen Maßnahmen werden durch das Förderprogramm *Austrian Climate Research Programme (ACRP)* des Klima- und Energiefonds geschaffen. Seit 2007 wurden 168 Projekte gefördert, die die wissenschaftliche Basis für die nationalen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel liefern. Die Auswirkungen des Klimawandels auf den Energiesektor stellen ein wichtiges Themenfeld im *Austrian Climate Research Programme* dar.

Exemplarisch präsentieren wir Ihnen vier Projekte zum Themenschwerpunkt Energie, die eine wichtige Grundlage für die notwendigen Schritte zur Klimawandelanpassung bilden.

---

Eine anregende Lektüre wünscht Ihnen  
*Ihr Klima- und Energiefonds Team*



## Projektleitung

Assoz. Prof. Dr. **Birgit Bednar-Friedl**

Universität Graz, Wegener Center für Klima und Globalen Wandel



## Beteiligte Institutionen

- Carnegie-Mellon University, Center for Climate and Energy Decision Making, Pittsburgh, USA
- International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg
- Universität Graz, Institut für Philosophie, Fachbereich Praktische Philosophie



## Gute Gründe für das Projekt

- Solarstromimporte aus dem Mittleren Osten und Nordafrika können die Erreichung der europäischen Ziele deutlich verbilligen und haben positive wirtschaftliche Effekte für die Erzeugerländer. Politische Unsicherheiten erhöhen jedoch die tatsächlichen Investitionskosten für Photovoltaikprojekte in dieser Region.
- Aus ethischer Sicht spielen neben ökonomischen Effekten und der Erreichbarkeit des 2°C-Ziels auch die politischen Systeme eine wichtige Rolle – Gelder sollten nicht in Länder mit diktatorischen Regimes fließen.
- Bis 2020 und insbesondere bis 2030 gibt es erhebliche Treibhausgas-Minderungspotenziale in allen energieintensiven Sektoren in Europa, sowie deutlich größere in China und Indien. Internationale Kooperation ist daher auch in Zukunft wichtig für eine kosteneffiziente Dekarbonisierung.

## RE-ADJUST

Technologische, volkswirtschaftliche und ethische Herausforderungen für die europäische Energie- und Klimapolitik durch neue Technologien und internationalen Handel

*Adjusting efforts in the global greenhouse: Responding to trade, technology and responsibility challenges of european energy and climate policies*

**Die EU2050-Roadmap sieht eine vollständige Dekarbonisierung des Energiesektors bis 2050 vor. Es sind im Wesentlichen zwei Entwicklungen, die die Erreichbarkeit dieser Ziele unterstützen: ein großskaliger Ausbau von Strom aus erneuerbaren Energieträgern sowie die Transformation der energieintensiven Industrie in Richtung Low-Carbon-Technologien.**

Gleichzeitig erlaubt die *Erneuerbare-Energie-Direktive* der EU, dass Strom aus Erneuerbarem aus Drittstaaten importiert werden darf und für die 2020-Ziele angerechnet wird. Der Außenhandel birgt somit nicht nur Kosten im Falle eines europäischen Alleingangs in der Klima- und Energiepolitik, sondern auch Chancen, um die europäischen Ziele kosteneffizienter zu erreichen. Das Projekt RE-ADJUST untersuchte, welche technologischen, ökonomischen, ethischen und politischen Herausforderungen durch diese Entwicklungen bis 2020 bzw. 2030 entstehen können.

Kosten und Potenziale eines Ausbaus von Solarstrom aus Photovoltaik

Der Import von erneuerbarem Strom in die EU, beispielsweise aus Nordafrika im Rahmen des *Desertec-Konzepts*, wird seit mehreren Jahren diskutiert, bis dato wurde jedoch kein Projekt verwirklicht. Wie schon im Rahmen der flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls vorgesehen, können Handelsmechanismen zu geringeren Vermeidungskosten führen. Die sogenannten Kooperationsmechanismen der *Erneuerbaren-Energie-Direktive*, die dies ermöglichen sollten, wurden bislang außerhalb der EU jedoch nicht genutzt. Vor diesem Hintergrund untersuchte RE-ADJUST die Möglichkeiten und Herausforderungen von Solarstromimporten in die EU und betrachtete diese aus technischer, ökonomischer und ethischer Sicht sowie aus Sicht einer internationalen Lastenverteilung.

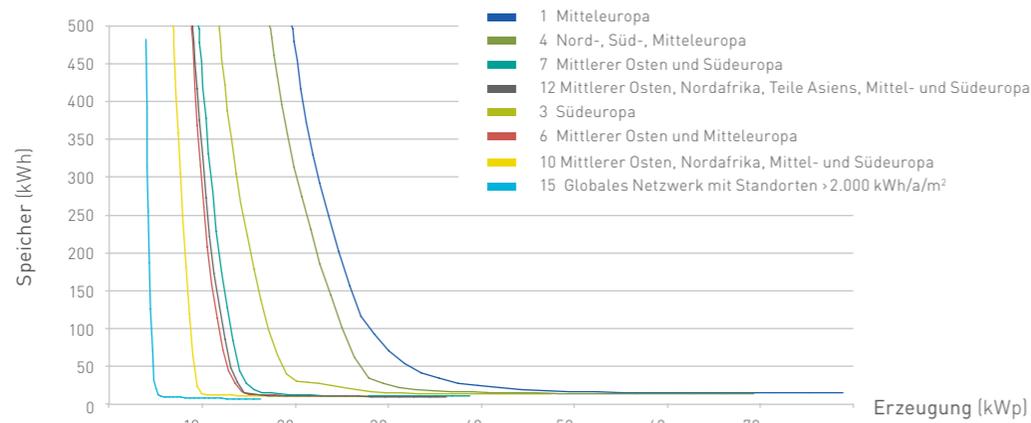


Abb. 1

Minimale Kombination von Stromerzeugung und -speicher bei Vernetzung verschiedener Standorte (zur Bereitstellung von einer gegebenen Stromlast).

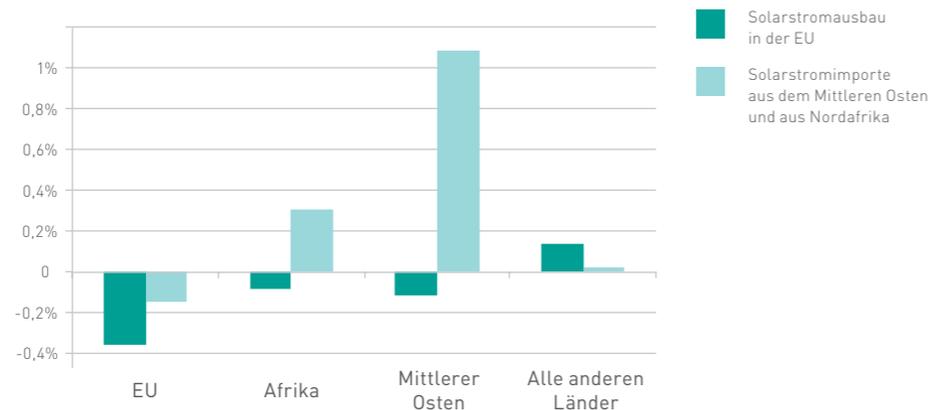


Abb. 2

Wohlfahrtseffekte für das Szenario „Solarstromproduktion in der EU“ und das Szenario „Solarstromimporte aus Nordafrika und Mittlerem Osten“ zur Deckung von 20% des Strombedarfs in Europa (Jahr 2020).

Alle Änderungen sind ausgedrückt relativ zu einem Basis-Szenario ohne weiteren Solarstromausbau.

Für den Import bzw. globalen Austausch von Solarstrom aus Photovoltaik wurden verschiedene Szenarien erstellt, die Stromerzeugung an verschiedenen Standorten mit Stromspeicherung mittels Lithium-Ionen-Batterien kombinieren. Der Schwerpunkt lag auf Szenarien, die die EU, den Mittleren Osten und Nordafrika inkludierten. Durch die Möglichkeit der Speicherung von erneuerbarem Strom kann Strom bedarfsgerecht bereitgestellt werden und die immer größeren Fluktuationen denen europäische Stromnetze durch erneuerbare Energieträger in der EU ausgesetzt sind, kompensieren. Die untersuchten Szenarien verdeutlichen, dass eine Kombination von Erzeugung in Europa, dem Mittlerem Osten und Afrika zu deutlich geringeren Kosten führt als eine Produktion nur in Europa.

Ohne Berücksichtigung von länderspezifischen Risiken in der Berechnung der Stromgestehungskosten kann Strom für die EU bereits in der Größenordnung von nur 9 Cent/kWh bereitgestellt werden – was weit unter den Stromgestehungskosten in der EU bzw. von anderen Konzepten zum Solarstromimport in die EU liegt. Das erarbeitete Konzept ist jedoch noch weniger umsetzungsnahe als vergleichbare Konzepte, wie der Export von in CSP (Concentrated Solar Power)-Anlagen erzeugtem Strom in die EU.

#### Volkswirtschaftliche und ethische Betrachtung von Solarstromimporten

Im Sinne einer umfassenden Bewertung von Solarstromimporten wurden in RE-ADJUST neben technischen Konzepten auch volkswirtschaftliche Effekte sowie ethische Aspekte betrachtet. Hier wurden zwei

Szenarien genauer untersucht: ein Szenario, in dem Solarstrom in der EU erzeugt wird und 20% des Jahresstrombedarfs decken sollte und ein Importszenario, in dem die gleiche Menge Solarstrom aus dem Mittleren Osten und Afrika importiert wird. Auf Grund der niedrigeren Sonneneinstrahlung und der somit höheren Kosten innerhalb der EU führt das Szenario mit heimischer Produktion zu leichten Wohlfahrtsverlusten gegenüber einem Szenario ohne diesen Ausbau (beides für das Jahr 2020). Der Grund für diesen Wohlfahrtsverlust liegt in der erforderlichen Unterstützung der Stromerzeugung beispielsweise durch Einspeisetarife. Im Vergleich dazu führt ein Import von Solarstrom zu einem deutlich geringeren Verlust für die EU und zu starken Wohlfahrtsgewinnen für die Solarstrom-exportierenden Länder.

Wie groß der Gewinn für diese Länder ausfällt, ist einerseits abhängig von der regionalen Verteilung der Erzeugung und andererseits von der Finanzierung des Solarstromausbaus in dieser Region (Investitionskosten).

Ein weiteres ökonomisches Ergebnis aus dem Projekt ist, dass das Risiko für Investitionen aus Investorensicht hoch ist – was die Finanzierung und Kosten der geplanten Projekte beeinflusst. Exporte in die EU könnten hier risikomindernd wirken.

Die ethische Bewertung der Solarstromszenarien baute auf zwei wesentlichen Kriterien auf: einerseits wurden Wohlfahrtsgewinne für alle Parteien als positiv bewertet, andererseits wurde die intergenerationelle Fairness als erfüllt angesehen, wenn das Szenario geeignet ist, das 2°C-Ziel zu erreichen. Sowohl Solarstromimporte als auch heimischer Ausbau erfüllen diese beiden Ziele. Als weiteres Kriterium wurde formuliert, dass

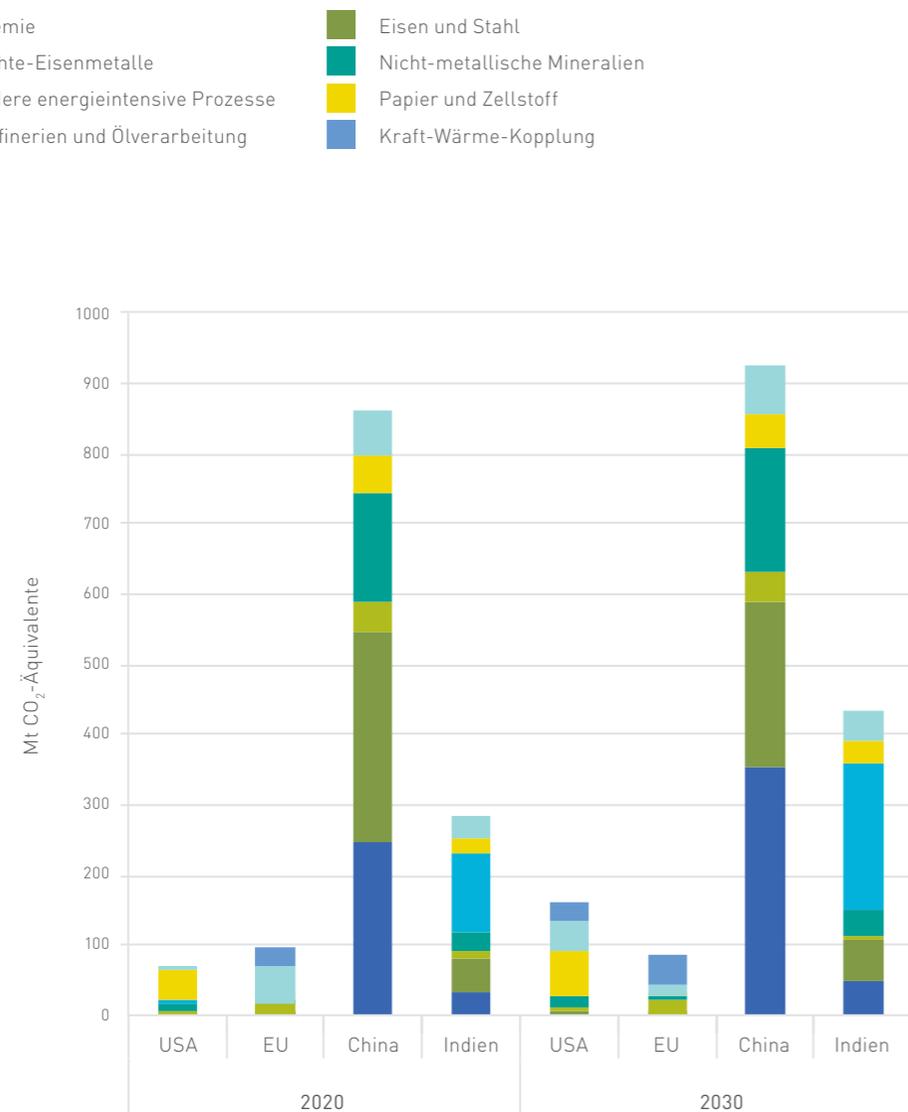


Abb. 3

Treibhausgasreduzierungsansätze in energieintensiven Sektoren in der EU, USA, China und Indien bei einem CO<sub>2</sub>-Preis von 60 € pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent

Wohlfahrtsgewinne nicht durch Kooperation mit Ländern erzielt werden sollten, in denen Diktaturen an der Macht sind. Auch wenn in Nordafrika noch keine wirklich demokratischen Systeme etabliert sind, kommt es zu einer Gesamtverbesserung gegenüber einer rein europäischen Variante, weshalb auch dieses Kriterium als erfüllt gilt.

#### Implementierung von Low-Carbon-Technologien in energieintensiven Sektoren

Den zweiten inhaltlichen Schwerpunkt des Projekts bildeten Low-Carbon-Technologien in energieintensiven Sektoren in der EU, China und Indien. Es wurde hier das Minderungspotenzial von hunderten Minderungsoptionen in den Sektoren Zement, Eisen und Stahl, Energieerzeugung, Chemie, sowie Papier und Zellstoff für den Zeitraum 2020 und 2030 unter Zugrundelegung unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Preise untersucht. Diese Ergebnisse wurden in den *GAINS Mitigation Effort calculator* integriert und aus volkswirtschaftlicher Sicht mit Hilfe eines *Computable General Equilibrium Modells* auf ihre makroökonomischen Wirkungen analysiert.

Ein Hauptergebnis dieser Analyse ist, dass Low-Carbon-Technologien in allen untersuchten Industriesektoren und Regionen bereits bei CO<sub>2</sub>-Preisen unter 90 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub>-Äquivalent kosteneffizient implementiert werden können. Das Einsparungspotenzial ist jedoch in China und Indien deutlich größer als in der EU, da Einsparungen bei fossilen Energieträgern mit geringeren Investitionskosten erzielbar sind.

Abb. 3

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht verursacht eine Low-Carbon-Strategie im europäischen Alleingang höhere Kosten, wenn diese nicht mit einer Dekarbonisierung beispielsweise in den Schwellenländern China und Indien einhergeht. Weiters zeigt die volkswirtschaftliche Modellanalyse, dass der Außenhandel diesen Effekt im Fall eines europäischen Alleingangs verstärkt.

#### Schlussfolgerungen

Aufbauend auf den qualitativen und quantitativen Ergebnissen wurden in der Politiksynthese die Ansätze des RE-ADJUST-Projekts mit bestehenden Konzepten für Solarstromimporte verglichen und Politikoptionen diskutiert. Das Projekt zeigte, dass jeder Ansatz für Solarstromimporte, der Speicher beinhaltet, zu Kosteneinsparungen für die EU führen kann, da die EU weniger fossilen Strom als Ausgleichsenergie braucht, ihre Treibhausgasziele leichter erreichen kann und von positiven ökonomischen und ökologischen Externalitäten profitiert.

Die Kooperationsmechanismen, die auf kurzfristige kosteneffiziente Erreichung des erneuerbaren Energieziels bis 2020 ausgerichtet waren, müssten jedoch durch neue Politikinstrumente ersetzt werden, die primär die aus Solarstromimporten resultierenden Treibhausgasreduzierungen berücksichtigen. Insgesamt könnte die EU durch Solarstromimporte frühzeitig bereits stärkere Treibhausgasreduzierungen erzielen als für 2030 geplant, könnte einen Lock-in fossiler Energieträger vermindern und würde ihre langfristigen Vermeidungsziele leichter erreichen.

Birgit Bednar-Friedl

## Projektleitung



Ass. Prof. Mag. Dr. **Herbert Formayer**

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie

Weitere Autoren: Martin König, Imran Nadeem, Ivo Offenthaler, Johannes Reichl, Michael Schmidthaler

## Beteiligte Institutionen



- Johannes Kepler Universität Linz, Energieinstitut
- Umweltbundesamt GmbH, Wien

## Gute Gründe für das Projekt



- Elektrizität ist ein wesentlicher Energieträger, und ihre Bedeutung wird in Zukunft noch weiter zunehmen (Stichwort kohlenstofffreie Gesellschaft). Daher wird auch die Abhängigkeit der Gesellschaft von der Stromversorgung steigen.
- Der Klimawandel wird zu Veränderungen bei den meteorologischen Extremereignissen und damit auch der Verwundbarkeit des österreichischen Stromnetzes gegenüber witterungsbedingten Ausfällen führen.
- Anpassungsmaßnahmen bei der Netzbetriebung sind daher unumgänglich und können am einfachsten und billigsten implementiert werden, wenn sie bereits bei der Planung von neuen Leitungsabschnitten und der Sanierung bestehender Netze berücksichtigt werden.

## SWITCH-OFF

Ein Schlechtwetterprogramm für die Elektrizitätsversorgung

*Shifts in Weather Incidents Threatening reliability of the electricity distribution and transmission / economic performance due to climate Change & Opportunities For Foresight planning*

## Hintergrund und Motivation

**Die Witterungsanomalien der letzten Jahre haben uns lebhaft vor Augen geführt, wie verwundbar die Stromleitungsinfrastruktur gegenüber meteorologischen Extremereignissen ist. Mehr als 40 Prozent der ungeplanten Unterbrechungen der Stromversorgung in Österreich werden durch Wetterereignisse verursacht.**

Generell muss man davon ausgehen, dass der Stromverbrauch in Zukunft ansteigen wird – nicht nur aufgrund der Zunahme der Elektrogeräte und steigender Komfortansprüche, sondern auch durch die Verbreitung elektrischer Fahrzeuge. Die steigenden Sommertemperaturen heben den Spitzenstrombedarf durch Klimaanlage, welche in Zukunft immer häufiger auch in privaten Wohnungen und Häusern installiert sein werden.

Österreich ist weiters ein wichtiges Stromtransitland für den Stromaustausch zwischen Nord-, Mittel- und

Südeuropa. Die Pumpwasserkraftwerke der österreichischen Alpen werden zudem als Speichermedium für den europäischen Strommarkt verwendet. **Die Entwicklung zu dezentralisierter Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen wird die Netze zusätzlich belasten.** Die komplexe Stromverteilung zwischen Bedarf und Produktion macht das elektrische Versorgungssystem in Österreich empfindlich gegenüber meteorologischen Ereignissen.

Die internationale Politik, die bisher beim Energiesektor überwiegend nur Klimaschutzmaßnahmen angesprochen hat, ist sich nun dieser Problematik bewusst geworden. **Das US-Energieministerium, die Europäische Kommission und die OSZE beauftragen einschlägige Studien und geben Erklärungen zur Stromversorgungssicherheit ab. Sie kommen einhellig zum Schluss, dass der verwundbarste Teil des Stromsystems das Leitungsnetz ist.**

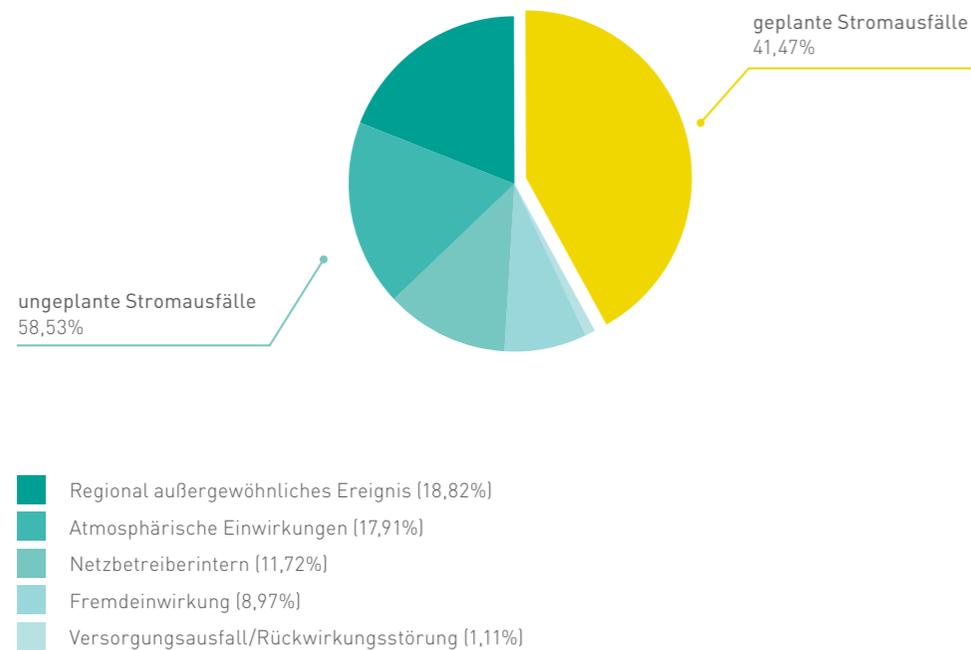


Abb. 1

Verhältnis von geplanten und ungeplanten Stromausfällen sowie die Ursachen für die ungeplanten Ausfälle in Österreich im Jahr 2014.

Quelle: E-Control, Ausfall- und Störungsstatistik für Österreich – Ergebnisse 2015

### Die Verlässlichkeit des Stromnetzes – ein Erfolg von Erfahrung und Planung

Die österreichischen Netzbetreiber garantieren nach europäischen wie auch globalen Standards eine hohe Versorgungssicherheit. Dies verdanken wir (I) historischen Errungenschaften bei der Errichtung von Netzen wie dem 380 kV-Ring, welcher nach Fertigstellung eine redundante Versorgung garantiert, (II) günstiger erneuerbarer Energie, in erster Linie Wasserkraft, welche rund 60 bis 70 Prozent des österreichischen Durchschnittsverbrauchs abdeckt, (III) hohen Investitionen in die Infrastruktur, um den hohen Anforderungen der österreichischen Gebirgslandschaft gerecht zu werden sowie (IV) der Erfahrung und dem Einfallreichtum des zuständigen Personals. In den letzten Jahren wurde speziell auf die Erweiterung der Transit- und Verteilungsnetze geachtet, damit die redundante Versorgung auf Hochspannungsniveau großflächig sichergestellt werden kann.

Der Großteil des österreichischen Stromnetzes besteht aus Nieder- und Mittelspannungsleitungen. Diese sind wesentlich anfälliger als Hochspannungsleitungen: in Europa geht nur etwa ein Zehntel der Stromausfälle auf das Hochspannungsnetz zurück.

(Council of European Energy Regulators 2012)

Forschung und Praxis gemeinsam für eine robuste Elektrizitäts-Infrastruktur in einem sich wandelnden Klima

SWITCH-OFF vereint als erstes Forschungsprojekt in Österreich Experten aus Meteorologie, Klimawandelforschung, Anpassungsforschung, und Energiewirtschaft mit Betreibern von Stromtransport- und Strom-

verteilungsnetzen. Letztere tragen mit Störungsdaten und Expertise bei und sind gleichzeitig die wesentlichen Nutzer der Ergebnisse.

Das Ziel von SWITCH-OFF ist, den Netzbetreibern Planungsgrundlagen für die Aufrechterhaltung einer hochverlässlichen Stromversorgung zu geben – auch bei einer Häufung von Wetterextremen durch den Klimawandel. Dadurch soll das Anwachsen indirekter wirtschaftlicher Schäden durch Stromunterbrechungen und Blackouts verhindert werden. Zukünftige Hotspots werden durch die Überlagerung wirtschaftlich besonders schadensträchtiger Netzbereiche mit erwarteten meteorologischen ‚Problemzonen‘ identifiziert.

(Kein) Schnee von gestern: ein Fallbeispiel

Die wissenschaftliche Herangehensweise sei an einem Fallbeispiel dargestellt, nämlich den Nassschneereignissen im Februar 2014. Diese führten im Süden Österreichs, vor allem im Grenzgebiet zu Slowenien kurzfristig zu beträchtlichen Einschränkungen der Stromversorgung. 2014 war in Bezug auf Stromausfälle in Österreich ein ungewöhnliches Jahr. Im Jahresverlauf kam es in ganz Österreich zu 18.248 Stromunterbrechungen, davon 10.680 ungeplant. Damit waren in diesem Jahr mehr als 58% – anstatt der üblichen rund 40% – der Ausfälle nicht vorhergesehen.

Abb. 1

Ursache für die vielen ungeplanten Ausfälle waren zwei Nassschneefälle. Nasser Schnee ist deshalb so problematisch für die Stromnetze, weil er gut haftet. Dadurch kann er sich einerseits direkt auf den Leitungen ansammeln und diese zum Reißen bringen, noch

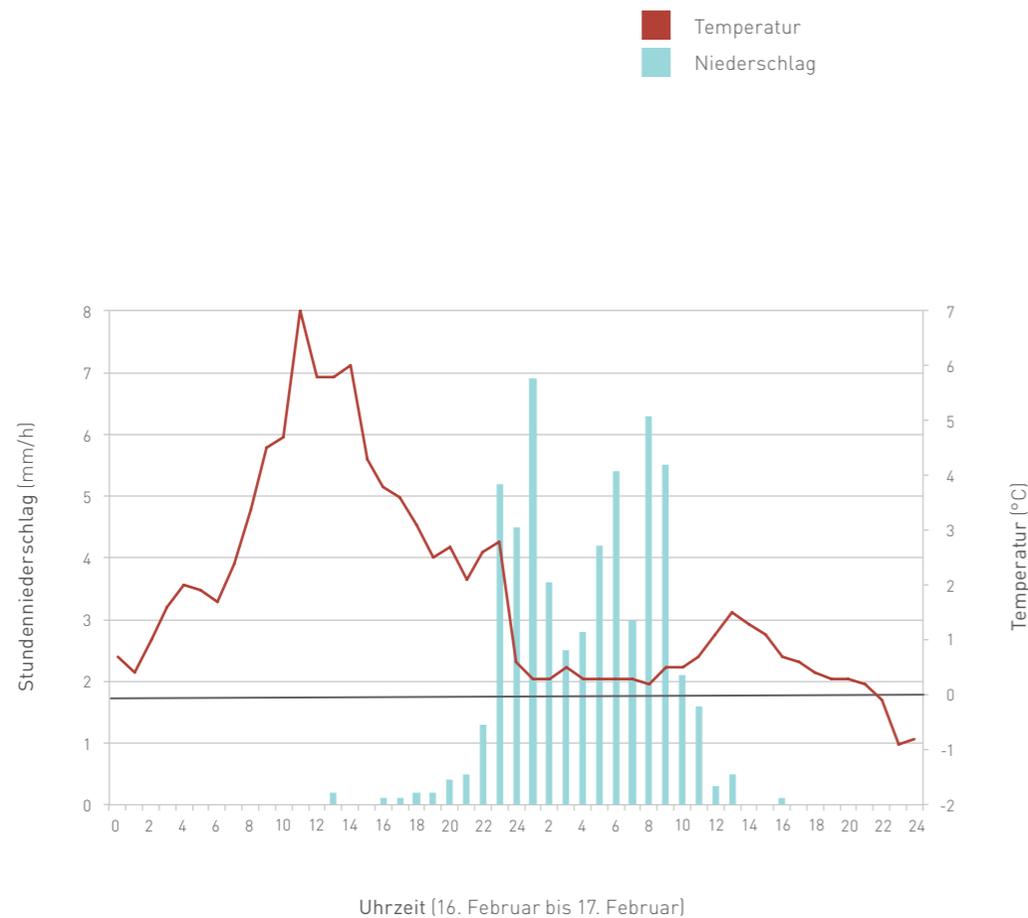


Abb.2

Verlauf des Niederschlags und der Temperatur in Kötschach-Mauthen am 16. und 17. Februar 2014. Die Kühlung der Talatmosphäre durch das Schmelzen der Schneeflocken bei großer Niederschlagsintensität von 2 bis 7 mm/h senkte die Schneefallgrenze bis in die Tallagen ab.

häufiger aber lässt er Bäume umstürzen, die im Fallen die Leitungen beschädigen.

### Meteorologische Analyse

Ausgelöst wurden die extremen Nassschneefälle durch eine Abfolge mehrerer Italtiefs, die warmfeuchte Mittelmeerluft direkt an die Alpen führten und in den Stauregionen im Grenzgebiet zwischen Österreich und Slowenien große Niederschlagsmengen verursachten. An der Station Loibl wurden etwa vom 30. Jänner bis 5. Februar rund 230 mm und vom 15. bis 17. Februar nochmals 170 mm Niederschlag verzeichnet. Die niederschlagsbringenden Luftmassen waren dabei so warm, dass die Nullgradgrenze zwischendurch bis auf 2000 m anstieg. Die Kühlung der Talatmosphäre durch das Schmelzen des starken Schneefalls von rund 4 mm/h senkte die Schneefallgrenze jedoch wieder bis in die Tallagen ab, wo großflächig hohe Schneemengen akkumulierten und Stromleitungen beschädigten.

Abb.2

Ausschlaggebend für das Schadenspotenzial eines ein- bis mehrtägigen Nassschnee-Ereignisses sind:

- Gesamtniederschlagsmenge
- Niederschlagsintensität (mm/h) im Hauptniederschlagszeitraum
- Temperatur der niederschlagsbringenden Luftmasse

Neben diesen rein meteorologischen Faktoren spielt auch noch die räumliche Lage eine Rolle. Der Kühleffekt der schmelzenden Schneeflocken ist in engen Alpentälern aufgrund des reduzierten Talvolumens deutlich stärker als im Flachland oder in großen alpinen Becken.

Anhand der historischen Schadensereignisse können nun für die drei meteorologischen Variablen Schwellenwerte abgeleitet werden, ab denen man verstärkt mit Nassschneeproblemen rechnen muss. Die zukünftige Häufigkeit des gemeinsamen Überschreitens dieser Grenzwerte kann anhand von Klimaszenarien untersucht werden.

### Sozioökonomische Analyse

Allein die Ausfälle der Stromversorgung am 17. Februar 2014 betrafen 15.000 Haushalte in den Gebieten Spital, Feldkirchen, Jaun- und Lavanttal und dauerten zwischen 6 und 18 Stunden. Insgesamt waren in Kärnten rund 6% aller Haushalte von Stromausfällen durch das Nassschneeereignis betroffen.

Die sozioökonomischen Auswirkungen können mit einem kürzlich publizierten Bewertungsansatz unter Berücksichtigung der meteorologischen Daten und der Ausfallstatistik berechnet werden. Diese Nutzung zusätzlicher Information für die Bewertung von Stromausfällen stellt sicher, dass alle Schadenskosten aller Wirtschaftssektoren (von der Landwirtschaft bis zur Industrie) sowie der Haushalte effizient berechnet werden.

In einem ersten Schritt wurde eine Gleichverteilung der wirtschaftlichen Aktivität in Kärnten unterstellt. Dies erlaubt die Einbindung von Nichthaushalten in die Schätzung des wirtschaftlichen Verlustes. Diese Schätzung beinhaltet die ausgefallene Energielieferung und den Gesamtverlust (in Euro) welcher direkt dem Stromausfall zugeordnet werden kann. In unserem Fallbeispiel wurden am 17. Februar 2014 in Kärnten 300 MWh nicht geliefert, was einen wirtschaftlichen Schaden von 1,79 Millionen Euro verursachte. Das

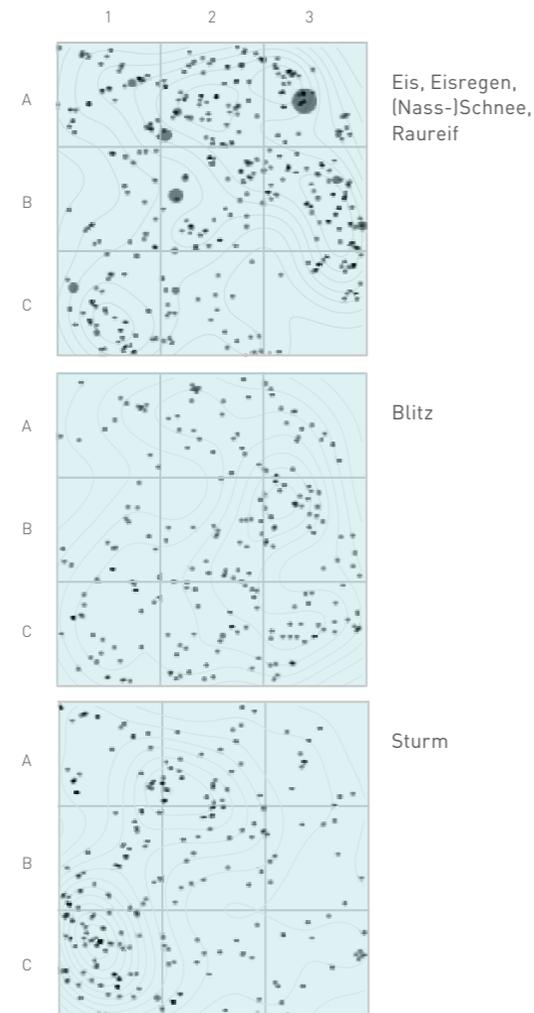


Abb. 3

Kartierung witterungsbedingter Versorgungsunterbrechungen (ein Punkt pro Unterbrechung). Kältebezogene Störungen häufen sich entlang einer NW-SO-Diagonale (A1-B3), Blitzschäden sind regelmäßig über das Gebiet verteilt, Sturmschäden häufen sich v.a. im Südwesten (C1).

Die Punktgröße entspricht der ausgefallenen Energie (Leistung x Unterbrechungsdauer).

ergibt eine Verlustrate von 5,94 Euro pro ausgefallener kWh. Diese Verlustrate ist ein guter Indikator für den Vergleich von Schadensereignissen innerhalb und außerhalb von Österreich. Der Wert von 5,94 €/kWh liegt auf einem international üblichen Niveau.

### Räumliche Analyse

Sowohl Meteorologie als auch Netzdichte, Netzausführung und (Wartungs-)Zugänglichkeit – und damit sämtliche Vulnerabilitätskomponenten\* – hängen besonders im Alpenraum stark vom Terrain und damit der geografischen Lage ab. Ein witterungsabhängig ungleichmäßiges Auftreten ungeplanter Störungen im Leitungsnetz ist also zu erwarten.

Die Herausforderung ist, aus diesem Rauschen witterungstypische Muster zu filtern, deren Gesetzmäßigkeiten herauszufinden und schließlich durch den Abgleich mit regionalen Klimaszenarien künftige Hotspots zu verorten. Eine Herausforderung, die knapp umrissen, aber nur mit aufwändigem und komplexem Modellierungs-Instrumentarium zu bewältigen ist.

Abbildung 3 zeigt aus realen Störungsdaten 2007-2013 eines österreichischen Bundeslandes abstrahierte Karten. \*\* Die regionalen Schwerpunkte der Störungsempfindlichkeit hängen vom Störfaktor (kältebedingt, Gewitter, Sturm) ab. Die weitaus stärksten Ausfälle (linke Karte) gehen auf den Nassschnee unseres Fallbeispiels zurück. Durch Überlagerung dieser Informationen mit meteorologischen Szenarien lassen sich Hotspots lokalisieren und Anpassungsempfehlungen ableiten.

\*| Schadensausmaß, -wahrscheinlichkeit, Exposition und Resilienz

\*\*| Ausdehnung und Orientierung wurden aus Datenschutzgründen transformiert.

SWITCH-OFF unterstützt die Anpassung an den Klimawandel mit maßgeschneiderten und praxistauglichen Ergebnissen

Wie für das Fallbeispiel Nassschnee werden im Rahmen von SWITCH-OFF alle schadensrelevanten meteorologischen Prozesse untersucht und Szenarien für die zukünftige Entwicklung erstellt. Folgende konkrete Ergebnisse werden ausgearbeitet:

- Eine bundesländerübergreifendes Inventar datierter und verorteter Versorgungsunterbrechungen samt meteorologischer Ursachen und betroffener (= klimasensibler) Komponenten.
- Eine Zusammenstellung schadensrelevanter meteorologischer Indikatoren samt Schwellintensitäten für verschiedene Schadenstypen.
- Eine Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels auf die vorgenannten meteorologischen Indikatoren und der damit verknüpften Änderung des Risikos für die Versorgungssicherheit. Risikokartierung und Identifikation von Hotspots mit hoher meteorologischer Vulnerabilität der Stromnetze bei großem sozioökonomischen Risiko.

All diese Ergebnisse sollen letztlich helfen, die Verwundbarkeit des österreichischen Stromnetzes gegenüber dem Klimawandel zu reduzieren. Dies wird auch dadurch sichergestellt, dass die Ergebnisse gemeinsam mit den Stromnetzbetreibern erarbeitet und direkt in deren Entscheidungsprozesse einfließen werden.

Herbert Formayer et al.



### Projektleitung

Dipl.-Ing. Dr. **Lukas Kranzl**

Technische Universität Wien, Institute of Energy Systems and Electrical Drives,  
Energy Economics Group (EEG)



### Beteiligte Institutionen

- Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie
- Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau
- Technische Universität Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz



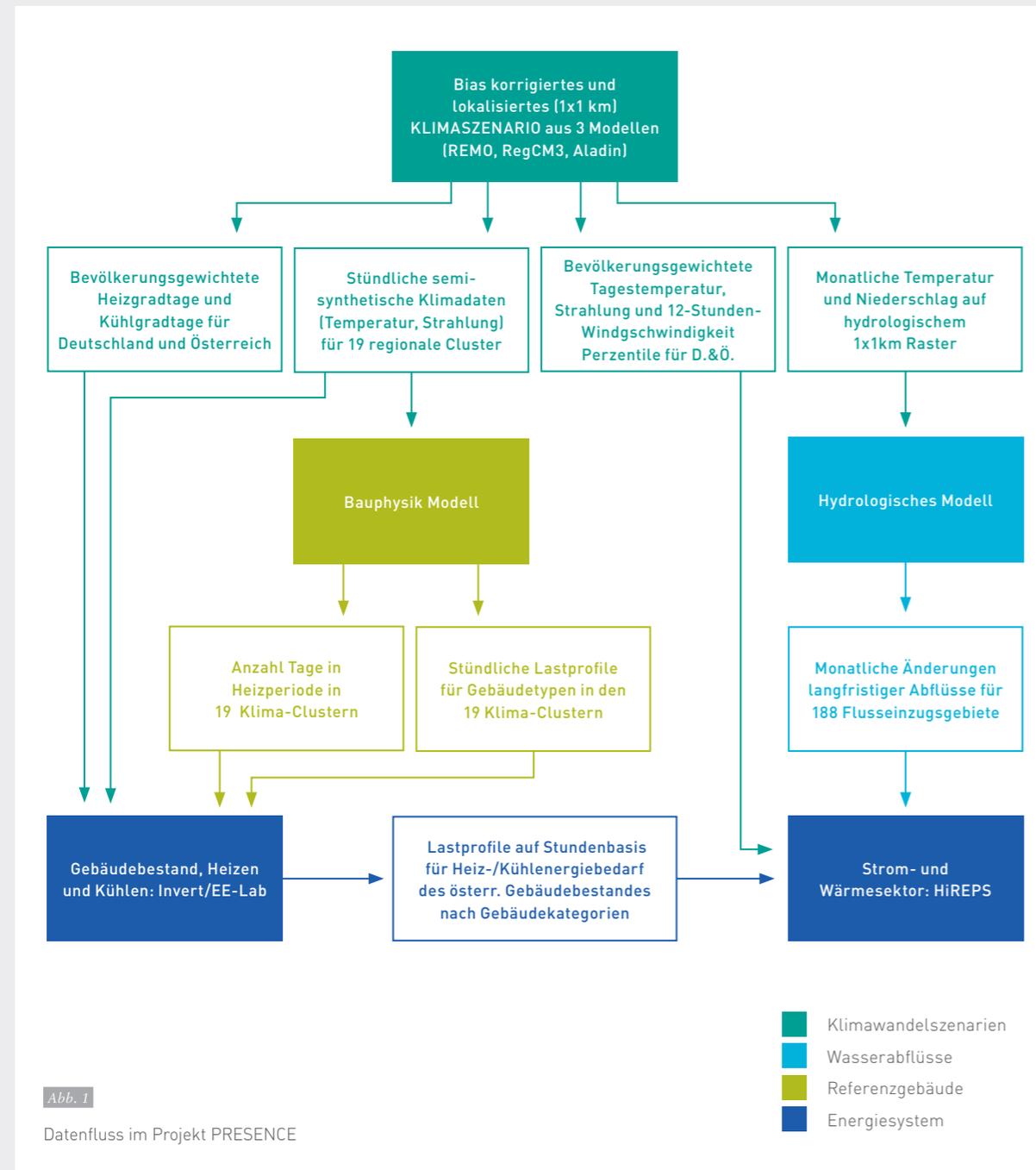
### Gute Gründe für das Projekt

- Die Erhöhung der Resilienz des Energiesystems ist eine zentrale Herausforderung.
- Dafür braucht es eine integrierte Betrachtung von Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der vielfältigen im Energiesystem anstehenden Herausforderungen.
- Die Ergebnisse von PRESENCE sowie weiterer einschlägiger Projekte tragen zu einer erfolgreichen Integration von Adaption und Klimaschutz im Zuge der notwendigen Energiesystem-Transformation bei.

*Power through Resilience of Energy Systems:  
Energy Crisis, Trends and Climate Change*

**Das derzeitige Energiesystem trägt wesentlich zum Klimawandel bei. Gleichzeitig ist das Energiesystem selber durch den Klimawandel betroffen. Mit dem Klimawandel ändern sich sowohl das Energieangebot, z.B. die Charakteristik der Verfügbarkeit von Wasserkraft, als auch die Energienachfrage für Heizen und Kühlen. Klimaschutz erfordert den Übergang zu nachhaltigen, weitestgehend klimaneutralen Technologien und Gesamtlösungen.**

Das Ziel des Projekts PRESENCE war es, am Beispiel Österreichs Maßnahmen aufzuzeigen, wie die Resilienz des Energiesystems angesichts von Klimawandel, möglichen Trends und Energiekrisen und der Transformation des Energiesystems erhöht werden kann.



**Die folgenden Schritte wurden dazu ausgeführt:**

- Ausarbeitung und Klärung des Begriffs „Resilienz von Energiesystemen“ angesichts von Klimawandel, sozialen und technologischen Veränderungen sowie möglicher Krisen.
- Entwicklung und Diskussion von Methoden zur Bewertung von Extremereignissen.
- Bereitstellung meteorologischer Daten auf Basis von Klima-Szenario-Ensembles. Bias-Korrektur für Temperatur und Niederschlag für drei regionale Klimamodelle (REMO-UBA, RegCM3 und Aladin-Arpege) sowie Regionalisierung auf 1x1 km Raster für Österreich.
- Analyse der Auswirkung von Klimawandel und Extremereignissen auf die Wasserkraft.
- Entwicklung eines Sets von drei energiepolitischen Rahmenbedingungen und Analyse des resultierenden Energiebedarfs sowie des Angebots unter verschiedenen Klimaszenarien. Dies wurde für Raumwärme, Klimatisierung sowie das Stromsystem durchgeführt.
- Analyse der Auswirkung des Klimawandels auf Kühlwasserverfügbarkeit in ausgewählten Industriestandorten.
- Erarbeitung von Anpassungsmaßnahmen für eine erhöhte Resilienz des Energiesystems, Analyse deren Wirkungen und Ableitung von Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Abbildung 1 zeigt, wie die Auswertungen bias-korrigierter und lokalisierter Klimawandelszenarien (dargestellt in Dunkelgrün) für die hydrologische Modellierung der Wasserabflüsse in 188 Flusseinzugsgebieten (dargestellt in Hellblau) und für die detaillierte bauphysikalische Modellierung von Referenzgebäu-

den (dargestellt in Hellgrün) eingesetzt wurden. Diese Ergebnisse flossen wiederum in die Modellierung des österreichischen Gebäudebestands sowie des gesamten Energiesystems (dargestellt in Dunkelblau) ein.

Die Ergebnisse des Projekts PRESENCE zeigen, dass der Klimawandel eine deutliche Auswirkung auf das zukünftige Energiesystem hat, insbesondere auf die Wasserkraft und ihre saisonalen und räumlichen Erzeugungsstrukturen als auch auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf und resultierender Kühllastspitzen. Allerdings ist der für den Klimaschutz erforderliche Wandel deutlich relevanter und führt zu stärkeren Änderungen im Energiebedarf und im Technologie-Mix als der Einfluss des Klimawandels. Das heißt, dass die Kosten des Klimawandels im Energiesystem moderat sind, vorausgesetzt entsprechende Maßnahmen werden rechtzeitig getätigt. Allerdings sind dabei die Trägheiten und langen systemimmanenten Vorlaufzeiten zu berücksichtigen. Falls keine Adaption vorgenommen wird, wäre daraus ein Verlust der Systemzuverlässigkeit in der Stromversorgung zu erwarten.

Beispielhaft kann anhand der Abbildung 3 gesehen werden, dass unterschiedliche Klimamodelle zu durchaus unterschiedlichen Klimasignalen führen. Während der Einfluss auf die Temperatur in allen Szenarien eindeutig nach oben zeigt, ist dies beim Niederschlag nicht so klar ersichtlich. Indem Ergebnisse verschiedener Modellszenarien verwendet wurden, trug das Projekt PRESENCE diesem Umstand auch entsprechend Rechnung.

Die hydrologische Modellierung zeigt unterschiedliche regionale Muster. Die saisonale Verschiebung ist in allen drei Klimaszenarien sehr ähnlich: der

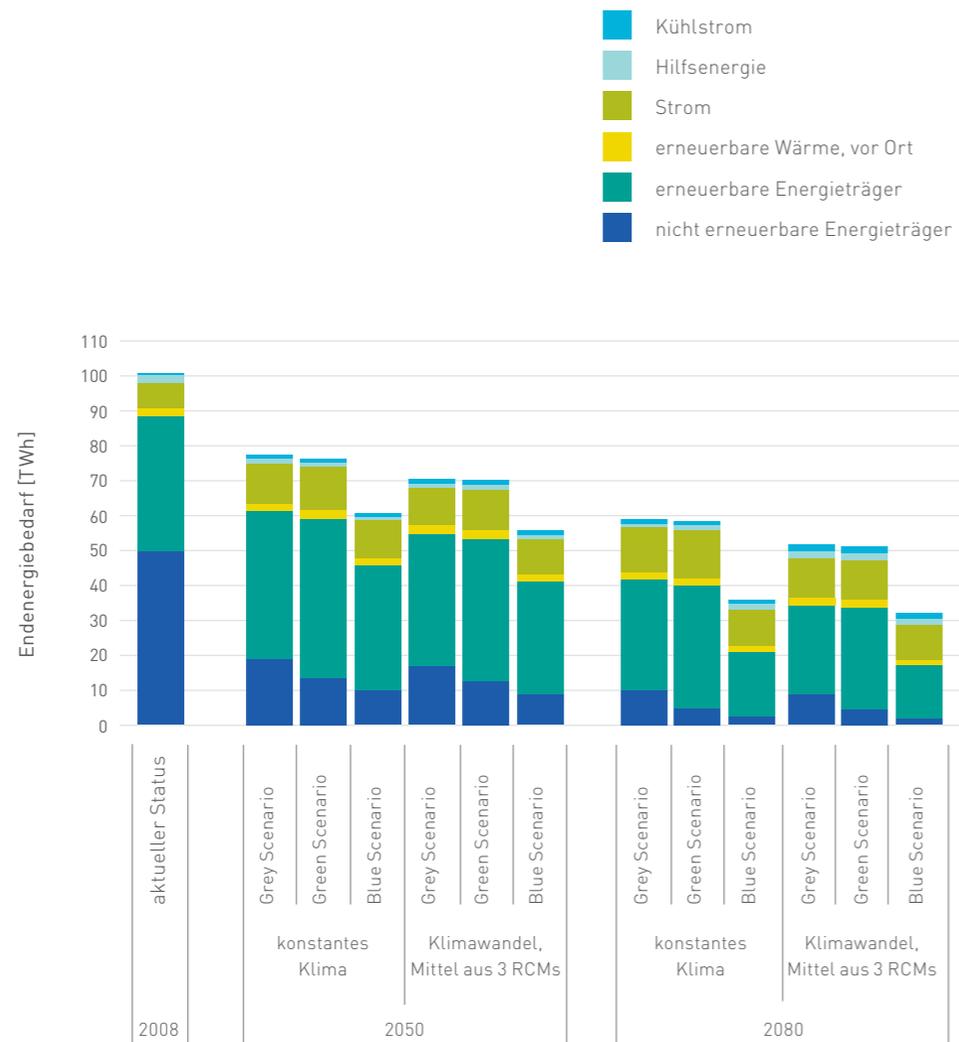


Abb. 2  
Endenergiebedarf nach Szenario-Clustern

Abfluss im Sommer nimmt ab, während jener im Winter steigt. Spezifische Effekte der Änderungen auf die Wasserkraftproduktion wurden für beispielhafte Einzugsgebiete und Laufwasserkraftwerke analysiert. Die erwartete Abnahme des mittleren Abflusses gegen Ende des 21. Jahrhunderts um bis zu 12% lässt keine Rückschlüsse auf generelle Verknappung der Kühlwasserverfügbarkeit in Österreich zu.

Die Wirkung des Klimawandels auf **Raumwärme und Klimatisierung** ist deutlich geringer als der potenzielle Hebel der Energie- und Klimapolitik. Gemessen in relativen Zahlen hat der Klimawandel eine stärkere Wirkung auf die Klimatisierung als auf die Raumwärme. Da allerdings der Energiebedarf für Heizen jenen für Kühlung in Österreich derzeit um mehr als zwei Größenordnungen übersteigt, reduziert der Klimawandel den absoluten, gesamten Energiebedarf für Heizen und Kühlen.

Dies wird aus **Abbildung 2** ersichtlich: Die Effekte unterschiedlicher energiepolitischer Rahmenbedingungen und Zielsetzungen sind in Form der Szenarien *grey* (Fortschreibung aktuell bestehender Rahmenbedingungen), *green* (Verbesserung der Rahmenbedingungen für erneuerbare Wärme- und Kältebereitstellung) und *blue* (Effizienzsteigerungen und mehr erneuerbare Wärme und Kälte) abgebildet. Dem ist der mittlere Effekt der drei betrachteten Klimawandelszenarien gegenübergestellt.

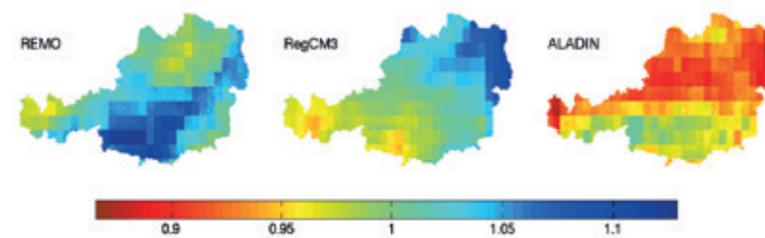
Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass die Volllaststunden der Gebäudeklimatisierung deutlich geringer sind als jene der Raumwärmebereitstellung. Darüber hinaus liegt eine höhere Gleichzeitigkeit der Lasten vor. Ohne Klimawandelanpassung sind daher sehr hohe Lastspitzen für Kühlstrom zu erwarten.

Entsprechende Anpassungsmaßnahmen (z.B. Verschattung) können diese Kühllastspitzen deutlich reduzieren. Die Projektergebnisse zeigen, dass der Kühlenergiebedarf durch derartige passive Maßnahmen mehr als halbiert werden kann.

Die Modellierung des Energiesystems und insbesondere der Stromversorgung zeigt, dass der Klimawandel einerseits aufgrund der reduzierten Stromerzeugung aus Wasserkraft sowie der saisonalen Verschiebungen der Produktion Auswirkungen hat. Andererseits steigt die Gefahr höher Kühllast bedingter Stromlastspitzen deutlich an.

Höhere Energieeffizienz und ein größerer Anteil erneuerbarer Energie trägt signifikant zur Erhöhung der Resilienz des Energiesystems bei, insbesondere könnte die Stromerzeugung aus Photovoltaik (PV) Kühllastspitzen in einem gewissen Ausmaß abfedern. Zu berücksichtigen ist dabei allerdings, dass aufgrund der thermischen Trägheiten von Gebäuden keine perfekte Korrelation von Kühllastspitzen und PV-Ertrag vorliegt. Die Analyse der Extrem-Perioden in den Klimaszenarien zeigt, dass die Winter-Residuallasten in einem ähnlichen Bereich bleiben wie in der Kontrollperiode ohne Klimawandel. Allerdings steigt die Anzahl der Perioden mit hohen Sommer-Residuallasten bis 2050-2080 stark an, wenn nicht starke Anstrengungen zur Reduktion der Kühllasten unternommen werden.

Klimaänderungssignale Niederschlag  
2051-2080



Klimaänderungssignale Temperatur  
2051-2080

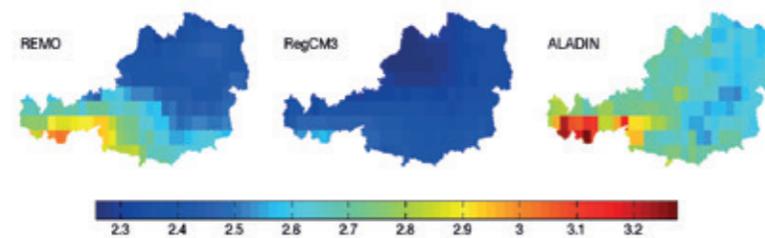


Abb. 3

Klimaänderungssignale

**Folgende Maßnahmen zur Erhöhung der Resilienz wurden identifiziert:**

- Reduktion des Energiebedarfs
- Reduktion der Kühllasten durch gebäudeseitige Maßnahmen (Verschattung) oder mittels effizienter elektrischer Geräte in den Gebäuden
- PV-Stromerzeugung zur Reduktion der Abhängigkeiten von internationalen Rohstoffmärkten und um einen Beitrag in Zeiten hoher Kühllasten zu leisten. Sicherstellung, dass PV-Anlagen an den Gebäuden mit hohem Kühlbedarf installiert sind bzw. dass die Kapazitäten zur Stromübertragung in der Lage sind, mit diesen hohen Kühllasten umzugehen
- Maßnahmen zur Verschiebung von Spitzenlasten auf der Nachfrageseite
- regelmäßige Analyse und Bewertung der Wirkung des Klimawandels auf das Energiesystem, um die Planung langfristiger Investitionen zu ermöglichen

Generell ist zu betonen, dass eine höhere Resilienz im allgemeinen mit höheren Systemkosten verbunden ist, da ein gewisses Ausmaß an Redundanz unerlässlich ist, was zu geringerer ökonomischer Effizienz aufgrund zusätzlicher Kosten führt.

Das Projekt PRESENCE zeigt, dass die Kosten des Klimawandels im Energiesystem für Österreich voraussichtlich moderat sind, wenn entsprechende Maßnahmen getätigt werden. Aufgrund der langen Vorlaufzeiten sind allerdings frühzeitige Schritte erforderlich. Falls keine Anpassung erfolgt, ist ein Verlust der Zuverlässigkeit in der Stromversorgung zu erwarten.

**Folgende Fragen mussten für weitere Forschung offen gelassen werden:**

- die internationale Dimension des Klimawandels und die Auswirkung auf das Stromsystem
- die Vulnerabilität und die Rolle der Stromnetze für ein resilientes, weitestgehend klimaneutrales Stromsystem im Klimawandel
- weitere Entwicklung der Methodik zur Integration von Extremereignissen in Energiesystem-Analysen
- ein besseres Verständnis sowie eine bessere Datengrundlage für derzeitige und mögliche zukünftige Marktdurchdringung von Klimaanlagen
- Kosten, Nutzen und ökonomische Effektivität von Anpassungsmaßnahmen
- weitere Bearbeitung der Wirkung von Extremereignissen, insbesondere und Klimaszenarien mit stärkeren Temperaturanstiegen
- Entscheidungsverhalten von Stakeholdern und Investoren unter Unsicherheit und Krisen.



## Projektleitung

Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr. **Alfred Posch**

Universität Graz, Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung



## Beteiligte Institutionen

- Soziologisches Forschungsinstitut an der Georg-August-Universität Göttingen (P1)



## Gute Gründe für das Projekt

- Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik haben ein großes Potenzial, um zur Transformation hin zu einer nachhaltigen, emissionsarmen Gesellschaft beizutragen.
- Das Projekt RESHAPE fördert das Verständnis, wie Institutionen und Prozesse angepasst werden können, um dieses Potenzial bei der Umsetzung der österreichischen Klimastrategie optimal auszuschöpfen.
- Die RESHAPE-Projektergebnisse wurden in einem innovativen Forschungsprozess generiert, bei dem qualitative und quantitative empirische Forschung mit neuen Modellierungsansätzen des „Maschinellen Lernens“ verknüpft wurde.

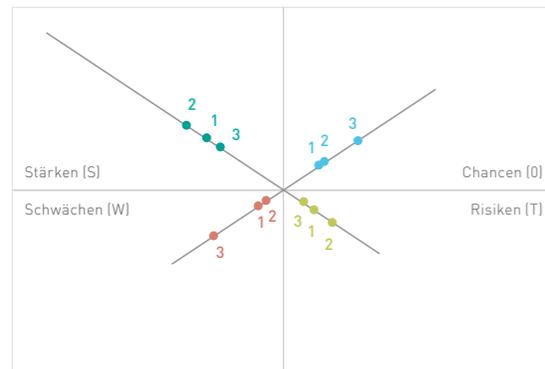
# RESHAPE

*Reshaping institutions and processes in the transition towards renewable energy:  
Lessons from bottom-up-initiatives*

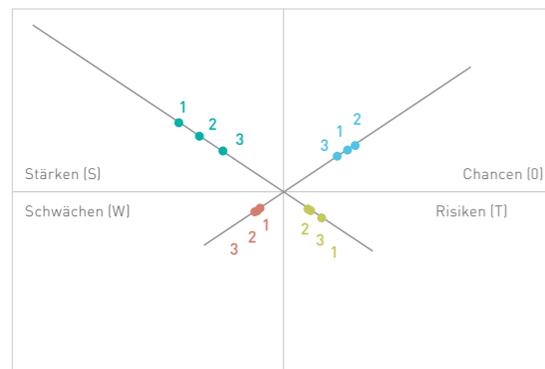
**Das Projekt RESHAPE hatte zum Ziel, österreichische Bottom-up-Initiativen (BUIs) im Bereich der Photovoltaik, welche in den letzten Jahren gegründet worden sind, zu untersuchen.**

Dafür sollten einerseits öffentliche und private SchlüsselakteurInnen identifiziert und andererseits deren Gründungsprozesse rekonstruiert werden mit dem speziellen Fokus auf fördernde und hemmende Faktoren für die Gründung der Initiativen. Basierend auf Ergebnissen qualitativer Interviews mit GründungsakteurInnen von BUIs in Deutschland wurden unterschiedliche GründungsakteurInnen und EnergieexpertInnen in Österreich befragt. Diese Befragung bildete gleichzeitig die Grundlage für eine Umfrage unter bereits sich beteiligenden Personen und sich nicht beteiligenden Personen im Einflussgebiet von

zwei ausgewählten PV-BUIs zu Motiven der Beteiligung bzw. der Nicht-Beteiligung. Parallel dazu war es das Ziel von RESHAPE anhand einer Systemmodellierung, im Rahmen eines Ansatzes des Maschinellen Lernens (ML, engl. Machine Learning), Szenarien über die Diffusion von PV-BUIs zu konstruieren. Letztendlich wurden basierend auf den Ergebnissen der qualitativen und quantitativen Untersuchungsmethode Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken (SWOT Faktoren) für die Diffusion von Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik abgeleitet und entsprechend der Einschätzung ausgewählter GründungsakteurInnen und EnergieexpertInnen gewichtet. Dadurch war es möglich, Politikempfehlungen für eine weitere Dekarbonisierung des österreichischen Energiesystems mit Fokus auf Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik zu formulieren.



Gründungsakteure/-akteurinnen  
(eigene Darstellung)



Energieexperten/-expertinnen  
(eigene Darstellung)

**S - Stärken**

1. Finanziell attraktive Geldanlage für Beteiligte
2. Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz
3. Verringerung der Abhängigkeit von den Importen fossiler Energieträger

**W - Schwächen**

1. Hoher Aufwand bei der Gründung
2. Unsicherheit das Geschäftsmodell betreffend sowie rechtliche und finanzielle Unsicherheiten hinsichtlich des Stromnetzes
3. Ohne Förderung derzeit (noch) nicht wirtschaftlich

**O - Chancen**

1. Weitere Verringerung der Photovoltaik-Kosten im Vergleich zu anderen Energieträgern
2. Steigende Bekanntheit von PV-Bürgerbeteiligungsmodellen in der Bevölkerung
3. Steigender Stellenwert von PV-Bürgerbeteiligungsmodellen in politischen Strategien

**T - Risiken**

1. Widerstand bzgl. Umgestaltung der vorherrschenden zentralen Strukturen im Energiebereich
2. Unsichere ökonomische und politische Rahmenbedingungen
3. Rechtliche und finanzielle Unsicherheiten hinsichtlich des Stromnetzes

Abb. 1

Gewichtung von SWOT-Faktoren

Qualitative Ergebnisse

Die Ergebnisse der qualitativen Interviews umfassen Informationen bezüglich der institutionellen Rahmenbedingungen. Diese lassen einerseits fördernde Aspekte für Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik erkennen, wie die Unterstützung lokaler PolitikerInnen und bestehende Einspeisetarife, andererseits auch hemmende Aspekte, wie die behördliche Abwicklung zum Erhalt von/des Zugangs zu Einspeisetarifen oder zur Informationsbeschaffung im Bereich möglicher/legaler Rechtsformen zur Gründung von Initiativen. Des Weiteren konnte der Gründungsprozess in zwei Phasen gegliedert werden: in eine (1) technisch-bürokratische Phase sowie eine (2) das BürgerInnenbeteiligungsmodell betreffende Phase.

Diese Phasen verlaufen parallel zueinander und enthalten unterschiedliche Abschnitte (z.B. Standortwahl, Wahl des Beteiligungsmodells, Wahl der Rechtsform etc.). Der Prozessverlauf gestaltet sich dabei nicht linear, sondern zeigt einige Feedback-Loops auf. Neben Einblicken in den Gründungsprozess und institutionellen Rahmenbedingungen wurden Bottom-up-Initiativen in Hinblick auf ihre Entwicklung als soziale Nischeninnovationen untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass diese in marktorientierte und „Grassroots“-Initiativen unterteilt werden können. Beide Arten von Initiativen weisen Interaktionen mit anderen BUIs auf, wobei Grassroots-Initiativen eine bessere Vernetzung zum Austausch von Informationen und Erfahrungen entwickelt haben und Anzeichen einer ersten Aggregation von Wissen auf institutioneller Ebene vorweisen. Neben den Ergebnissen aus qualitativen Befragungen in Österreich zeigen em-

pirische Untersuchungen in Deutschland, dass neu gegründete Energiegenossenschaften von Rahmenbedingungen wie der Verbesserung der Einspeisetarife (Novellierung des Erneuerbaren Energiegesetzes 2004) oder der Novellierung des Genossenschaftsgesetzes 2006 profitieren. Energiegenossenschaften und andere Arten von BUIs müssen allerdings in der Lage sein, organisatorisch relevante Ressourcen zu erschließen und Gebrauch davon zu machen, um überhaupt von diesen fördernden Rahmenbedingungen profitieren zu können.

Motive

Die Frage, welche Motive die individuelle Entscheidung beeinflussen, sich an einer Bottom-Up-Initiative im Bereich der Photovoltaik zu beteiligen, wurde anhand einer Umfrage unter (Nicht-)TeilnehmerInnen in drei Fallstudiengebieten (HELIOS Sonnenstrom GmbH, MEA Solar GmbH, Sonnenkraft Burgenland) untersucht. Im konzeptionellen Rahmen der DBO-Theorie (Desires, Beliefs, Opportunities) wurde eine separate Erhebung von Präferenzen (Wichtigkeit gewisser Motive) und Überzeugungen (Bewertung der Befragten darüber, wie gut sich ihre Präferenzen durch die Beteiligung an einer BUI umsetzen lassen) angestrebt. Das Ergebnis einer logistischen Regressionsanalyse, welche TeilnehmerInnen mit Nicht-TeilnehmerInnen vergleicht, identifizierte Überzeugungen als Haupttreiber für eine Beteiligung an einer BUI. Des Weiteren zeigen Ergebnisse, dass TeilnehmerInnen der Initiative HELIOS vor allem durch ihre Überzeugung, eine attraktive Möglichkeit der Investition in Anspruch zu nehmen, angetrieben werden. Im Gegensatz dazu beteiligen sich befragte Personen der

Initiative MEA eher, wenn sie glauben, dass durch eine Teilnahme Energieautonomie, die Verringerung der Treibhausgasemissionen und Umweltschutz umgesetzt werden können. Der Vergleich von Personen, die bereit sind, sich an einer Bottom-Up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik zu beteiligen, und jenen, die sich keine Teilnahme vorstellen können, zeigt, dass die Präferenz für Energieautonomie zusammen mit dem Glauben, dass diese durch den Beitritt zur Initiative erreicht werden kann, ein wichtiger Treiber ist. Darüber hinaus sind die Überzeugungen, durch Beteiligung sozialen Zusammenhalt und die Mitbestimmung in der Region zu stärken, von hoher Relevanz.

#### Ergebnisse der Systemmodellierung

Im Rahmen der Systemmodellierung wurde ein neuartiger Ansatz zur Bewertung von potenziellen Politikmaßnahmen im Bereich von Photovoltaik-BUIs entwickelt. Dieser basiert auf Methoden des Maschinellen Lernens, mit denen Daten analysiert und Gesetzmäßigkeiten in ebendiesen erkannt werden können. Das vorgestellte Verfahren liefert drei unterschiedliche Arten von Resultaten: Erstens kann im Rahmen der Klassifikation eine relativ genaue Vorhersage darüber gemacht werden, ob sich eine Person an einer Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik beteiligt oder nicht. Zweitens konnte unter Anwendung des Modells analysiert werden, welche Überzeugungen und Präferenzen vorrangig die Partizipation an Bottom-Up-Initiativen fördern. Diese Erkenntnisse sind sinnvoll für die Identifikation von potenziellen Stellschrauben, um politische Maßnahmen auf die wirkungsvollsten Parameter zu fokussieren und eine möglichst hohe Effizienz derselben sicherzustellen.

Sensitivitätsanalysen bezüglich Überzeugungen und Präferenzen von Personen bilden die dritte Resultatsgruppe: Unter Annahme der Messbarkeit von erfolgreichen Politikmaßnahmen wurden die Auswirkungen von geänderten individuellen Überzeugungs- und Präferenzdaten auf die Anzahl der Beteiligungen an Bottom-up-Initiativen untersucht. Bei veränderten Motiven – wie etwa erhöhtem Umweltbewusstsein, einer verringerten Wichtigkeit von finanziellen Aspekten oder einer gesteigerten Einschätzung, dass sich Photovoltaik positiv auf den Umweltschutz auswirkt – erlaubt dies eine Quantifizierung der Adoptionsrate und damit eine direkte Einschätzung, welche Folgen Politikmaßnahmen in verschiedenen Bereichen der Adoption mit sich bringen. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse stellte sich heraus, dass finanzielle Belange zu den wichtigsten Faktoren hinsichtlich Adoption zählen. So zeigten die numerischen Experimente eine Erhöhung der Adoptionsrate um bis zu +150%, wenn betreffende finanzielle Aspekte von der Bevölkerung als weniger wichtig wahrgenommen werden. Darüber hinaus führt auch eine gesteigerte Einschätzung der Wahrscheinlichkeit, dass durch die Beteiligung an einer BUI der Umweltschutz gefördert wird, zu einer ausgeprägten Erhöhung der Adoption. Demgegenüber stehen nur schwache Zuwachsraten sowohl bei steigendem Umweltbewusstsein als auch der Wichtigkeit von Energieautonomie.

Im Zuge des letzten Arbeitspaketes wurden die identifizierten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken von Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik zusammengefasst und deren Bedeutung durch Befragungen von EnergieexpertInnen und GründerInnen von Bottom-up-Initiativen erhoben. Die relative Wichtigkeit der SWOT-Faktoren wurde schließlich

mit der Eigenwertmethode nach dem *Analytic Hierarchy Process* ermittelt.

**Aus den Projektergebnissen wurden schließlich neun Politikempfehlungen ausgearbeitet. Diese umfassen:**

- die Einrichtung einer zentralen Anlaufstelle für Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik,
- den Ausweis von alternativen Flächen für die Photovoltaik-Installation,
- die Schaffung von finanziellen Anreizen im Finanzausgleich für die Installation einer Photovoltaikanlage in der Gemeinde,
- die Ermöglichung der Direktvermarktung von solarem Strom für Anlagen > 5 kWp,
- die Knüpfung der Wohnbauförderung an bautechnische Voraussetzungen für die Solarenergienutzung (bei Neubauten),
- Bottom-up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik für den sozialen Wohnbau (Mehrparteienhäuser),
- die Erhöhung der Planungssicherheit,
- die Berücksichtigung der Aspekte der erforderlichen Netzstabilität und Netzkontrolle,
- die umweltbezogenen Aspekte (Vorteile) einer Bottom-Up-Initiativen im Bereich der Photovoltaik in den Vordergrund der Werbung stellen, anstelle der zu starken Betonung der finanziellen Attraktivität.

Alfred Posch

## Alle geförderten Projekte im Überblick

### RE-ADJUST

---

Projektleitung	Universität Graz, Wegener Center für Klima und Globalen Wandel
Kontakt	<i>Assoz. Prof. Dr.</i> <b>Birgit Bednar-Friedl</b> (birgit.friedl@uni-graz.at)
Partner	Carnegie-Mellon University, Center for Climate and Energy Decision Making, Pittsburgh, USA; International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg; Universität Graz, Institut für Philosophie, Fachbereich Praktische Philosophie
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 5. Ausschreibung
Dauer	April 2013 - Mai 2015
Budget	€ 272.070,00
Fördersumme	€ 272.070,00

### SWITCH OFF

---

Projektleitung	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie
Kontakt	<i>Ass. Prof. Mag. Dr.</i> <b>Herbert Formayer</b> (herbert.formayer@boku.ac.at)
Partner	Johannes Kepler Universität Linz, Energieinstitut; Umweltbundesamt GmbH
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 7. Ausschreibung
Dauer	Mai 2015 - April 2017
Budget	€ 352.653,00
Fördersumme	€ 298.633,00

### PRESENCE

---

Projektleitung	Technische Universität Wien, Institute of Power Systems and Electrical Drives, Energy Economics Group
Kontakt	<i>Dipl.-Ing. Dr.</i> <b>Lukas Kranzl</b> (Lukas.kranzl@tuwien.ac.at)
Partner	Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Meteorologie; Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiver Wasserbau; Technische Universität Wien, Institut für Hochbau und Technologie, Forschungsbereich für Bauphysik und Schallschutz
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 3. Ausschreibung
Dauer	März 2011 bis September 2013
Budget	€ 299.594,00
Fördersumme	€ 299.594,00

### RESHAPE

---

Projektleitung	Universität Graz, Institut für Systemwissenschaften, Innovations- und Nachhaltigkeitsforschung
Kontakt	<i>Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr.</i> <b>Alfred Posch</b> (alfred.posch@uni-graz.at)
Partner	Soziologisches Forschungsinstitut an der Georg-August-Universität Göttingen (P1)
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Austrian Climate Research Programme, 5. Ausschreibung
Dauer	März 2013 - Februar 2015
Budget	€ 264.670,00
Fördersumme	€ 264.670,00

## Bisherige Ausgaben von „ACRP in essence“

„ACRP in essence“ stellt Ihnen ausgewählte Forschungsberichte vor, die durch ihre wissenschaftlichen Fragestellungen eine Grundlage für die notwendigen Schritte in Richtung Klimawandelanpassung bilden.

[www.klimafonds.gv.at/service/broschueren/acrp-in-essence](http://www.klimafonds.gv.at/service/broschueren/acrp-in-essence)

Bei Interesse an den bisherigen Themenfeldern kontaktieren Sie bitte:  
[bettina.zak@klimafonds.gv.at](mailto:bettina.zak@klimafonds.gv.at)



Sonderheft: COIN



Landwirtschaft

Forstwirtschaft

Biodiversität

Wirtschaft



Gesundheit

Wasserwirtschaft

Naturgefahren

# Impressum

## Medieninhaber

### Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: +43 1 585 03 90, Fax: +43 1 585 03 90-11

office@klimafonds.gv.at

## Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft sind für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

## Druck

Druckerei Gugler (www.gugler.at)

Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

## Gestaltung

Studio Deluxe (www.studiodeluxe.at)

## Verlags- und Herstellungsort

Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

[www.klimafonds.gv.at](http://www.klimafonds.gv.at)





MINISTERIUM  
FÜR EIN  
LEBENSWEERTES  
ÖSTERREICH

AUSTRIAN CLIMATE RESEARCH PROGRAMME

*in* ESSENCE

