

# NO-REGRET STRATEGIEN ZUR DEKARBONISIERUNG DER NIEDERTEMPERATURWÄRME UND WARUM GAS DARIN KEINE ROLLE SPIELT

Lukas KRANZL<sup>1</sup>, Sebastian FORTHUBER<sup>1</sup>, Mostafa FALLAHNEJAD<sup>1</sup>, Andreas MÜLLER<sup>2</sup>, Marcus HUMMEL<sup>2</sup>, Gerda DEAC<sup>3</sup>, Christiane BERNATH<sup>3</sup>, Christoph KIEFER<sup>3</sup>, Joshua GARCIA<sup>3</sup>, Frank SENSFUSS<sup>3</sup>, Sibylle BRAUNGARDT<sup>4</sup>, Veit BÜRGER<sup>4</sup>

## Einleitung

Für die Dekarbonisierung der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung sind verschiedene Pfade mit jeweils unterschiedlichem Technologiemitmix und verschiedenen Stufen der Gebäudesanierung denkbar. Bislang gibt es noch keinen allgemein anerkannten Konsens über die Auswirkungen verschiedener Dekarbonisierungspfade und vorteilhafter Routen und Strategien, insbesondere unter Berücksichtigung der Bereitstellung der verschiedenen Energieträger und damit des gesamten Energiesystems. Die Fragestellung dieses Beitrags lautet daher: Was sind vorteilhafte und weniger vorteilhafte Dekarbonisierungspfade für die Raumwärme und Warmwasserbereitung für die EU-27 bis 2050 in Bezug auf den Gesamtprimärenergieverbrauch, die Kosten, die Barrieren und die politischen Auswirkungen, unter Berücksichtigung der Auswirkungen des Wärmesektors auf das gesamte Energiesystem? Was sind robuste Strategien und Maßnahmen zur Dekarbonisierung des Raumwärme- und Warmwassersektors?

Das Paper entwickelt eine Reihe technologieorientierter Dekarbonisierungspfade für die EU-27 bis 2050: Ein direktes erneuerbares Wärme-Szenario (mit Schwerpunkt auf einer ausgewogenen Mischung aus Wärmepumpen, Biomassekesseln und Solarenergie), ein Elektrifizierungsszenario, ein Szenario mit Schwerpunkt auf synthetischen Brennstoffen und ein weiteres mit Schwerpunkt auf Wasserstoff und schließlich ein Fernwärmeszenario. Anschließend führen wir eine vergleichende Bewertung durch und leiten ein Best-Case"-Szenario ab. Diese Szenarien werden mit einem Basisszenario verglichen, das auf den bestehenden Politiken basiert und keine vollständige Dekarbonisierung erreicht.

Die Studie konzentriert sich auf den Wärmeverbrauch in Gebäuden und deckt die Raumwärme und die Warmwasserversorgung ab. Sie basiert auf dem Projekt ENER/C1/2018-494 [1].

## Methodik

Für die Entwicklung der oben beschriebenen Szenarien haben wir drei Modelle angewandt und miteinander verknüpft: das optimierungsbasierte Gebäudebestandsmodell Invert/Opt, das Energiesystemoptimierungsmodell Enertile und das Fernwärmemodell Hotmaps. Die Modellergebnisse ermöglichen den Vergleich von Kosten, Treibhausgasreduktion, Energiebedarf und Energieeinsparungen.

Die allgemeine Logik der Szenarientwicklung besteht darin, Grenzen für die Relevanz bestimmter Energieträger bei der Versorgung von Gebäuden mit Raumwärme und Warmwasser zu definieren, einschließlich der Beschränkungen hinsichtlich ihres Potenzials. Innerhalb dieser Grenzen identifiziert ein Algorithmus die kostenminimale Konstellation des Einsatzes von Energieträgern und Technologien in verschiedenen Teilen des Gebäudebestands und die kostenoptimalen Sanierungsniveaus. Dies führt zu Szenarien, die nicht als Extremszenarien, sondern als realistische Umsetzungen von Pfaden betrachtet werden können, wobei jedes der Szenarien einen Mix von Systemen und Energieträgern aufweist, der auch die Eignung in verschiedenen Teilen des Gebäudebestands sowie klimatische und

---

<sup>1</sup> Technische Universität Wien, Institut für Energiesysteme und elektrische Antriebe, Gußhausstraße 25-29/370-3, 1040 Wien, +43 1 58801 370351, [kranzl@eeg.tuwien.ac.at](mailto:kranzl@eeg.tuwien.ac.at), [eeg.tuwien.ac.at](http://eeg.tuwien.ac.at)

<sup>2</sup> e-think energy research, Argentinierstrasse 18/10, 1040 Wien, Österreich, <https://www.e-think.ac.at>

<sup>3</sup> Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe, Deutschland, [www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)

<sup>4</sup> Öko-Institut e.V., Postfach 17 71, 79017 Freiburg, Deutschland, [www.oeko.de](http://www.oeko.de)

regionale Konstellationen widerspiegelt. Um politische Empfehlungen abzuleiten, führen wir anschließend folgende Schritte durch: (1) Analyse der Barrieren für verschiedene Maßnahmen, (2) Analyse von Politikinstrumenten, (3) Definition von Politiksets für verschiedene Ländercluster und (4) Diskussion der Politikempfehlungen.

## Ergebnisse

Insgesamt zeigt sich, dass das Modell E-Fuels und Wasserstoff sehr nahe an den exogen gesetzten minimal-Restriktionen einsetzt. Dies ist ein Indiz dafür, dass diese Energieträger und die damit bereitgestellte Wärme teurer sind als andere Systeme. Bei Wärmepumpen hängt es eher vom Gebäudetyp ab, ob ein effizienter Einsatz von Wärmepumpen als wirtschaftlich angesehen wird. Generell hat das Modell die Tendenz, sich bei Wärmepumpen auf die obere Grenze zuzubewegen, und Wärmepumpen gewinnen in allen Szenarien große Anteile. Biomasseheizungen sind unter den betrachteten Modellierungs- und Szenarioannahmen in Richtung Klimaneutralität tendenziell wirtschaftlich. Hier sind die Beschränkungen des Biomassepotenzials und die zugrundeliegenden Annahmen in Bezug auf eine relevantere Nutzung des Biomassepotenzials in anderen Endverbrauchssektoren die Haupteinschränkungen, die eine weitere Verbreitung von Biomasseheizungen bestimmen. Die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Fernwärme ist in dem Modell je nach Land und Region unterschiedlich. Da die Fernwärmenutzung auf Gebiete mit hoher Wärmenachfragedichte und entsprechend niedrigen Wärmeverteilungskosten beschränkt wurde, tendiert der Optimierungsalgorithmus dazu, die Fernwärme innerhalb der vorgegebenen Grenzen auszuwählen. Der vollständige Beitrag wird Ergebnisse zum End- und Primärenergiebedarf nach Energieträgern und zu den Kapital- und Betriebskosten im Gebäudesektor sowie im gesamten Energiesystem zur Bereitstellung der Energieträger für die Raumheizung und Warmwasserbereitung enthalten.

## Schlussfolgerungen

Aus der Modellierung lassen sich folgende wesentliche Erkenntnisse ableiten. Erstens: Wenn die Auswahl der Maßnahmen im Hinblick auf das Gesamtsystem optimiert werden, liefern die Kosten kein klares Entscheidungskriterium. Vielmehr sind die Hindernisse und die politischen Auswirkungen für die Entscheidung für den einen oder anderen Weg relevant. Zweitens können einige Maßnahmen als No-regret-Optionen und sogar als Vorbedingungen angesehen werden, da sie für alle Szenarien identisch sind: ein hohes Maß an Gebäudesanierung, eine hohe Verbreitung von Wärmepumpen und Fernwärme in geeigneten Gebieten. Darüber hinaus müssten selbst im H2-Szenario und im E-Gas-Szenario Teile des Gasnetzes stillgelegt werden, da es wirtschaftlichere Dekarbonisierungslösungen gäbe. Daher sollte zumindest ein teilweiser, wenn nicht gar vollständiger Ausstieg aus der Verwendung von Gas für Raumheizung und Warmwasserbereitung vorbereitet werden. Drittens liegt das Best-Case-Szenario - das die niedrigsten Kosten verursacht - nahe am Elektrifizierungsszenario, allerdings mit einer etwas höheren Durchdringung von Solarwärme und Fernwärme.

Der wirksamste Weg, Investitionen in Gebäudekomponenten und Heizungssysteme auf das Ziel der Dekarbonisierung auszurichten, ist die Schaffung eines starken Regulierungsrahmens, um den Einsatz von Technologien einzuschränken, die nicht mit dem Ziel einer vollständigen Dekarbonisierung vereinbar sind. Dies muss durch wirtschaftliche Anreize und die Sicherstellung von Markt- und Technologiereife der relevanten Systeme ergänzt werden. Da die Umgestaltung des Wärmesektors Auswirkungen auf die Nutzung wichtiger Infrastrukturen (Fernwärme-, Gas- und Stromnetz) hat, sind Konzepte für die Wärmeplanung und die Beteiligung der Bürger erforderlich, um den Ausbau, die Modernisierung und die Stilllegung solcher Infrastrukturen zu koordinieren.

## Referenzen

- [1] L. Kranzl *et al.*, 'Renewable Space Heating under the Revised Renewable Energy Directive. Final report of the project ENER/C1/2018-494', Oct. 2021.