

Die Rolle von Wasserstoff in der Wärmewende am Beispiel von vier Versorgungsgebieten in Deutschland

Energiesystemmodellierung

Jessica THOMSEN¹, Nicolas FUCHS¹; Robert MEYER¹, Bruno BAVIA BAMPI¹, Natapon WANAPINIT¹, Gregor GORBACH¹, Sebastian HERKEL¹, Christoph KOST¹
⁽¹⁾ Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Motivation und zentrale Fragestellung

Die bekannten Systemstudien für das Energiesystem Deutschland nutzen methodisch einen mit einem top-down Ansatz und zeigen eine Bandbreite der Transformationspfade, insbesondere der Rolle von Wasserstoff, in allen Sektoren auf, um das Ziel der Klimaneutralität 2045 zu erreichen [1–3]. Aktuell verfehlen jedoch insbesondere der Gebäude- und Verkehrssektors die Klimaziele [4]. Da diese Bereiche nicht dem europäischen ETS Handel unterliegen und eine vollkommen andere Stakeholder- und Entscheidungsstruktur vorliegt als im Stromsektor, erscheint eine Bottom-Up Betrachtung der Wärmeversorgung notwendig. Da jedoch auch hier Interaktionen zwischen lokaler Infrastruktur und Entscheidungen der Gebäudeeigentümer zu erwarten sind, soll die Analyse einzelner Versorgungsgebiete erfolgen. Hierfür würde zunächst eine Methode bestehend aus einem Modellframework mehrerer Modelle entwickelt und dieses auf vier Versorgungsgebiete mit unterschiedlichen Charakteristika angewandt. Zusätzlich ist eine Interaktion zwischen lokaler Infrastruktur und den Gebäudeeigentümern zu erwarten, die stark von lokalen Gegebenheiten abhängen kann. Diese Arbeit untersucht daher, wie sich Transformationspfade hin zur Klimaneutralität für unterschiedliche Versorgungsgebiete aus einem Bottom-Up Ansatz unterscheiden und insbesondere welche Rolle Wasserstoff dabei spielt.

Methodische Vorgangsweise

Zur Modellierung der Transformationspfade wurde anhand von Gebäudedaten eine Einzelgebäudemodellierung für die in den Versorgungsgebieten vorliegenden Gebäudetypen durchgeführt, um Nutzenergieprofile für Strom und Raumwärme zu erhalten. Das gesamte Versorgungsgebiet wird mit dem Energiesystemmodell DISTRICT [5] modelliert. Dafür wurden die Versorgungsgebiete in Modellknoten gegliedert, deren Zuschnitt anhand der Kriterien einer möglichst homogenen Bebauungsstruktur und einer klaren Zuordnung von Netzverbindungen zwischen den Knoten erfolgte. Die Wärmenachfrage wird in drei Temperaturniveaus unterschieden, Niedertemperatur-Raumwärme, Hochtemperatur-Raumwärme und Prozesswärme. Es werden alle gängigen Versorgungstechnologien in der dezentralen Raumwärme sowie der Fernwärme berücksichtigt. Auch perspektivisch relevante Technologien wie Wasserstoffkessel, Wasserstoff-KWK, sowie Großwärmepumpen (in der Fernwärme), die diverse Wärmequellen nutzen können, sind im Modell abgebildet. Für alle Gebiete werden Potenziale für erneuerbare Energien, d.h. Photovoltaik, Wind und Wärmequellen, erhoben. Modelliert wird der Zeithorizont bis 2045 mit den Stützjahren 2021, 2025, 2030, 2035 und 2040. Unter perfect foresight. Die Auswahl der Versorgungsgebiet deckt unterschiedliche Gebietscharakteristika wie rural, urban, industriell und nicht-industriell ab. So wird ein detaillierter Einblick ermöglicht, inwiefern diese Strukturen die Lösungen der Transformationspfade beeinflussen. Für die Anwendung wurden fünf Szenarien definiert, die sich entlang der Kriterien Preisentwicklung von Strom und Wasserstoff, Sanierungsrate der Gebäude und zeitliche Verfügbarkeit von Energieträgern und Technologien unterscheiden (vgl. Tabelle 1).




	Szenario 1 »Mäßige Sanierung & hohe Innovationsaffinität«					Szenario 2 »Sanierungsfortschritt & Innovationssepsis«					Szenario 3 »Hohe Verfügbarkeiten Erneuerbare Energien & Wasserstoffe«					Szenario 3A »Niedriger Wasserstoffpreisfad«					Szenario 3B »Hoher Erneuerbare-Energien Ausbau«				
	1,2 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70					1,8 % / KfW 70				
 H ₂ -Backbone am Case verfügbar	2030					2035					2030					2030					2035				
 H ₂ -Kosten & Verfügbarkeit	Niedrig, Hoch					Hoch, Niedrig					Niedrig, Hoch					Niedrig, Hoch					Hoch, Niedrig				
Jahr	2025	2030	2035	2040	2045	2025	2030	2035	2040	2045	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 2				
Haushalt [ct _e]	-	12,5	10,8	9,0	8,3	-	-	16,3	14,0	13,8															
Industrie [kWh]	-	10	9	8	7,5	-	-	14,5	13,0	12,5															
 Strompreise	Mittel					Mittel					Mittel					Hoch					Niedrig				
Jahr	2025	2030	2035	2040	2045	Siehe Szenario 1					Siehe Szenario 1					2025	2030	2035	2040	2045					
Haushalt [ct _e]	23,7	21,7	21,8	21,9	22,1											26,7	27,6	28,1	28,6	29,4					
Industrie [kWh]	13,5	11,5	11,6	11,7	11,9											16,5	17,5	17,9	18,4	19,2					

Tabelle 1: Übersicht der Szenarienannahmen

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Wärmebereitstellung und des -bedarfs in einem ländlichen, nicht-industriellen Versorgungsgebiet. Besonders auffällig ist der starke Hochlauf der dezentralen und Groß-Wärmepumpen in allen Szenarien, der bis einschließlich 2030 nahezu identisch erfolgt. Aufgrund der ruralen Umgebung gibt es hier ein Biomassepotenzial, das zur Dekarbonisierung genutzt werden kann. Die Szenarien unterscheiden sich im Wesentlichen darin, ob Wasserstoff in der Raumwärme eingesetzt wird. Dies ist nur in Szenarien mit sehr niedrigen Preisen und einer frühen Verfügbarkeit, d.h. Sz1, Sz3 und Sz3A, der Fall und auch dort wird Wasserstoff primär in der Hochtemperatur-Raumwärme und der Prozesswärme eingesetzt.

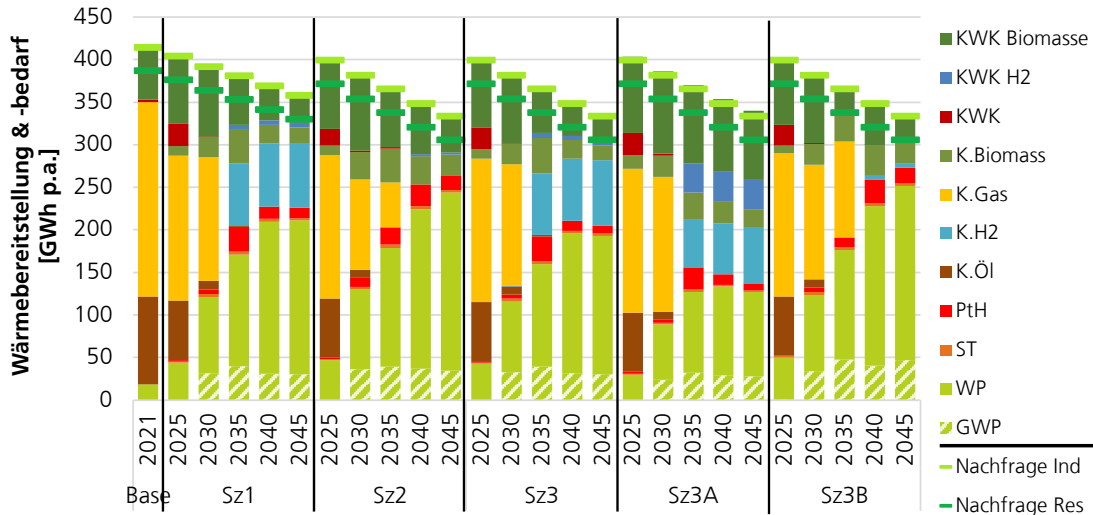


Abbildung 1: Transformationspfad eines ländlich, nicht-industriellen Gebietes

Vergleicht man die Transformationspfade der vier Gebiete, lassen sich große Unterschiede im Anteil der Fernwärme, sowie der Nutzung von Wasserstoff und Direktstromkessel beobachten. Fernwärme kommt insbesondere in urbanen Strukturen zum Einsatz. In dem betrachteten Versorgungsgebiet wird dies noch durch eine bereits vorhandene Wärmenetzinfrastruktur begünstigt.

Die Anwendung der Methode auf mehrere Gebiete zeigt, dass die lokalen Gegebenheiten wie Struktur des Gebäudebestandes, Anteil der Prozesswärmennachfrage und den lokalen Potenzialen für erneuerbare Wärmequellen abhängen. Wasserstoff kann nur dann eine Rolle in der dezentralen Raumwärme spielen, wenn die Endnutzerpreise niedrig und die Verfügbarkeit hoch ist, ansonsten bleibt er der Anwendung in der Industrie und der Fernwärme vorbehalten.

Literatur

- [1] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, *Studie: »Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem«*. [Online]. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/wege-zu-einem-klimaneutralen-energiesystem.html> (accessed: Oct. 26 2022).
- [2] Fraunhofer ISI, consentec, ifeau, TU Berlin, E&R, *BMWK Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland: Treibhausneutrale Szenarien T45*. [Online]. Available: <https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/dokumente/> (accessed: Nov. 22 2022).
- [3] Deutsche Energie-Agentur GmbH, *dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität*. [Online]. Available: <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/dena-leitstudie-aufbruch-klimaneutralitaet/> (accessed: Oct. 20 2022).
- [4] Expertenrat für Klimafragen, *Expertenrat für Klimafragen - Startseite*. [Online]. Available: <https://expertenrat-klima.de/> (accessed: Nov. 22 2022).
- [5] J. Thomsen, "Enhancing operation of decentralized energy systems by a regional economic optimization model DISTRICT," (in En;en), *Energy Syst*, vol. 9, no. 3, pp. 669–707, 2018, doi: 10.1007/s12667-017-0261-9.