

# ANALYSE DER WÄRME- UND ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNG DES DEUTSCHEN WOHNGBÄUDESEKTORS IN EINEM OPTIMIERENDEN ENERGIESYSTEMMODELL

Erik MERKEL<sup>\*1</sup>, Daniel FEHRENBACH<sup>2</sup>, Russell MCKENNA<sup>1</sup>, Wolf FICHTNER<sup>1</sup>

## Inhalt

Zum Zweck der Absenkung des Treibhausgasausstoßes sowie der Importabhängigkeit hat sich die deutsche Bundesregierung ehrgeizige Ziele zum Umbau der Energieversorgung gesteckt. Diese beinhalten den Ausbau erneuerbarer Energieträger sowie der Kraft-Wärme-Kopplung und die Steigerung der Energieeffizienz (BMWi 2010a). Aufgrund seines hohen Anteils von ca. 29% am gesamten Endenergiebedarf der Bundesrepublik kommt dabei dem Wohngebäudesektor und dort insbesondere der Bereitstellung von Raumwärme und Trinkwarmwasser mit einem Anteil von ca. 80% an der sektorspezifischen Endenergienachfrage eine entscheidende Rolle zu (BMWi 2010b).

Bei der Erreichung der Ziele werden die Verschärfung von Wohngebäudeneubaustandards sowie die Sanierung von Bestandsgebäuden diskutiert. Daneben liegen Potenziale im Einsatz von erneuerbaren Energieträgern wie Biomasseheizungen oder Solarthermie. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Anteils regenerativer Energien an der Elektrizitätsversorgung und dem einhergehenden stark variierenden Angebot insbesondere von Wind- und Sonnenenergie werden auch wirtschaftliche Potenziale für Techniken wie Wärmepumpen sowie objektbasierter Kraft-Wärme-Kopplung zum Lastmanagement der fluktuierenden Elektrizitätsbereitstellung vermutet.

Zur Analyse des beschriebenen angestrebten Umbaus und der Bewertung der genannten Optionen zur Zielerreichung wird bei der in diesem Beitrag vorgestellten Arbeit ein optimierendes Energiesystemmodell in der TIMES-Modellumgebung eingesetzt.

## Methodik

Das entwickelte Modell ermöglicht durch die integrierte Betrachtung von Elektrizitäts- und Wärmesystem, das wirtschaftliche Potenzial von Techniken an der Schnittstelle beider Systeme, insbesondere dezentrale Kraft-Wärme-Kopplungs-Techniken und Wärmepumpen in Wohngebäuden, im Systemzusammenhang über einen Planungshorizont bis 2050 zu untersuchen (McKenna et al. 2011, Kunze et al. 2011). Die im Modell umgesetzte Kopplung des Wärmesystems des Wohngebäudesektors und des über alle Sektoren aggregierten Elektrizitätssystems zu einem integrierten Systemmodell stellt dabei eine entscheidende methodische Weiterentwicklung zu bestehenden reinen Elektrizitäts- oder Wärmesystemmodellen dar.

Im Gegensatz zum Elektrizitätssystem, in dem für viele Fragestellungen auf Grund umfassender Netzinfrastrukturen mit vorwiegend zentraler Erzeugung eine räumlich hoch aggregierte Betrachtung der Nachfrage vorgenommen werden kann, erfordern die im Wärmesystem überwiegend objektbasierten Versorgungsstrukturen eine Anlagenauslegung für das jeweils zu versorgende Objekt. Zur Modellierung von Wärmebedarf und Technologieauswahl erfolgt daher eine Typisierung des Wohngebäudebestands in Nachfrageklassen. Entsprechend werden die zur Verfügung stehenden Wärmeversorgungsanlagen nach Art der Technik und nach Leistungsbereich typisiert. In einer Zuordnung wird festgelegt, welche dieser Technologieoptionen welchen Nachfrageklassen zur Verfügung stehen (Kunze et al. 2011). Aus diesen möglichen Versorgungsoptionen wird dann in einer integrierten Optimierung des Wärme- und Elektrizitätssystems die aus Systemperspektive ausgabenminimale Versorgungskonfiguration ausgewählt. Die Entscheidungsvariablen sind dabei die

---

<sup>1</sup> Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion, Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Westhochschule Gebäude 06.33, Hertzstr. 16, D-76187 Karlsruhe, T +49 721 608 44639, F +49 721 608 44682, Erik.Merkel@kit.edu, <http://www.iip.kit.edu>

<sup>2</sup> Europäisches Institut für Energieforschung, Emmy-Noether-Straße 11, D-76131 Karlsruhe, T +49 721 6105 1350, F +49 721 6105 1332, fehrenbach@eifer.org, <http://www.eifer.org>

Investition in Energiewandlungstechniken und deren Einsatzplanung auf Seiten beider Teilsysteme. Neben den Wärmeversorgungsanlagen sind als wählbare Optionen auch energieeffizienzsteigernde Sanierungsmaßnahmen am Wohngebäudebestand sowie thermische Speicher implementiert (vgl. Abbildung 1). Die Energiewandlungstechniken sind mit technisch-wirtschaftlich Parametern wie einer Altersstruktur des Bestands oder Ausgaben für Investition und Betrieb versehen. Weiterhin kommt Lastgängen von Raumwärme und Trinkwarmwasser in den Wohngebäuden sowie Bereitstellungsprofilen von Sonnen- und Windenergie eine wichtige Rolle zu, weswegen eine hohe zeitliche Auflösung im Modell umgesetzt ist.

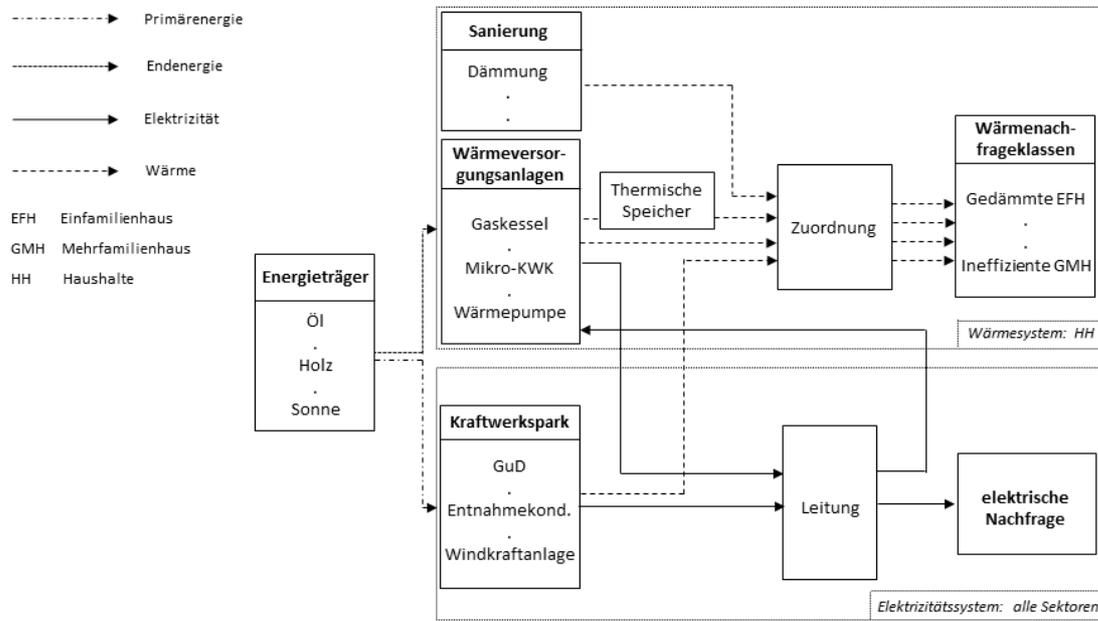


Abbildung 1: Modellaufbau

## Ergebnisse

Erste Ergebnisse eines Referenz-Szenarios zeigen eine Steigerung der kumulierten Kapazität von Wärmepumpen in Deutschland auf ca. 54,5 GW<sub>th</sub> im Jahr 2050 auf. Weiterhin lässt sich ein Zubau von Blockheizkraftwerken im Umfang von ca. 11,5 GW<sub>th</sub> ableiten, welches überwiegend in der Nachfrageklasse der großen Mehrfamilienhäuser realisiert wird. Anhand der Ergebnisse der Optimierläufe verschiedener Szenarien werden darüber hinaus die Kosten der Sektor übergreifenden Elektrizitäts- und der Wärmeversorgung des Wohngebäudesektors für die gesamte deutsche Volkswirtschaft ersichtlich. Zusätzlich kann die Treibhausgasemission bilanziert und deren Entwicklung skizziert werden sowie durch die explizite Vorgabe von Emissionsgrenzwerten ein kostenminimales Energieversorgungssystem unter Einhaltung von Emissionszielen bestimmt werden.

## Literaturverzeichnis

- BMWi (2010a): Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (HRSG.): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung; BMWi, Berlin.
- BMWi (2010b): Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Zahlen und Fakten Energiedaten - Nationale und International Entwicklung; BMWi, Berlin.
- Kunze, R.; McKenna, R. et al. (2011): Wärmebedarf in Gebäuden – Methodische Ansätze zur modellgestützten Analyse von Energiesystemen. In: Energieeffizienz – Tagungsband des VDI-Expertenforums „Energieeffizienz in den Städten und der Industrie von morgen“. S. 13-32. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.
- McKenna, R.; Fehrenbach, D.; Merkel, E.; Fichtner, W. (2011): Modelling of the German domestic heat sector in TIMES, Beitrag auf der 34. IAEE-Konferenz, Stockholm.