

MODELLIERUNG DES WÄRMESSEKTORS UND DESSEN FLEXIBILITÄT FÜR SIMULATIONEN GEKOPPELTER ENERGIESYSTEME

Natalia LUNA-JASPE^{*1}, Sebastian KOLB², Jürgen KARL³, Kevin-Martin AIGNER⁴

Motivation

Der Wärmesektor ist einer der größten Energieverbraucher Deutschlands und noch stark von fossilen Energieträgern abhängig [1]. Daraus ergibt sich großes Potential zur Emissionsreduktion zur Erreichung der Klimaziele durch die Defossilisierung des Wärmesektors durch Sektorenkopplung und erneuerbare Gase. Der Wärmesektor und dessen Transformation stellen große Herausforderungen auf der Mittel- und Niederspannungsebene dar. Ebenso bietet er großes Potential zur Flexibilisierung des Energiesystems, beispielsweise durch den Einsatz von Wärmespeichern oder die energetische Sanierung von Gebäuden und die Nutzung der thermischen Gebäudemasse als Energiespeicher. Um diese Potentiale zu analysieren und zu bewerten, unter welchen Bedingungen diese genutzt werden können, stellen Simulationsmodelle die Möglichkeit dar, verschiedene Szenarien der Entwicklung des Energiesystems hinsichtlich Emissionen, Kosten, notwendiger Infrastrukturentwicklung, etc. zu vergleichen.

Im Forschungsprojekt ESM-Regio wird dafür ein Energiesystemmodell für die simulationsgestützte Optimierung des Betriebs und die übergreifende Analyse regionaler, gekoppelter Energiesysteme entwickelt. Die Simulation basiert auf detaillierten Sektorenmodellen, die über einen gemischt-ganzzahligen linearen Optimierer gekoppelt sind. So wird der Betrieb des Systems unter Berücksichtigung der Flexibilitäten aller Sektoren räumlich und zeitlich hochaufgelöst simuliert und optimiert.

Modellierungsansatz

Unterschiedliche Entwicklungspfade des Wärmesektors (Technologiemix) sowie Flexibilitätsoptionen werden analysiert. Hierbei wird das Potential zur Entlastung bzw. zum netzdienlichen Betrieb der zukünftigen Stromnetze analysiert. Im agentenbasierten Modell des Wärmesektors werden unterschiedliche Wärmeverbraucher (Wohngebäude, Gewerbe und Industrie) modelliert und in Abhängigkeit von Szenarien mit unterschiedlichen Technologie- und Anlagemodellen kombiniert, um Gas- bzw. Stromnachfragen zu simulieren. Um die Überlastung des Netzes zu vermeiden, wird der Betrieb des gesamten Energiesystems optimiert. Dafür werden Flexibilitätsoptionen aller Sektoren berücksichtigt. Die Flexibilisierung der Wohngebäude wird sowohl durch die Annahme des Ausbaus thermischer Speicher als auch durch die Nutzung der thermischen Gebäudemasse modelliert. Die Flexibilisierung durch die thermische Gebäudemasse wird über eine Energiebilanz der Gebäude modelliert. Diese berücksichtigt die Wärmeverluste des Hauses in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur sowie die Speicherung von Wärme im Haus. Mit definierten Temperaturgrenzen für einen zulässigen Temperaturbereich wird mithilfe dieser Energiebilanz ein mögliches Flexibilitätsband des Hauses definiert. Wärmenachfragen aus Wohngebäuden sind auf Basis der erweiterten Gebäudezensusdaten modelliert. Der Gebäudebestand ist in 20 definierte Gebäudetypen kategorisiert, um die Abhängigkeit der Wärmenachfragen von Gebäuden von Typ, Größe und Baujahr möglichst realitätsnah zu beschreiben. Die räumliche bzw. netzbezogene Zuordnung der Energieträgernachfragen erfolgt durch die Kombination der Gebäudezensusdaten

1 Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f 90429 Nürnberg, +49 (0)911 5302 99383, +49 (0)911 5302 99030, natalia.luna-jaspe@fau.de, <https://www.evt.tf.fau.de>

2 Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f 90429 Nürnberg, +49 (0)911 5302 99028, +49 (0)911 5302 99030, sebastian.kolb@fau.de, <https://www.evt.tf.fau.de>

3 Lehrstuhl für Energieverfahrenstechnik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fürther Str. 244f 90429 Nürnberg, +49 (0)911 5302 99021, +49 (0)911 5302 99030, juergen.karl@fau.de, <https://www.evt.tf.fau.de>

4 Department of Data Science, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Cauerstr. 11 91058 Erlangen, +49 (0)9131 85-67185, kevin-martin.aigner@fau.de, <https://www.data-science.nat.fau.eu/research/groups/ouda/members/kevin-martin-aigner/>

mit Netzanschlussdaten des Energieversorgers. Abbildung 1 zeigt die schematische Darstellung des Modells der Wohngebäude. Die Wärmenachfrage aus Gewerbe und Industrie ist anhand realer Gasverbrauchsdaten und branchenspezifischen generischen Profilen für die Wärmenachfrage aus dem EU Projekt Hotmaps [2] modelliert.

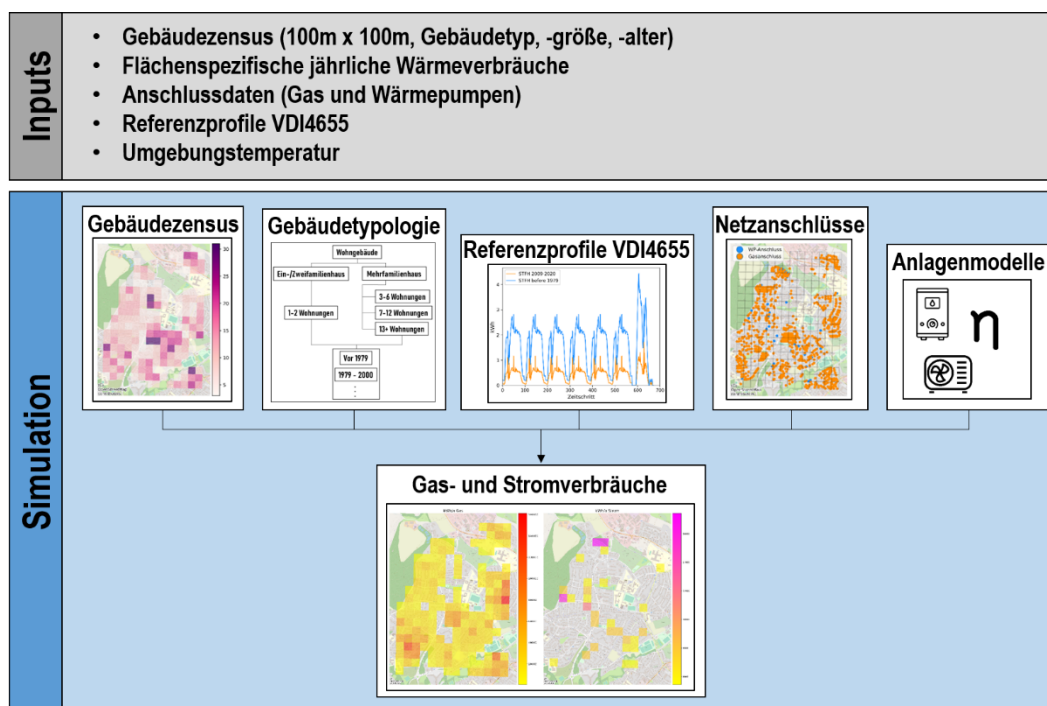


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Modellierung des Wohngebäudesektors

Ergebnisse

Dieser Beitrag beschreibt den Ansatz der Modellentwicklung des Wärmesektors im Referenzszenario sowie der Flexibilitäten der Wohngebäude in zukünftigen Szenarien. Hierfür werden auch erste Ergebnisse der Optimierung des Wohngebäudesektors präsentiert.

Die Validierungsergebnisse mit realen Daten zeigen, dass die Gas- und Stromverbräuche der Region im Jahr 2019 gut simuliert werden. Beim Gasverbrauch zeigt sich eine Abweichung von 1.72%. Beim Stromverbrauch von Wärmepumpen ergibt sich eine Abweichung von 14.42%. Die Validierung der simulierten Wärmenachfragen wird anhand von Literaturdaten mit den vom Hotmaps Project [3] für die Region berechneten Wärmenachfragen durchgeführt und ergibt eine Abweichung von 4.25%. Die Validierung des Gasverbrauchs aus Gewerbe und Industrie ergibt eine Unterschätzung durch die Simulation von 10.23%.

Der zeitliche Verlauf der modellierten Wärme- und Energieträgernachfragen wird anhand des gemessenen Gesamtverbrauchs an Gas validiert. Die Validierungsergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen der simulierten und gemessenen Zeitreihe mit einer Abweichung im Mittelwert (gemessen 94.91 MWh) von 2.5% sowie Abweichungen von 5.82 MWh im Minimum und 16.82 MWh im Maximum. Der Root-Mean-Square-Error beträgt 0.70 MWh.

Referenzen

- [1] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.v., "Statusreport: Wärme," 2023.
- [2] Hotmaps Project, "Hotmaps load_profile." [Online]. Available: https://gitlab.com/hotmaps/load_profile.
- [3] Hotmaps Project, "Hotmaps Toolbox." <https://www.hotmaps.eu/map>.