

Modellierung der Energieinfrastruktur im Hinblick auf erhöhten Kühlbedarf durch den Klimawandel

7. Energiesystemmodellierung

Jakob BUCHMEIER, Claudia BENESCH, Stefan WILKER, Thilo SAUTER

TU Wien, Institut für Computertechnik

Motivation und zentrale Fragestellung

Steigende Temperaturen und häufigere Hitzeperioden infolge des Klimawandels [1] erhöhen den Kühlbedarf [2]. Gleichzeitig belastet die Elektrifizierung vieler Sektoren - Verkehr (E-Mobilität), Gebäude (Wärmepumpen) und Industrie [3] - die Energieinfrastruktur zusätzlich. Erneuerbare Energien sind essenziell im Kampf gegen den Klimawandel, doch ihre wetterabhängige Erzeugung stellt die Stromnetzinfrastruktur vor stetig neue Herausforderungen: höhere und schwankende Betriebsmittelauslastung, potenzielle Spannungsbandverletzungen und Netzfrequenzabweichungen. Besonders belastet werden Niederspannungsverteilstellen, die bisher kaum durch Messinfrastruktur überwacht werden. Im Rahmen des von der FFG geförderten Projekts INFRADAPT [4] werden daher Simulationen verschiedener Ausbauszenarien und Klimaszenarien erstellt. Ziel der TU Wien im Projekt ist es, einen Datensatz mit Klimadaten, Netzdaten und Kühllast-Szenarien zu entwickeln, um damit Engpässe mittels Simulation zu identifizieren. In der Literatur konnten wenige Daten gefunden werden, die die Klimaszenarien für die Validierung auf vergleichbaren und repräsentativen Niederspannungsnetzen heranziehen.

Methodische Vorgangsweise

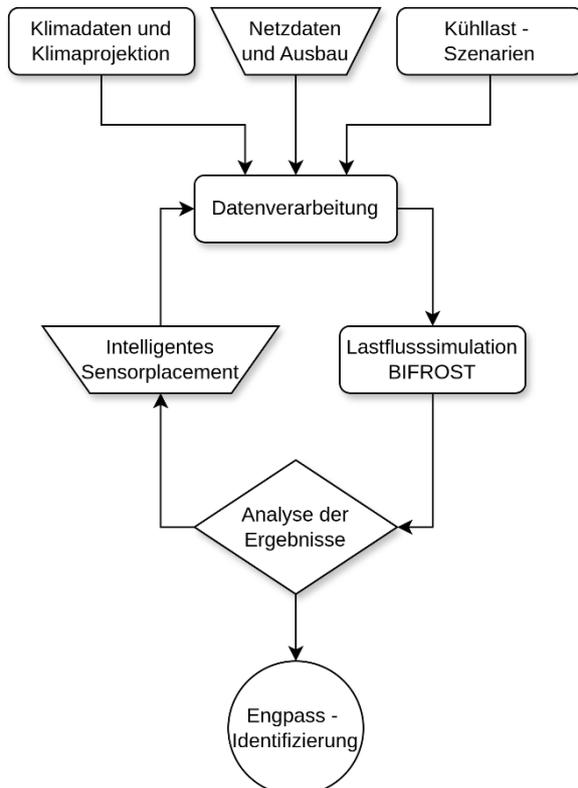


Abbildung 1: Flussdiagramm der Methodik, abgerundete Rechtecke: TU Wien, Trapez: AIT, Rest: alle Projektpartner

Um eine aussagekräftige Simulation zu ermöglichen, werden mehrere Datenquellen in einem Datensatz integriert, darunter Klimadaten, Netzdaten und Kühllast (siehe Abbildung 1). Die Klimadaten stammen aus dem Datensatz SECURES-Met [5], der spezifisch für Österreich aufbereitet ist. Er enthält Strahlungs- und Temperaturdaten großer Klimamodelle der Reihe CMIP5 EUROCORDEX, disaggregiert auf stündliche Auflösung mithilfe historischer Daten. Diese besitzen eine räumliche Auflösung auf NUTS3-Ebene (Provinzen) für den Zeitraum 1951–2100 und berücksichtigen die Klimaszenarien RCP 4.5 (+2,3 °C 2100) und RCP 8.5 (+4,0 °C 2100) [1]. Die Netzdaten enthalten Topologie sowie Anschlussleistungswerte. Die Stromnetz-Topologie wird auf Basis von OpenStreetMap-Daten und öffentlich zugänglichen Netzanschlussdaten generiert, bereitgestellt durch den Projektpartner AIT (Austrian Institute of Technology). Die Kühllastdaten basieren auf aktuellen Umfragen der Statistik Austria sowie den Ergebnissen der ZEN-Studie [2]. Mit allen Daten werden unterschiedliche Szenarien entwickelt und in einem Szenarien-kompatiblen Datensatz zusammengeführt. Dieser wird mit dem Simulationstool BIFROST [6] simuliert. BIFROST nutzt „pandapower“ [7] zur Lastflussberechnung und bietet ein gutes Interface zur Darstellung der Infrastruktur.

Für die Kühlbedarfssimulation werden Haushalte mit Klimaanlage-Modellen simuliert, welche auf Basis der Normen VDI 2067 [8], VDI 4655 [9], ÖNORM M 7500 [10] und ÖNORM B 8135 [11] entwickelt worden sind. Die Simulationsergebnisse werden statistisch ausgewertet, um zu prüfen, ob das Spannungsband eingehalten wird und wie stark die elektrischen Leitungen ausgelastet sind. Diese Auswertung dient als Grundlage für ein intelligentes Sensorplacement, das mit minimalem Aufwand eine maximale Netzabdeckung gewährleistet. In Folge sollen mögliche Engstellen identifiziert werden und weiters analysiert werden, ob diese mit dem Sensorplacement erkannt werden können.

Vorläufige Ergebnisse und Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse zeigen eine Auswertung der Simulation mit einem Beispielnetz von Simbench [12]. Simbench ist ein gängiger Benchmark-Datensatz für Netzsimulationen und wurde aus diesem Grund gewählt. Er enthält verschiedene Stromnetze, basierend auf dem deutschen Stromnetz, klassifiziert von ländlich bis städtisch und von Niederspannung bis Hochspannung. Zusätzlich ist ein Ausbauszenario für das Jahr 2034 enthalten. Simuliert wird ein ländliches Niederspannungsnetz im Ausbauszenario 2034 mit erhöhtem Kühlbedarf. Um den erhöhten Kühlbedarf zu modellieren wurden 7 von 13 Haushalten mit Klimaanlage ausgestattet. Zusätzlich beinhaltet der Datensatz einen hohen Grad an Photovoltaik (PV)-Ausbau (13 von 13 Haushalten). In Abbildung 2 ist das Ergebnis dieser Simulation, die Leistung und Spannung des Netztransformators in Abhängigkeit der Einstrahlungsstärke und Temperatur, zu sehen. Die höchste Auswirkung ist bei hoher Sonneneinstrahlung zu sehen, bedingt durch den hohen PV-Ausbau. In weiteren Simulationen wird eine statistische Auswertung angepeilt, mit welcher alle Niederspannungsverbindungen im Stromnetz überwacht und auf Spannung und Leitungsauslastung überprüft werden. Für die nächste Simulation sind vier Szenarien geplant. Diese beinhalten 2 Ausbaustufen des Stromnetzes (2020 – Ist-Zustand; 2040 – Ausbau-Szenario) mit unterschiedlicher Kühllast sowie die jeweiligen Klimadaten für die Jahre 2020 und 2040. Die Klimadaten werden hierfür ± 5 Jahre gemittelt, um statistische Ausreißer zu minimieren. Hinsichtlich der Projektergebnisse ist geplant, den generierten Datensatz für zukünftige Nutzung zur Verfügung zu stellen (z.B. Untersuchung von Niederspannungsnetzen; Vergleichsdatensatz wie Simbench).

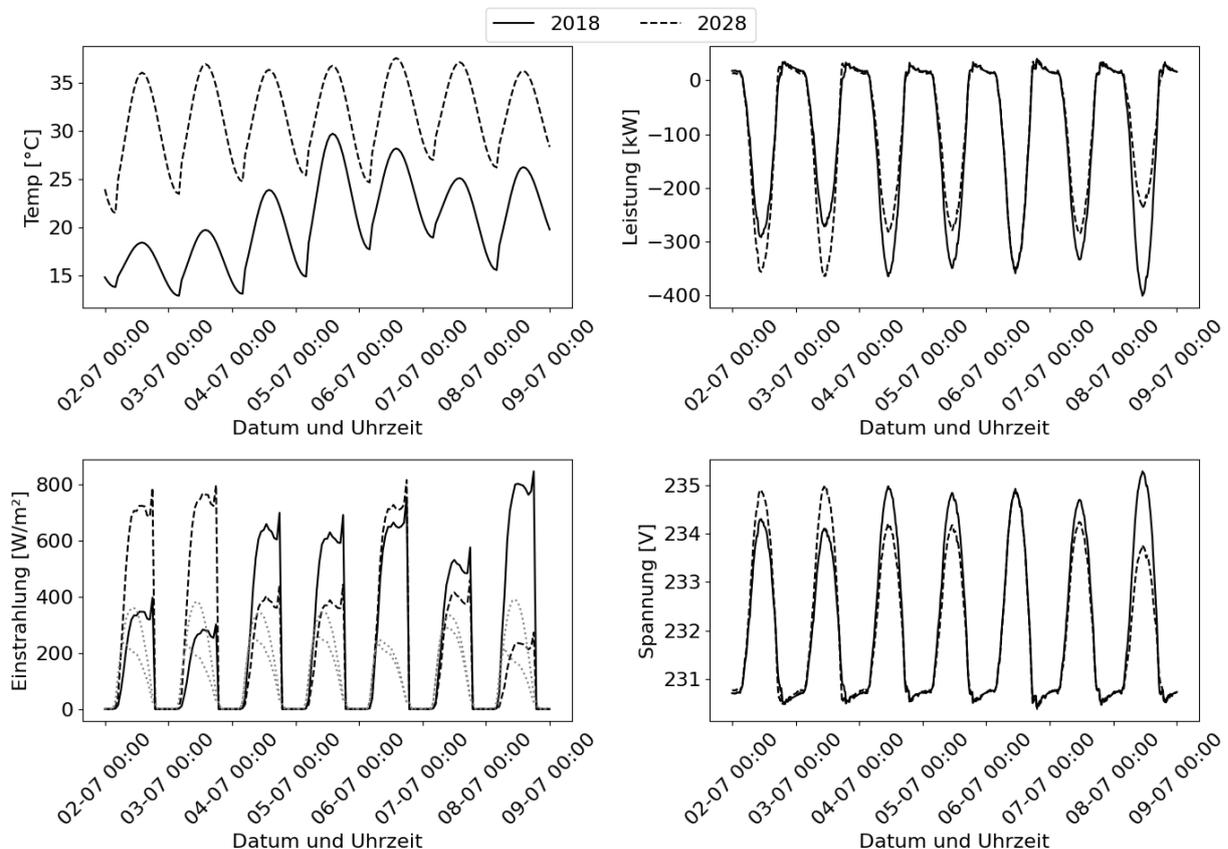


Abbildung 2: Erste Simulationsergebnisse; die Einstrahlung besteht aus direkter Einstrahlung (Schwarz) und indirekter Einstrahlung (Grau)

Danksagung

Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Energieforschungsprogramms 2022 durchgeführt.

Literatur

- [1] „Österreichische Klimaszenarien – ÖKS 15 – klimaszenerien.at“. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://klimaszenerien.at/oeks-15/>
- [2] „ZEN Zukünftige Entwicklung der Raumkühlung durch Klimawandel bis 2050“, Energieforschung. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://energieforschung.at/projekt/zukuenftige-entwicklung-der-raumkuehlung-durch-klimawandel-bis-2050/>
- [3] „Bundesministerium für Arbeit und Wirtschaft: Energiewende Studie Österreich“. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bmaw.gv.at/dam/jcr:dec84832-ac4d-4af9-a557-51b72abe3e9f/Studie_Energiewendereport_%C3%96sterreich.pdf
- [4] „Infradapt | Project Infradapt“. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://project-infradapt.eu/>
- [5] H. Formayer *u. a.*, „SECURES-Met - A European wide meteorological data set suitable for electricity modelling (supply and demand) for historical climate and climate change projections“. Zenodo, 15. Mai 2023. doi: 10.5281/zenodo.7907883.
- [6] D. Hauer *u. a.*, „BIFROST - A narrative simulation tool for Smart Energy scenarios - Tutorial and hands-on“.
- [7] L. Thurner *u. a.*, „pandapower - an Open Source Python Tool for Convenient Modeling, Analysis and Optimization of Electric Power Systems“, 18. April 2018, *arXiv*: arXiv:1709.06743. doi: 10.48550/arXiv.1709.06743.
- [8] „Richtlinienreihe VDI 2067 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen“, *Bauphysik*, Bd. 25, Nr. 6, S. 408–409, 2003, doi: 10.1002/bapi.200301760.
- [9] Energie- und Umwelttechnik, *VDI 4655 - Referenzlastprofile von Wohngebäuden für Strom, Heizung und Trinkwarmwasser sowie Referenzerzeugungsprofile für Fotovoltaikanlagen*, Juli 2021. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-4655-referenzlastprofile-von-wohngebaeuden-strom-heizung-und-trinkwarmwasser-sowie-referenzerzeugungsprofile-fuer-fotovoltaikanlagen>
- [10] A. Standards, *ÖNORM H 7500-1:2015 02 15*. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.austrian-standards.at/de/shop/onorm-h-7500-1-2015-02-15~p2116327>
- [11] A. Standards, *ÖNORM B 8135*. Zugegriffen: 21. November 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.austrian-standards.at/de/shop/onorm-b-8135-1983-02-01~p1191951>
- [12] S. Meinecke *u. a.*, „SimBench—A Benchmark Dataset of Electric Power Systems to Compare Innovative Solutions Based on Power Flow Analysis“, *Energies*, Bd. 13, Nr. 12, S. 3290, Juni 2020, doi: 10.3390/en13123290.