

Ingenieurwissenschaftliche Modellierung branchen- und technologiespezifischer Lastprofile des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Themenbereich Open-Source Modellierung – Voraussetzung für die Abschätzung der Flexibilität im Stromsystem

Till Böckmann⁽¹⁾, Stephan Seim⁽¹⁾, Paul Verwiebe⁽¹⁾, Joachim Müller-Kirchenbauer⁽¹⁾

⁽¹⁾ Fachgebiet Energie- und Ressourcenmanagement, Technische Universität Berlin

Motivation und zentrale Fragestellung

Die zeitlich und regional hochauflöste Abbildung der Stromnachfrage ist eine wichtige Grundvoraussetzung für systemanalytische Untersuchungen zur Transformation des Energiesystems [1]. Insbesondere zur Untersuchung von Flexibilisierungspotenzialen sowie den Auswirkungen von Effizienzsteigerungen und Technologiebrüchen auf die Gesamtlast werden technologiespezifische Stromlastgänge benötigt [2], [3]. Für den deutschen Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) fehlen diese Modellansätze bislang. In diesem Artikel wird eine Rahmenordnung der Bottom-up-Modellierung elektrischer Lasten des Sektors GHD entwickelt und an fünf der sechs nach Stromverbrauch größten Branchen (Büroähnliche Betriebe, Handel, Beherbergung, Krankenhäuser, Schulen) für das Jahr 2018 erprobt.

Methodische Vorgangsweise

Die technologiespezifischen Lastprofile werden nach einem ingenieurwissenschaftlichen Bottom-up-Ansatz für das Jahr 2018 in viertelstündlicher Auflösung generiert. Das komplette Modell wird als Python-Code vollständig veröffentlicht.

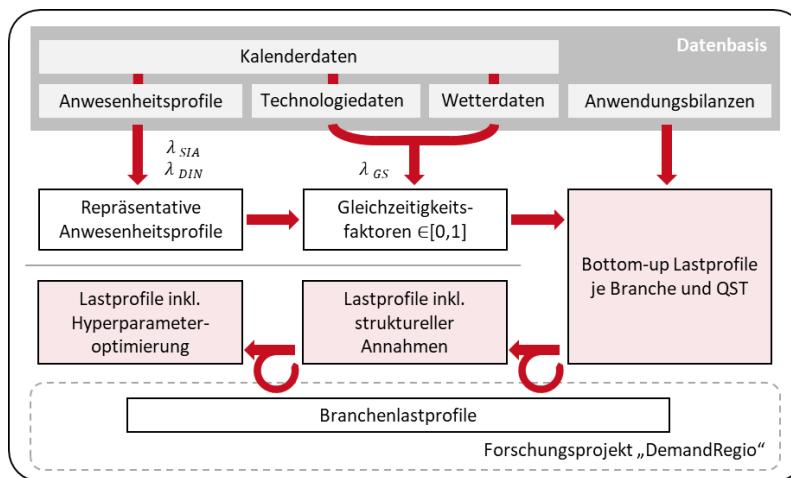


Abbildung 1: Verfahren der Modellierung branchen- und technologiespezifischer Lastprofile

Abbildung 1 stellt das Verfahren dar. Zunächst werden die Normen [4], [5] und [6] mithilfe der Kalenderdaten nach von Hyperparametern λ_{SIA} und λ_{DIN} festgelegten Anteilen zu repräsentativen Anwesenheitsprofilen je Branche und Tag vereinigt (vgl. Abbildung 3). Anschließend werden anhand von Kalenderdaten, Technologiedaten (charakteristische Lastprofile und literaturbasierte Verbrauchsannahmen), Wetterdaten und repräsentativen Anwesenheitsprofilen Gleichzeitigkeitsfaktoren je Zeitscheibe für das komplette Jahr 2018 je Querschnittstechnologie und Branche erstellt. Der Hyperparameter λ_{GS} beschreibt dabei den Einfluss der Globalstrahlung auf die Beleuchtung. Die neuartige Einführung von Hyperparametern in der Bottom-up-Modellierung trägt der Datenknappheit einerseits und der Unsicherheit in der Gewichtung verschiedener Quellen andererseits Rechnung. Mithilfe des Jahresverbrauchs einer jeden Querschnittstechnologie je Branche aus den Anwendungsbilanzen können anschließend die Gleichzeitigkeitsfaktoren zu Bottom-up-Lastprofilen skaliert werden. Die modellierten Bottom-up-Lastprofile werden mit den Branchenlastprofilen des

¹ Jungautor, Sperlingsgasse 1, 10178 Berlin, +4915788953451, till.boeckmann@outlook.de

Forschungsprojekts DemandRegio nach [7] und [8] iterativ verglichen. Hier werden anhand von Fehlermaßen strukturelle Abweichungen identifiziert und mit Annahmen ausgeglichen, welche die funktionale Plausibilität nicht verletzen. Im letzten Schritt werden die Hyperparameter mittels Rastersuche optimiert. Die so entstandenen angepassten Lastprofile je Querschnittstechnologie und Branche sind das Endergebnis der Modellierung.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In diesem Artikel werden angepasste und validierte Lastprofile der Querschnittstechnologien sowie deterministische Anwesenheitsprofile der Branchen des Sektors GHD entwickelt. Die Ergebnisse liegen je Modellierungsschritt vor und werden vergleichend gegenübergestellt. Nach dem letzten Optimierungsschritt weisen die resultierenden Lastprofile einen mittleren absoluten prozentualen Fehler von 12,5 % von den Branchenlastprofilen auf und bilden die wesentlichen Lastcharakteristika ab. Abbildung 2 stellt die Lastprofile ausschnittsweise dar. Abbildung 3 zeigt die Anwesenheitsprofile.

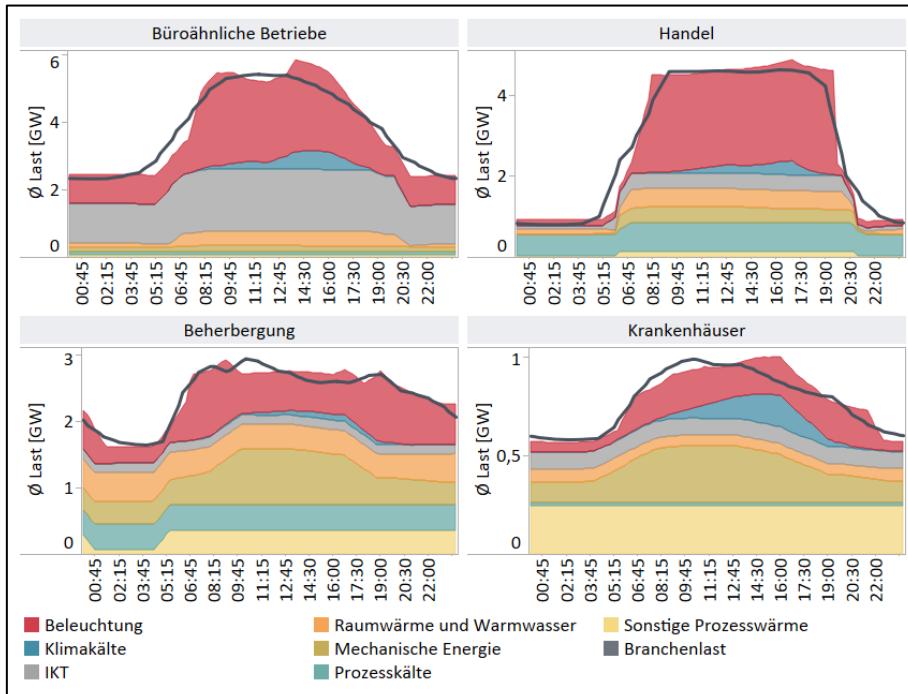


Abbildung 2: Endergebnis der Lastprofile nach einer Hyperparameteroptimierung je Branche und Querschnittstechnologie im Vergleich mit den Branchenlastprofilen des Jahres 2018

Trotz der Anpassungen weisen die entwickelten Profile Abweichungen von den Branchenlastprofilen auf, die in Abbildung 4 dargestellt sind. Diese Abweichungen werden qualitativ mit der Literatur verglichen und eingeordnet. Differenzen der entwickelten Lastprofile von den Branchenlastprofilen sind insbesondere zu Zeiten starker Anwesenheitsänderungen in büroähnlichen Betrieben, der Grundlast des Handels und saisonal schwankenden Lasten der Schulen und Beherbergung zu beobachten.

In zukünftiger Anwendung erlauben die branchen- und technologiespezifischen Lastprofile eine Abbildung von Strukturveränderungen wie Technologiewechseln (z.B. der Wechsel von Nachtspeicherheizungen zu Wärmepumpen) oder veränderten Verbrauchsmustern (z.B. infolge der Corona-Pandemie). Das Modell bietet für Unternehmen des Sektors GHD, die Wissenschaft, die Politik, Netzbetreiber und weitere Akteure Approximationen zu Fragen der Lastcharakteristika, Stromnetzplanung und Reservekapazitäten.

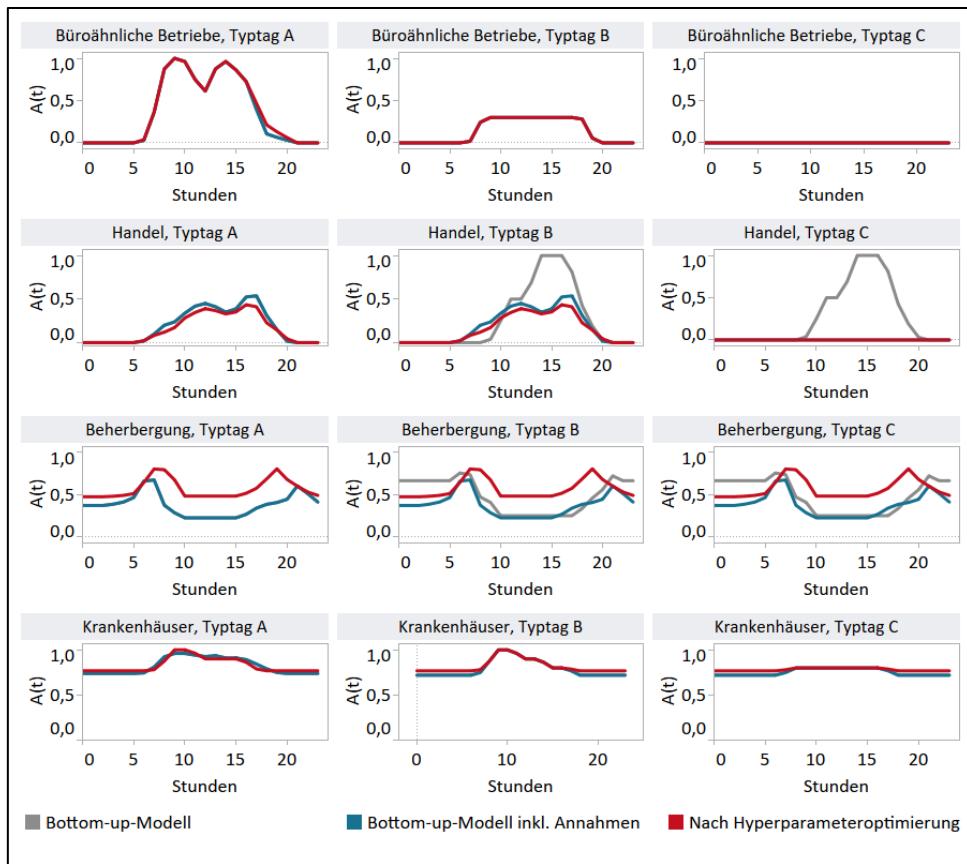


Abbildung 3: Die Anwesenheit $A(t)$ der modellierten Branchen und Typtage im Verlauf der Modellentwicklung

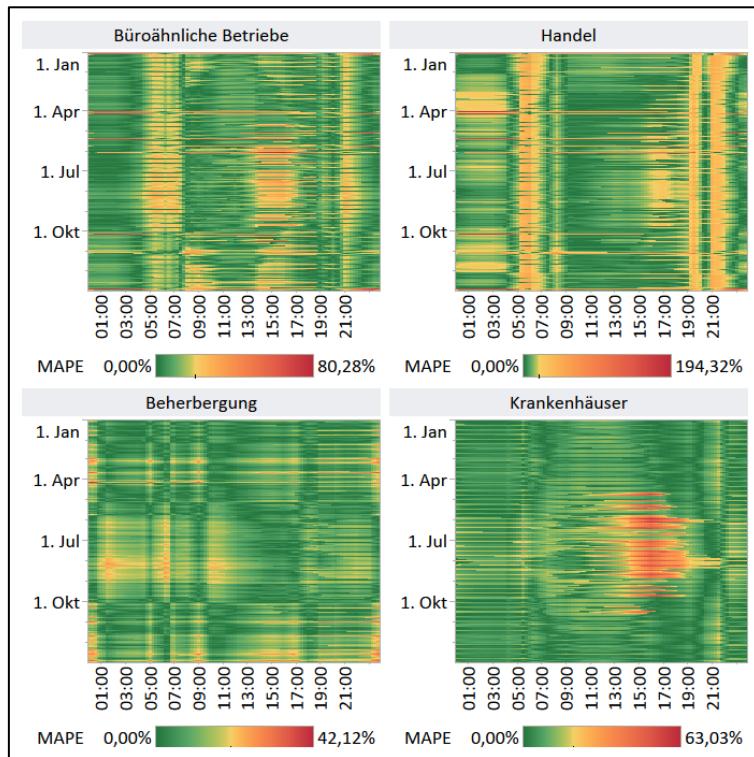


Abbildung 4: Heatmap-Darstellung des viertelstündlichen MAPE zwischen den Branchenlastprofilen und den Endergebnissen der Lastprofilmodellierung dieses Artikels

Literatur

- [1] Dickert, J. (2015). „Synthese von Zeitreihen elektrischer Lasten basierend auf technischen und sozialen Kennzahlen“. Dissertation. Technische Universität Dresden. URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:14-qucosa-204629> (besucht am 16. 11. 2020).
- [2] Jakob, M., Kallio, S. und Boßmann, T. (2014). „Generating electricity demand-side load profiles of the tertiary sector for selected European countries“. In: Proceedings of 8th International Conference Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings (IEECB'14). URL: https://www.researchgate.net/publication/280111552_Generating_electricity_demand-side_load_profiles_of_the_tertiary_sector_for_selected_European_countries (besucht am 16. 11. 2020).
- [3] Wietschel, M., Fleiter, T. und Hirzel, S. (2011). „Modellierung der Energienachfrage - der wesentliche Baustein für zukünftige Energieszenarien“. In: Energieszenarien - Konstruktion, Bewertung und Wirkung – „Anbieter“ und „Nachfrager“ im Dialog, S. 41–52. URL: <https://publikationen.bibliothek.kit.edu/1000021684> (besucht am 19. 11. 2020).
- [4] Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (2018). DIN V 18599-10:2018-09, Energetische Bewertung von Gebäuden –Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung –Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten.
- [5] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA) (2015). SIA 2024:2015 - Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik.
- [6] International Organization for Standardization (ISO) (2016). ISO 18523-1:2016(E) - Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation — Part 1: Non-residential buildings.
- [7] Gotzens, F. u. a. (2020). DemandRegio - Harmonisierung und Entwicklung von Verfahren zur regionalen und zeitlichen Auflösung von Energienachfragen. Forschungsbericht. Berlin, Jülich, München. DOI: <https://doi.org/10.34805/ffe-119-20>
- [8] Seim, S. u. a. (2021). Regression-based electricity load profiles of 32 industrial and commercial subsectors in Germany, Working Paper Energie und Ressourcen, Berlin, DOI: [10.5281/zenodo.4576493](https://doi.org/10.5281/zenodo.4576493)