

Zukünftige Stromflüsse und ihre Auswirkungen auf das Stromverteilungsnetz auf dezentraler Ebene

IEWT2023 Themengebiet: Energieerzeugung/-infrastruktur und Netze
Matthias Weinhold⁽¹⁾, Martin Neuburger⁽¹⁾, Lukasz Brodecki⁽²⁾, Christian Klinkhardt⁽³⁾,
Daniel Mayer⁽⁴⁾, Markus Blesl⁽²⁾, Nadine Kostorz⁽³⁾, Martin Kagerbauer⁽³⁾,
Christian Körner⁽⁴⁾, Ralf Wörner⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut für nachhaltige Energietechnik und Mobilität (INEM), Fachhochschule Esslingen, Kanalstraße 33, 73728 Esslingen, GER,+49-07161-6791378
matthias.weinhold@hs-esslingen.de

⁽³⁾ Institut für Verkehrswesen, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Otto-Ammann-Platz 9 76131 Karlsruhe, GER

⁽²⁾ Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Hessbrühlstraße 49a, 70565 Stuttgart, GER

⁽⁴⁾ Stuttgart Netze GmbH (SN)
Stöckachstraße 48, 70190 Stuttgart, GER

Motivation und zentrale Fragestellung

Der fundamentale Umbau der Energieversorgung von heterogenen fossilen Energieträgern hin zum alleinigen Energieträger Strom stellt für die jetzige elektrische Infrastruktur in Niederspannungsnetzen eine massive Herausforderung dar. Die mit einer Sektorenkopplung einhergehende Erhöhung der Stromlastspitzen und die teils antizyklisch erhöhte lokale Stromerzeugung, hat zur Folge, dass in Netzen zwingend stabilisierende Maßnahmen ergriffen werden müssen [1], [2]. Der Frage wie, ab wann und in welchem Ausmaß in städtischen Netzeinseln der Ausbau des Stromnetzes, sowie gegebenenfalls ordnungspolitische Regularien gestaltet werden müssen um die Gesamtheit der beschlossenen Elektrifizierung bis zum Jahr 2050 zu ermöglichen, wird in dieser Untersuchung nachgegangen. Diese Arbeit fand im Rahmen des Projekts „eNetze“ statt.

Methodische Vorgangsweise

Untersuchungsgegenstand sind exemplarische Wohnsiedlungen für welche diversifizierte Zukunftsszenarien für das Jahr 2030 und 2050 aufgrund heutiger politischer Entscheidungen zu Gebäude- und Verkehrstechnik entworfen werden. Die verschiedenen Szenarien umfassen verschiedene Realisationsgrade der angestrebten politischen Zielsetzungen [3]. Fünf untersuchte Siedlungsnetze werden mittels Clusterungsmethode möglichst heterogen aus 560 Niederspannungsnetzinseln der Stadt Stuttgart (GER) gewählt um eine breitere Allgemeinaussage treffen zu können. In den Siedlungsnetzen selbst werden für jeden Netzanschlusspunkt, welcher zum Beispiel ein Mehrfamilienhaus darstellen kann, spezifisch vier elektrische Lastgänge mit einer Auflösung von 15 Minuten über 365 Tage zu den nachfolgenden Kategorien auf Grundlage von Realdaten generiert und für die realen Stromnetzinseln anhand echter Netzmodelle simuliert:

- Haushaltsstrom (Wasch- und Spülmaschinen, IT-Komponenten, Beleuchtung etc.)
- Elektrische Heizung (Wärmepumpen verschiedenen Typs von 2-32 kW)
- Photovoltaik (Anlagengrößen von 4-20 kWp)
- Elektromobilität (Batteriegrößen von 30-125 kWh)

Die Generierung dieser Lastgänge beruht auf statistischen hochaufgelösten Zeit- und Aktivitätsdaten. Dabei werden beispielsweise über eine Markov-Ketten-Simulation Einzelverbräuche aller üblichen Haushaltsverbraucher generiert und zu einem Lastgang aggregiert. Die Verbräuche werden mittels typischer Verbrauchsdaten abschließend kalibriert. Die Verbräuche der Heizung werden ebenfalls an die Größe und das Alter der Gebäude, sowie deren Sanierungsstand, angepasst. Zu sehen ist in Abbildung 1 der erzeugte überlagerte Lastgang eines Mehrfamilienhauses. Die Stromerzeugung durch Photovoltaik wird anhand der Dacheigenschaft der einzelnen vorliegenden Gebäude berechnet.

Für die Erstellung der von Elektromobilität verursachten Lastgänge wird die mikroskopische Simulationssoftware „mobiTopp“ angewendet [4]. Hierfür werden ebenso Realdaten der Bevölkerung, der Haushalte und der tatsächlichen Wohn- und Bausituation in den gewählten Netzeinseln verwendet. Für die Erstellung der Lastgänge gehen die Daten in auf personenindividueller Ebene getroffenen Mobilitätsentscheidungen ein. Dabei berücksichtigt die Multi-Agenten-Simulation sozio-demografische Eigenschaften, das Verkehrsangebot und den Zugang zu Ladepunkten im öffentlichen, halböffentlichen und privaten Raum.

Die je Szenario erzeugten Lastgänge werden abschließend in ein Modell der Stromnetzinsel hausaltsscharf eingepflegt und anschließend in Lastflussberechnungen mittels nichtlinearen, iterativberechneten Leistungsgleichungen nach Newton-Raphson berechnet. Hierbei wird die Auswirkung der Gleichzeitigkeit aller Lastgänge auf die Netzleitungen und Niederspannungs-transformatoren betrachtet.

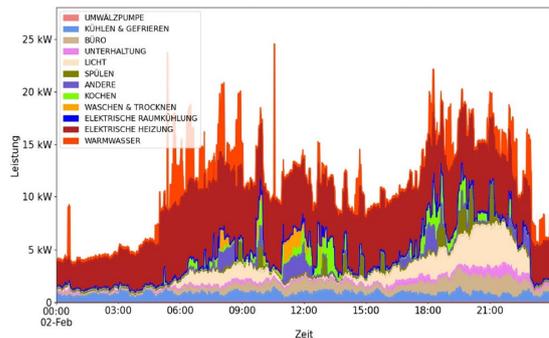


Abbildung 1: Überlagerter Lastgang MFH

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie ein auf Realdaten basiertes feingranulares Netzsimulationsmodell Planungen für gezielte Ausbaumaßnahmen in der elektrischen Infrastruktur ermöglicht und ordnungstechnische Regularien evaluiert. Insgesamt wird in den untersuchten Netzinseln im Jahr 2050 zu Spitzenzeiten im Vergleich zu 2019 mehr als eine Verdoppelung des elektrischen Energieverbrauchs festgestellt. Erkennbar ist in Abbildung 2, dass die elektrische Heizung, die circa das Dreifache der Energiemenge der Elektromobilität benötigt, den Hauptteil des Gesamtenergieverbrauchs im Jahr 2050 verursacht. Netzauslegungsrelevante Lastspitzen könnten jedoch bei beiden Technologien (siehe linke Seite Grafik) zukünftig gemindert werden. In Abbildung 3 sind exemplarisch topografisch die Stromnetzkomponenten Transformator, Leitungen und Hausanschlüsse einer analysierten Niederspannungsnetzinsel dargestellt. Die Auslastung ist an der Einfärbung erkennbar. Rot sind Komponenten, die in Überlast und orange, die im Grenzbereich betrieben werden. Drei von vier Transformatoren (Tx) und acht von 895 Leitungen werden hier überlastet. Tabelle 1 zeigt drei der acht in der Untersuchung berücksichtigten Szenarien. Das Szenario 2030 stellt einen linearen Zwischenschritt zum Szenario 2050 „Starklastfall“ dar. Ersichtlich wird, dass in städtischen Netzinseln langfristiger Handlungsbedarf beim Netzausbau bei den Transformatoren und zum Teil bei deren Zuleitungen besteht. In dieser Untersuchung wird weiter festgestellt, dass starre zeitliche Nutzungsbeschränkungen von Wärmepumpen oder Ladesäulen nicht netzdienlich wirken, sondern zu größeren Überlasten in den nicht regulierten Zeiträumen führen. Ebenfalls ist die in Deutschland noch gültige 70% Kappung der PV-Einspeiseleistung von Kleinanlagen kein wirksames Mittel um städtische Niederspannungsnetze vor Überlastungen zu Spitzen-einspeisezeiten zu schützen.

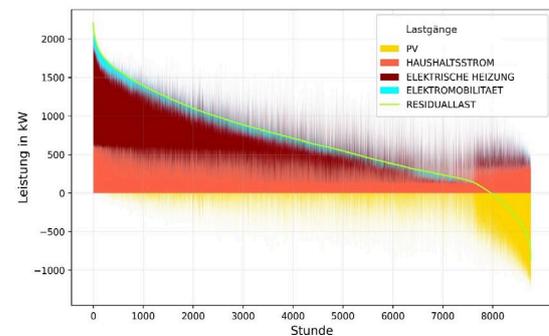


Abbildung 2: Dauerlastlinie Netzinsel

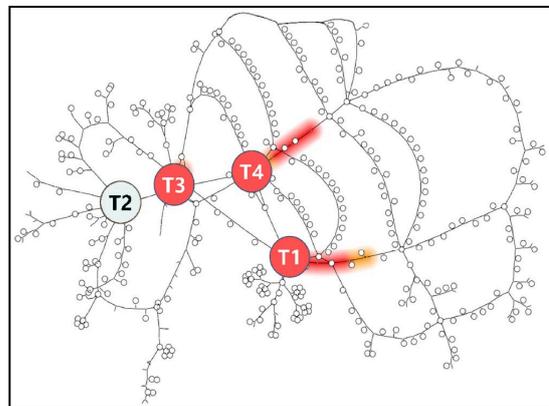


Abbildung 3: Strukturdarstellung Netzinsel

Tabelle 1: Zukunftsszenarien

Szenario	Gebäude Sanierungsquote	Anteil Elektromobile	Überlastungszeitraum	Anzahl überlasteter Leitungen	Anzahl überlasteter Transformatoren
2030 „Starklastfall“	0%	30%	-	-	-
2050 „Starklastfall“	0%	100%	~20 Uhr Winter	3%	88%
2050 „Schwachlastfall“	100%	70%	~13 Uhr Sommer	1%	13%

Literatur

- [1] Tretschok, Moser, Zdrallek et. al. Gutachten Stromverteilnetze NRW, Dortmund 2021.
- [2] Werner et. al. EUrban. Elektromobilität im urbanen Raum, Stuttgart 2019.
- [3] Europäische Kommission „Fit for 55“ Europäisches Klimagesetz, 2020.
- [4] Mallig et. al. mobiTopp - Procedia Computer Science S. 854-859, 2013.