

Szenariobasierte Analyse lokaler Energieautarkie im Niederspannungsnetz: Einfluss von Energiegemeinschaften, Batteriespeichern und Elektromobilität

Mara Cziomer^{1*}, Melina Gurcke¹, Jens Haubrock¹

Motivation

Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien (EE) wird die Energieerzeugung zunehmend dezentralisiert und verlagert sich dadurch in die unteren Netzebenen. Gleichzeitig führt die Volatilität von Wind- und Solarenergie zu neuen Herausforderungen für Versorgungssicherheit und Netzstabilität. [1] Die historisch gewachsene Netzstruktur ist primär für einen unidirektionalen Energiefluss ausgelegt, von der hohen Übertragungsnetzebene auf die Verteilnetzebene. Da die Energieerzeugung durch Photovoltaikanlagen (PV) heutzutage verstärkt in der Niederspannungsebene stattfindet, wird das Stromnetz vor neue Herausforderungen gestellt. Es steigt der Bedarf an lokaler Flexibilität und intelligenter Koordination der erzeugten Energie. [2] In Stör- oder Engpasssituationen kann es also zukünftig vorteilhaft sein, wenn Netzabschnitte (Quartiere) sich bis zu einem gewissen Grad autark versorgen können und somit resilenter sind. Energiegemeinschaften (siehe Abbildung 1) bieten hier die Möglichkeit, dass Erzeugung und Verbrauch über mehrere Haushalte hinweg effizienter gekoppelt werden können. Dies kann erreicht werden, weil die Optimierung des Verbrauchs nicht nur für einen Haushalt vorliegt, sondern breiter gestreut wird und die lokal erzeugte Energie durch koordinierte Speicher- und Laststeuerung somit besser genutzt werden kann. Außerdem bieten Energiegemeinschaften den Vorteil, dass die Kosten geteilt und somit für das Individuum reduziert werden. Dadurch können sowohl ökonomisch stärker als auch weniger stark ausgestattete Haushalte in die Projekte eingebunden werden.

Zielsetzung

Ziel des Projekts ist es, das Potenzial lokaler Energiegemeinschaften zur Steigerung des Autarkiegrads und der Resilienz in einem realen Niederspannungsquartier quantitativ zu bewerten. Dabei soll untersucht werden, in welchem Umfang gemeinschaftlich genutzte Batteriespeicher zu einer effizienteren Nutzung lokal erzeugter EE beitragen können und welche Speichergrößen für unterschiedliche Zukunftsszenarien erforderlich sind. Zudem soll analysiert werden, welchen Einfluss Elektromobilität und deren Ladeverhalten auf Autarkie und Netzauslastung haben und unter welchen Rahmenbedingungen ein Quartiersspeicher sowohl technisch als auch wirtschaftlich vorteilhaft eingesetzt werden kann.

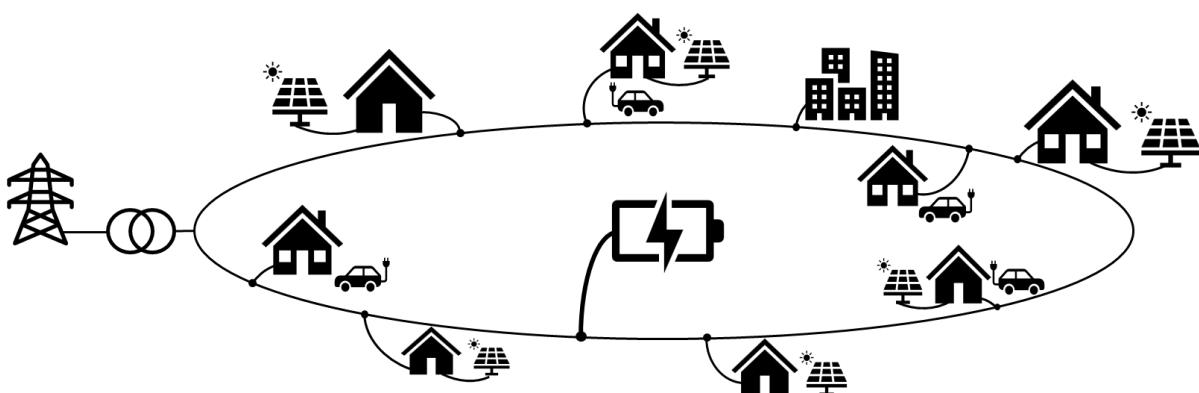


Abbildung 1: Energiegemeinschaft mit Quartiersspeicher

¹ Hochschule Bielefeld, Institut für technische Energie-Systeme, AG Netze und Energiesysteme, Interaktion 1 33619 Bielefeld, mara.cziomer@hsbi.de, www.hsbi.de/ium/forschung/agnes

Konzept

In diesem Projekt wird ein Ausschnitt eines realen Niederspannungsnetzes mit 144 Haushalten mithilfe von pandapower simuliert. Bei dem Netzabschnitt handelt es sich um einen Stadtteil einer mittelgroßen deutschen Stadt, der durch eine heterogene Bebauungsstruktur aus Ein- und Mehrfamilienhäusern gekennzeichnet ist. Die dort ansässigen Haushalte weisen eine sozioökonomisch heterogene Zusammensetzung auf, die sowohl einkommensstärkere als auch einkommensschwächere Verbraucher:innen umfasst. Als Last- und PV-Profile werden die Simbench-Datensätze [3] herangezogen und mit ihnen eine Zeitreihensimulation durchgeführt. Es wird also kein exakter Zwilling des realen Netzes erstellt, sondern die Netztopografie dient primär als strukturelle Basis. Es wird zunächst ein Basis-Szenario untersucht, welches den aktuellen Stand der Energieversorgung in Deutschland abbildet. Darauf aufbauend werden mithilfe des Netzentwicklungsplans (NEP 2037/2045) zukünftige Szenarien abgeleitet. Relevante Kennzahlen wie installierte PV-Leistung [kWp] oder EV-Durchdringung werden auf die Anzahl der Haushalte im untersuchten Netz skaliert. Zusätzlich werden Varianten mit und ohne gemeinschaftlichen genutzten Quartiersspeicher betrachtet. Ziel ist es den Energieaustausch zwischen dem Quartier und dem Netz zu minimieren:

$$\min(J) = \sum_{t=1}^T |E_{Netz}(t)| \quad \text{mit } E_{Netz} = P_{Netz}(t) \cdot \Delta t$$

Um den Autarkiegrad zu bestimmen, wird über einen bestimmten Zeitraum die erzeugte EE des Quartiers mit der verbrauchten Energie verglichen und bestimmt, ob durch die Nutzung eines Speichers der Bezug aus dem Netz minimiert werden kann.

Szenarien

Das Basisszenario beruht auf aktuellen Zahlen zur installierten PV-Leistung in Niederspannungsnetzen, durchschnittlichen Lastprofilen bzw. Jahresenergieverbräuchen sowie durchschnittlich verfügbaren privaten Speicherkapazitäten. Zur Untersuchung der Jahre 2037 bzw. 2045 werden die Zahlen des Netzentwicklungsplans, welche sich auf ganz Deutschland beziehen, auf den betrachteten Netzabschnitt skaliert, indem die Kennzahlen auf die Zahl der Haushalte bezogen wird. Auch die EV-Durchdringung wird anhand des NEP auf das Netzgebiet angepasst. Um die EV-Durchdringung abzubilden, werden typische Ladekurven für Elektrofahrzeuge auf die Lastkurven einzelner Haushalte addiert. Die Ladekurven werden zu unterschiedlichen Tageszeiten integriert, um das unterschiedliche Ladeverhalten verschiedener Verbraucher abzubilden. Schließlich werden sowohl im Basisszenario als auch in den Zukunftsszenarien die Energiebezüge und -einspeisungen sowie die Kosten für private Verbraucher wie auch in einer Energiegemeinschaft betrachtet.

Erwartete Ergebnisse

Es wird erwartet, dass ein gemeinschaftlich genutzter Speicher den Autarkiegrad des Quartiers signifikant steigern kann und ökonomisch sinnvoller ist als viele dezentrale Einzelspeicher. Durch die gemeinsame Nutzung als Quartiersspeicher steigt die Auslastung, wodurch sowohl die Investitionskosten als auch die Netzbelastungen reduziert werden können.

Dieses Projekt soll aufzeigen, welche Speichergrößen und verschiedenen Zukunftsszenarien erforderlich sind, um definierte Autarkiegrade zu erreichen und bei welchem Autarkiegrad der Betrieb technisch und wirtschaftlich optimal ist. Außerdem wird untersucht wie sich das unidirektionale Laden von Elektrofahrzeugen innerhalb des Quartiers auf den Speicherbedarf und die Netzauslastung auswirkt und inwiefern ein Quartiersspeicher ein netzdienlicheres Lademanagement ermöglicht.

Referenzen

- [1] Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2023): Das dezentralisierte Energiesystem im Jahr 2030
- [2] Umweltbundesamt, 2025, „Netzausbau“, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/netzausbau#Transformation>
- [3] Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, SimBench, <https://simbench.de/de/>