

Batterie-Quartierspeicher für eine Klimaschutzsiedlung

Abstract für Konferenz Zukünftige Stromnetze 2025

Eberhard Waffenschmidt, Jonas Quernheim

TH-Köln, 30.8.2024

1. Übersicht

Der starke Ausbau der erneuerbaren Energien hat zu einer zunehmenden Bedeutung von Speichersystemen geführt. Dezentrale Speicherlösungen, darunter Haus- und Quartierspeicher, spielen in diesem Zusammenhang eine entscheidende Rolle. Diese Studie vergleicht individuelle Heimspeichersysteme mit einem gemeinschaftlich genutzten Quartierspeicher hinsichtlich des Grades der Autarkie und des Eigenverbrauchs. Es wurde ein Simulationswerkzeug entwickelt, um Lastflusssimulationen auf der Grundlage des Stromverbrauchs der Haushalte, der Wallbox-Ladeprofile und der Photovoltaik-Erzeugungsdaten für verschiedene Batteriekapazitäten und Systemgrenzen durchzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass Quartierspeichersysteme im Vergleich zu einzelnen Hausspeichern mit äquivalenten kumulativen Batteriekapazitäten für den gegebenen Anwendungsfall eine maximale Steigerung des Autarkiegrades von bis zu 11,6 % und eine Steigerung des Eigenverbrauchs von 8 % erreichen können.

2. Details

2.1. Exemplarisches Quartier

Die Vorteile von Quartierspeichern wurden schon in [1] demonstriert. Jedoch sind dort Elektromobile nicht berücksichtigt. In dieser Studie werden verschiedene Speicherlösungen für eine künftige Wohnanlage „Klimaquartier Bergneustadt“, Bergneustadt, Nordrhein-Westfalen, Deutschland, untersucht, die aus 36 Einfamilienhäusern bestehen wird. Jedes Haus soll mit einer Solaranlage und einer Wallbox zum Laden von Elektrofahrzeugen ausgestattet werden. Ziel des Quartierspeichers ist es, die Nutzung der von PV-Anlagen erzeugten Energie mit einer Speicherlösung im Quartier zu verbessern. Dazu werden einzelne Hausbatteriesysteme mit einer gemeinschaftlich genutzten Quartiersbatterie in Bezug auf den Grad der Autarkie und des Eigenverbrauchs verglichen. Die Ergebnisse wurden kürzlich von den Autoren in unterschiedlicher Form im [2] veröffentlicht und werden für den finalen Beitrag erweitert und detailliert.

2.2. Methoden

Alle Häuser sind in der Simulation mit identischen PV-Anlagen mit Nennleistung von je 10 kWp ausgestattet. Der Neigungswinkel beträgt 30° mit südwestlicher Ausrichtung. Die Ertragsdaten stammen aus PV-GIS [3] und wurden hochskaliert. Die Stromverbrauchsprofile der Haushalte wurden mit Hilfe des LoadProfile Generator [4] erstellt. Die Nachbarschaft besteht aus 2-6 Personen pro Gebäude, was zu einer Gesamtbevölkerung von 113 Personen führt.

Der Bedarf an Wallbox-Energie wurde mit dem Charge Profile Generator eMobility [5] quantifiziert. Der durchschnittliche Energieverbrauch der Elektrofahrzeuge (EVH) pro 100km beträgt 18,3kWh. Aus der durchschnittlichen Jahresfahrleistung von 12.518km pro Fahrzeug und der Anzahl von 129 Ladevorgängen pro Jahr und Haushalt lässt sich ableiten, dass jedes Fahrzeug im Durchschnitt alle 2,8 Tage geladen wird.

Abbildung 1 veranschaulicht den jährlichen Energieverbrauch der einzelnen Haushalte im Bezirk. Die roten Balken zeigen den Stromverbrauch der Haushalte an, während die grünen Balken den Energieverbrauch der Wallbox EVH darstellen. Sowohl für Haushalte als auch Elektromobilität ist der Energieverbrauch vergleichsweise divers angenommen, denn der Unterschied beträgt bis zu Faktor vier.

Beim Vergleich von individuellen Speichern und Quartierspeicher wurde der Quartierspeicher immer so bemessen, dass er der kumulierten Kapazität der Einzelspeicher entspricht. Für den Autarkiegrad

wurde in beiden Fällen der Anschlusspunkt der Siedlung an das öffentliche Netz als Systemgrenze festgelegt.

2.3. Ergebnisse

2.3.1. Individuelle Speicher

Ohne Speicher liegt der durchschnittliche Autarkiegrad der Haushalte bei 29 %, der Eigenverbrauchsanteil bei 20 %.

Zunächst wurden Simulationen mit einer typischen Speichergröße durchgeführt. Im Detail entspricht sie dem 0,6-fachen Tagesbedarf an Energie, bei der sich der größte Unterschied zwischen individuellen Hausspeichern und einem Quartierspeicher ergibt (siehe weiter unten). Abbildung 2 zeigt den Grad der Autarkie. Dabei sind die Werte für jeden einzelnen Haushalt in grauen Balken dargestellt. Der gelbe Balken stellt den Autarkiegrad des Systems mit Einzelspeichern dar und der violette Balken den Autarkiegrad mit einem Quartierspeicher.

Die Einführung von Einzelbatterien hat eine deutliche Verbesserung der Selbstversorgung der einzelnen Haushalte ermöglicht, indem der durchschnittliche Autarkiegrad auf 61% und die Eigenverbrauchsquote (nicht dargestellt) durchschnittlich auf 41 % erhöht wurde. Die Grafik zeigt auch, dass der Autarkiegrad bei der Quartierspeicherung mit 72% deutlich höher ist als bei jeder Einzellösung.

2.3.2. Speichergröße

In weiteren Simulationen wurde die Speichergröße über mehrere Größenordnungen variiert. In Abbildung 3 stellt die gelbe Kurve den Autarkiegrad für individuelle Speicher dar. Das violette Diagramm stellt das Konzept der Gemeinschaftsbatterie dar. Die x-Achse ist auf den täglichen Energiebedarf normalisiert. Sie veranschaulicht so die Ausweitung der Speicherkapazität von täglicher zu saisonaler oder sogar jährlicher Speicherung.

Beide Kurven haben einen ähnlichen Verlauf: Nach einem ersten Anstieg bei größer werdender Speicherkapazität bleibt der Autarkiegrad bei weiterer Erhöhung der Kapazität über fast zwei Größenordnungen auf einem nahezu gleichbleibenden Niveau. Erst bei einer Kapazität kurz vor dem 100-fachen Tagesbedarf erhöht sich der Autarkiegrad auf bis zu 100%. Eine genaue Analyse der Leistungsprofile liefert eine Erklärung für den Verlauf: Das erste Plateau ergibt sich, wenn die Speichergröße etwa einen Wert des Tagesenergiebedarfs erreicht hat. So kann ein Ausgleich zwischen Tag und Nacht erreicht werden. Damit kann jedoch nicht ein Ausgleich zwischen Sommer und Winter erzielt werden. Das ist erst mit einem Saisonspeicher möglich, der um ein Vielfaches größer ist.

Bei kleinen Speichern unterscheiden sich die Kurven für die individuellen Speicher und den Quartierspeicher kaum. Erst wenn die Kapazität in den Bereich des Tagesenergiebedarfes kommt, ist ein deutlicher Unterschied mit Vorteil für den Quartierspeicher erkennbar. Bei noch größeren Speicherkapazitäten gleichen sich die Kurven wieder an. Der Vorteil eines Quartierspeichers kommt also vor allem bei der Anwendung als Tagesspeicher zum Tragen. Er liefert dann einen bis zu 15%-Punkte besseren Autarkiegrad. Oder anders interpretiert: Er kann für den gleichen Autarkiegrad signifikant weniger Kapazität haben als die Summe der individuellen Speicher. In diesem exemplarischen Fall kann er bei einem Autarkiegrad von 70% nur rund halb so groß sein.

Eine detaillierte Untersuchung zeigt, dass dieser Vorteil dadurch entsteht, dass im Quartier Energie zu manchen Zeitpunkten direkt ausgetauscht werden kann, ohne den Speicher zu benutzen. Bei der Nutzung von individuellen Speichern findet dies so gut wie nie statt, weil zuerst die individuellen Speicher geladen werden. Wenn die Speicher sehr klein sind, können sie auch keine Energie vorenthalten, sodass Energie zwischen Haushalten ausgetauscht wird. Damit ist das Verhalten wie bei einem gemeinsamen Speicher. Bei sehr großen Speichern kommt zum Tragen, dass die Leistungsprofile der Haushalte sich im Wesentlichen im Tagesbereich unterscheiden. Da die Speicher

Unterschiede in den Tagesprofilen ausgleichen, gibt es kaum noch einen direkten Austausch von Energie.

3. Fazit

Diese Studie zeigt, dass gemeinsame Batterielösungen mit deutlich weniger Batteriekapazität für denselben Autarkiegrad einer Siedlung realisiert werden können. Den größten Vorteil zeigt der Quartierspeicher im Bereich eines Tagesspeichers, welches ein typischer Anwendungsfall ist. Im exemplarischen Fall einer Klimaschutzsiedlung mit 36 Häusern wurde berechnet, dass der Quartierspeicher als Tagesspeicher für einen Autarkiegrad von rund 70% nur etwa die Hälfte der Kapazität benötigt, wie eine Lösung mit individuellen Haushalts-Batteriespeichern.

4. Literatur:

[1] Kira Meisenzahl, Eberhard Waffenschmidt, "District battery for optimized use of photovoltaic energy", International Renewable Energy Storage Conference (IRES 2020), März 2020, as online conference.

[2] Jonas Quernheim, Eberhard Waffenschmidt, „A Comparative Evaluation of Community-Used District and Individual Battery Storage Systems for Photovoltaic Energy Systems”, *Energies* 2024, 17(17), 4306; 28 August 2024; <https://doi.org/10.3390/en17174306>

[3] T. Huld, R. Müller, A. Gambardella, “A New Solar Radiation Database for Estimating PV Performance in Europe and Africa”, 86, 1803–1815. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.03.006>.

[4] N. Pflugradt; P. Stenzel, L. Kotzur, D. Stolten, “LoadProfileGenerator: An Agent-Based BehaviorSimulation for Generating Residential Load Profiles”, 7, 3574. <https://doi.org/10.21105/joss.03574>. 206

[5] Eberhard Waffenschmidt, Marian Sprünken, Christian Hotz, Sergej Baum, Ingo Stadler, "Erzeugung von synthetischen Lastprofilen von Elektrofahrzeugen synchronisiert mit synthetischen Haushaltslastprofilen", Tagung Zukünftige Stromnetze 2023, Berlin, 25.-26.Jan.2023

5. Bilder

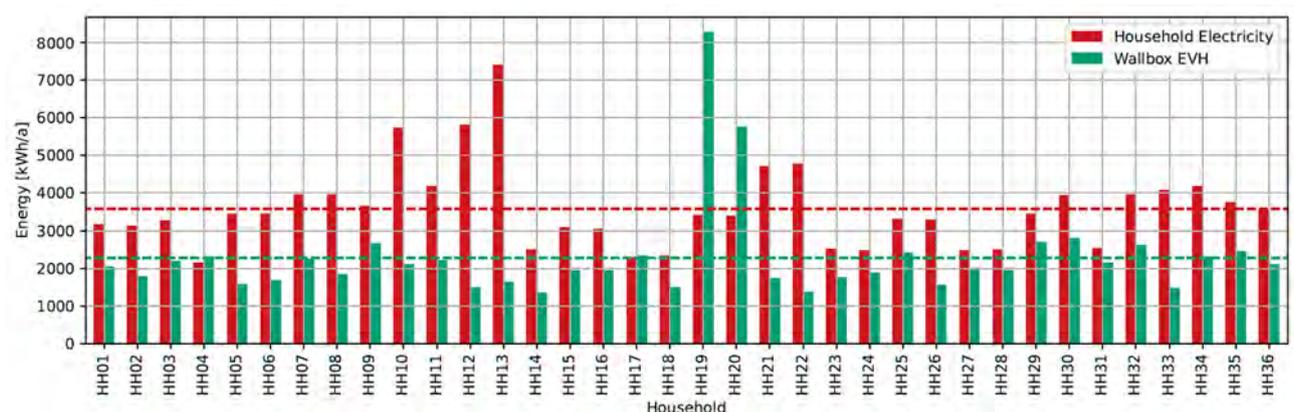


Abbildung 1: Jährlicher Haushaltsstrom- und Wallbox-Energieverbrauch für jeden Haushalt. Gestrichelte Linien stellen den Durchschnitt dar.

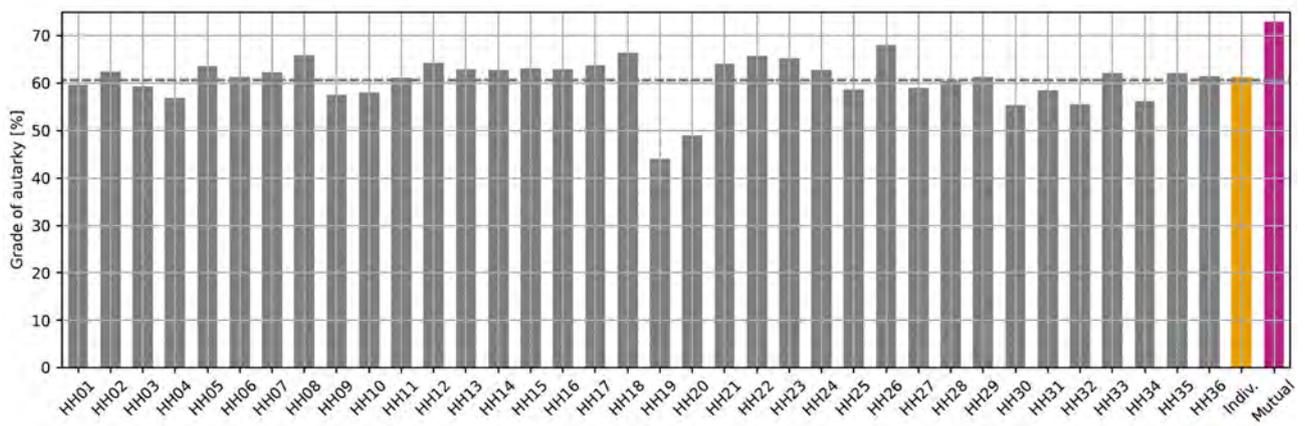


Abbildung 2: Autarkiegrad für einzelne Haushalte (graue Balken), das System mit Einzelbatterien (gelber Balken) und Quartierspeicher (violetter Balken). Die gestrichelte Linie stellt den Durchschnitt dar.

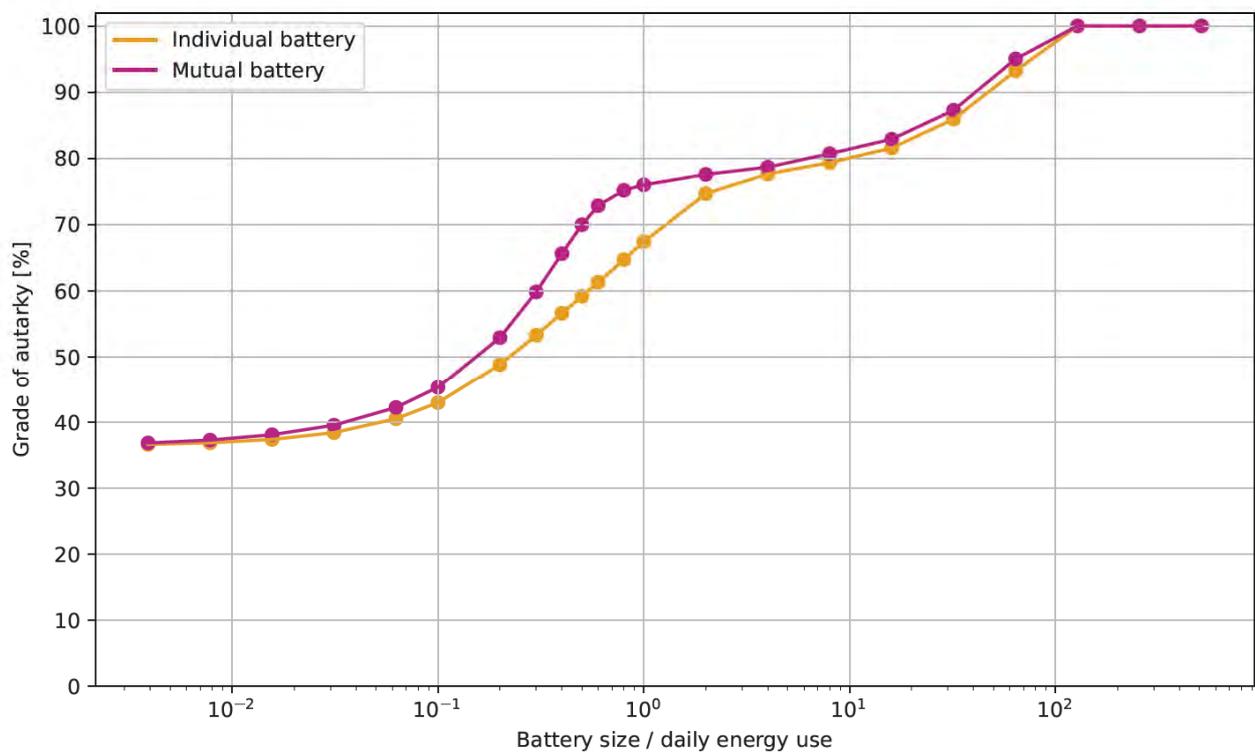


Abbildung 3: Autarkiegrad in Abhängigkeit der Speichergröße für individuelle Speicher (gelb) und Quartierspeicher (violett)