

NUTZERGRUPPENABHÄNGIGER PHOTOVOLTAIK-HEIMSPEICHERBEDARF

Benjamin Böckl, Thomas Kienberger

Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Montanuniversität Leoben, Franz Josef-Str. 18, 8700
Leoben, Tel: +4338424025407, benjamin.boeckl@unileoben.ac.at, evt.unileoben.ac.at

Kurzfassung: In dieser Arbeit wird ein diversifizierter Ansatz zur Dimensionierung von PV-Heimspeichern vorgestellt, der auf einzelne Haushaltstypen (Singlewohnung, Familien, Pensionisten, usw.) zugeschnitten ist. Dazu werden neben modellierten Haushaltslastprofilen auch gemessene Wetterdaten, astronomische Daten und ermittelte Systemwirkungsgrade für Wechselrichter verwendet. Die Charakterisierung der Haushaltstypen erfolgt über den gesamten Jahresverbrauch elektrischer Energie und dem kumulierten ermittelten Verbrauchsanteil während Sonnenauf- und -untergang. Die jeweilige Speicherdimensionierung erfolgt danach aufgrund rein technischer Überlegungen und nicht auf Basis eines wirtschaftlichen Optimums um durch regionale Unterschiede und Änderungen im Förderregime nicht obsolet zu werden.

Keywords: Photovoltaik, Heimspeicher, Lastprofile, Batterie, Leistungsautarkie, Eigennutzungsgrad, Nutzergruppen, Haushalte

1 Einleitung

2017 ist der Markt für Heimspeichersysteme als Ergänzung zu Photovoltaikanlagen im europäischen Raum erneut stark angestiegen. Schätzungen auf Basis Oktober 2017 rechnen mit 16.000 neu installierten Speichersystemen in Deutschland, was rund 35% zusätzliche installierte Speicherkapazität in diesem Segment bedeutet. [1] Auch in Österreich werden durch die 2018 startende Förderung starke Zuwächse erwartet, welche prioritär für Systeme mit höheren Autarkiegraden ausbezahlt wird [2]. Zur Berechnung der idealen Systemgröße dieser Batterien, die zumeist als Lithium-Ionen-Akkus ausgeführt werden, gibt es bereits einige Ansätze und dazugehörige Publikationen. Jedoch werden diese Berechnungen immer auf Basis von Einzelverbrauchern oder standardisierten Lastprofilen durchgeführt. Das sehr individuelle Lastverhalten verschiedener Nutzergruppen, wie Singles, Familien oder Pensionisten wird nicht berücksichtigt. In dieser Arbeit werden sowohl die verwendete Methodik, als auch die Ergebnisse der Speicherauslegung für unterschiedliche Kundengruppen präsentiert.

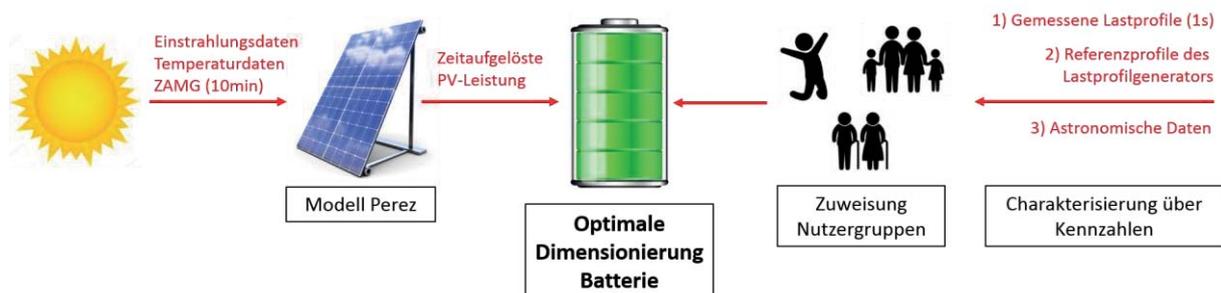


Abbildung 1 – Generelle Vorgehensweise zur Dimensionierung der Batterie (Eigene Darstellung)

2 Methodik der Modellierung und verwendete Datenbasis

In diesem Abschnitt wird das modellierte Gesamtsystem beschrieben sowie die verwendeten Eingangsdaten beschrieben. Danach wird auf die angewandte Methodik und die zugrundeliegenden Bewertungskennzahlen eingegangen.

2.1 Gesamtsystem

Die Modellierung basiert auf Basis eines DC-gekoppelten Photovoltaik Systems mit Heimspeicherlösung. Um diese Situation möglichst realistisch simulieren zu können wird auf eine Mischung aus gemessenen und modellierten Daten zurückgegriffen. Der generelle Versuchsaufbau ist in Abbildung 2 dargestellt.

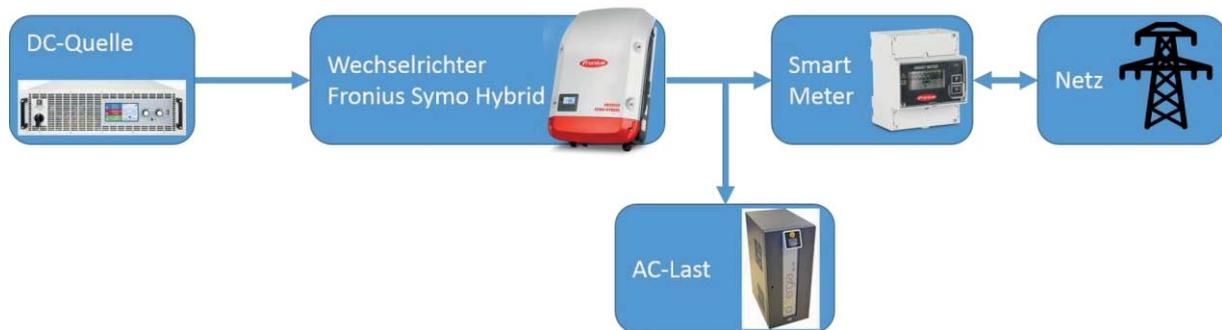


Abbildung 2 – Versuchsaufbau Energietechnisches Labor – Lehrstuhl Energieverbundtechnik – Montanuniversität Leoben

2.2 Eingangsdaten und Bewertungsgrundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die Eingangsdaten detaillierter beschrieben, die getroffenen Annahmen und ihre Verwirklichung im Modell erörtert sowie die verwendeten Kennzahlen zur Bewertung der Speicherdimensionierung vorgestellt.

2.2.1 Photovoltaik und Wechselrichter Modellierung

Aus praktischen Gründen wurde die PV Anlage einmalig als 2 kW_{peak} Anlage als Datengrundlage für das Modell simuliert und bei den weiteren Berechnungsschritten entsprechend skaliert. Die Eingangsdaten der Modellierung beziehen sich dabei auf gemessene Wetterdaten der ZAMG für das Jahr 2014 in Leoben. Die erhaltenen Eingangsdaten (Temperatur und Strahlungsdaten) wurden auf Basis des Perez Modells für eine südlich ausgerichtete Fläche mit einem Neigungswinkel von 30% angenommen [3]. Der Output der simulierten Photovoltaikanlage wird mittels Umrichter auf Wechselstrom umgewandelt. Die Abhängigkeit des Wirkungsgrades vom entsprechenden Lastzustand des verwendeten Wechselrichters wurde durch die vermessene Kennlinie bei nominaler Eingangsspannung (595V) berücksichtigt. Die vermessene Kennlinie des verwendeten Wechselrichters (Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S) findet sich in Abbildung 3 wider. Dabei ist zu beachten, dass die minimale Eingangsleistung ca. 150 Watt beträgt ohne die sich der Wechselrichter abschaltet. Der Speicher wurde auf Basis der Daten der Fronius Solar Battery mit einem konstanten Wirkungsgrad von 95% berücksichtigt.

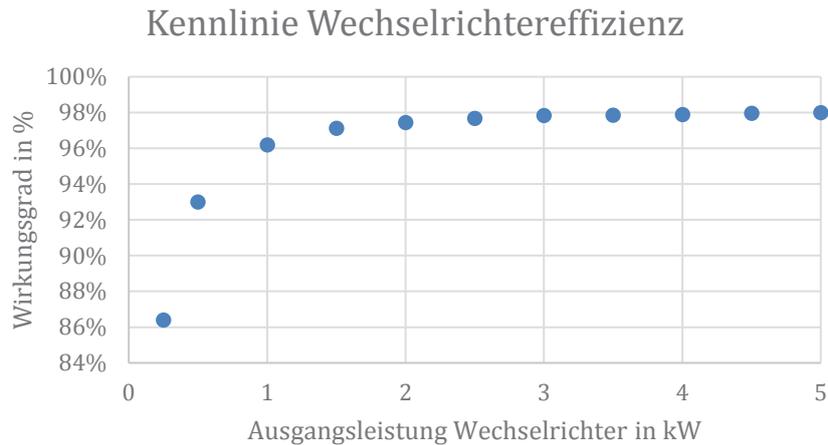


Abbildung 3 – Teillastwirkungsgrad des verwendeten Wechselrichters

2.2.2 Erstellung der Lastprofile

Die Erstellung der Lastprofile wurde mit einem Lastprofilgenerator (Noah Pflugradt, TU Chemnitz) durchgeführt. Dieser generiert Energieverbraucher auf Sekundenbasis auf Basis von stochastischen Nutzerprofilen und gibt diese als Lastprofil für den gewählten Zeitraum aus. Da die verwendeten Wetterdaten nicht so hoch aufgelöst sind, wurden die erstellten Verbrauchswerte auf Viertelstundenwerte aggregiert, um eine gemeinsame Zeitbasis zu schaffen. [4]

2.2.3 Astronomische Daten

Ein wesentlicher Bestandteil der beschriebenen Methodik ist die Charakterisierung der Haushaltsprofile über zwei einfache Kennwerte. Der erste Kennwert ist der Jahresenergieverbrauch der elektrischen Verbraucher, der zweite errechnete Wert ist der sogenannte Verbrauchsanteil bei Sonnenlicht. Um diesen zu bestimmen, bedarf es öffentlich verfügbarer Informationen zum Zeitpunkt des Sonnenaufgangs und –untergangs. [5]

2.2.4 Bewertungskriterien

Um den Bedarf an Speichermöglichkeiten untersuchen zu können, bedient man sich dem Vergleich unterschiedlicher Kennzahlen. Diese sollen in diesem Abschnitt definiert und näher erläutert werden.

In Abbildung 4 sieht man am Beispiel eines Einfamilienhauses die unterschiedlichen Lastflüsse des lokalen Energieverbands. $P_{DE}(t)$ bezeichnet die Leistung, die aus lokaler Erzeugung bereitgestellt wird. In diesem Fall ist $P_{DE}(t)$ im Diagramm als schematischer PV-Erzeugungsgang dargestellt, und die dazugehörige Fläche unter dem Erzeugungsgang repräsentiert die erzeugte Energiemenge E_{DE} aus der Eigenerzeugung. $P_L(t)$ stellt den lokalen Lastgang des Verbrauchs dar. Die in grau eingezeichnete Fläche unter der Kurve $P_L(t)$ stellt somit den Energieverbrauch über die Zeit dar. $P_{NB}(t)$ repräsentiert die aus dem Netz bezogene Leistung. Aus diesen Leistungen und Energiemengen lassen sich unterschiedliche Deckungsgrade ableiten.

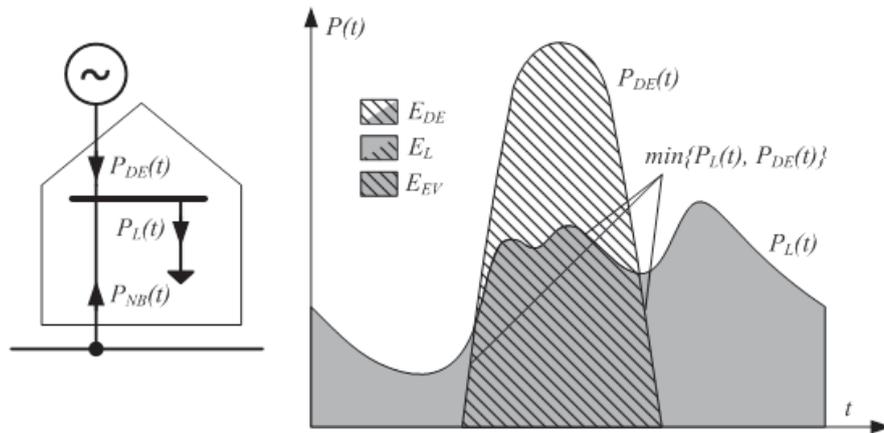


Abbildung 4 - Schematische Darstellung zur Definition der Eigendeckungsgrade [6]

Beim **Leistungsautarkiegrad** (LA) wird nur der Anteil E_{EV} der erzeugten Energie E_{DE} dem Verbrauch gegenübergestellt, der direkt mit dem Bedarf übereinstimmt und daher nicht ins Netz gespeist werden muss. Daher kann diese Kennzahl nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Durch eine Batterie kann der Leistungsautarkiegrad erhöht werden, da überschüssige Energie in Zeiten hoher Erzeugung und niedrigem Bedarf gespeichert und in Zeiten mit höherem Bedarf genutzt werden kann. Die Berechnungsformel für den Leistungsautarkiegrad ist in der nachfolgenden Formel (1) abgebildet.

$$LA = \frac{E_{EV}}{E_L} = \frac{\int \min\{P_L(t), P_{DE}(t)\} dt}{\int P_L(t) dt} \quad (1)$$

Weitere verwendete Kennzahlen sind der **Eigenverbrauchsgrad** (SCR), der die gesamte erzeugte Energie der selbst genutzten Energie gegenüberstellt (siehe Formel 2) und die Zyklenzahl. Bei der Zyklenzahl wird die durch einen Speicher erhöhte direkt genutzte Energie durch die Kapazität des Speichers geteilt. Besonders hohe Zyklenzahlen ergeben sich bei kleinen Speichern mit oftmaligen Wechslen zwischen Überschussenergien und Situationen in denen der Bedarf überwiegt.

$$SCR = \frac{E_{EV}}{E_{DE}} = \frac{\int \min\{P_L(t), P_{DE}(t)\} dt}{\int P_{DE}(t) dt} \quad (2)$$

Um unterschiedliche Haushaltstypen miteinander vergleichen zu können wurde sowohl die Photovoltaikanlage, als auch der modellierte Speicher auf den jeweiligen Energieverbrauch des Haushalts normiert. Dafür bieten sich die beiden Einheiten $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{MWh}$ Verbrauch für Photovoltaikanlagen und kWh Speicherkapazität pro MWh Verbrauch an. [6]

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass es einen signifikanten Unterschied der optimalen Speicher- und Photovoltaikanlagengröße im mittleren zweistelligen Prozentbereich gibt. Weiters kann abgeleitet werden, dass die Charakterisierung der Nutzergruppen mithilfe der beiden Kennzahlen Jahresgesamtverbrauch und Verbrauchsanteil bei Tageslicht gut auf die Bewertungskennzahlen schließen lässt.

3.1 Anlagendimensionen für unterschiedliche Nutzergruppen

Ein beispielhaftes Ergebnis für eine normierte Dimensionierung der PV-Anlage und der Batteriegröße findet sich in Abbildung 5. Durch die Methodik konnte ein technisch sinnvoller Bereich der Dimensionierung eingegrenzt werden. Der Maximalwert der erreichbaren Leistungsautarkie für die gewählten technischen Restriktionen ist mit dem roten Punkt gekennzeichnet.

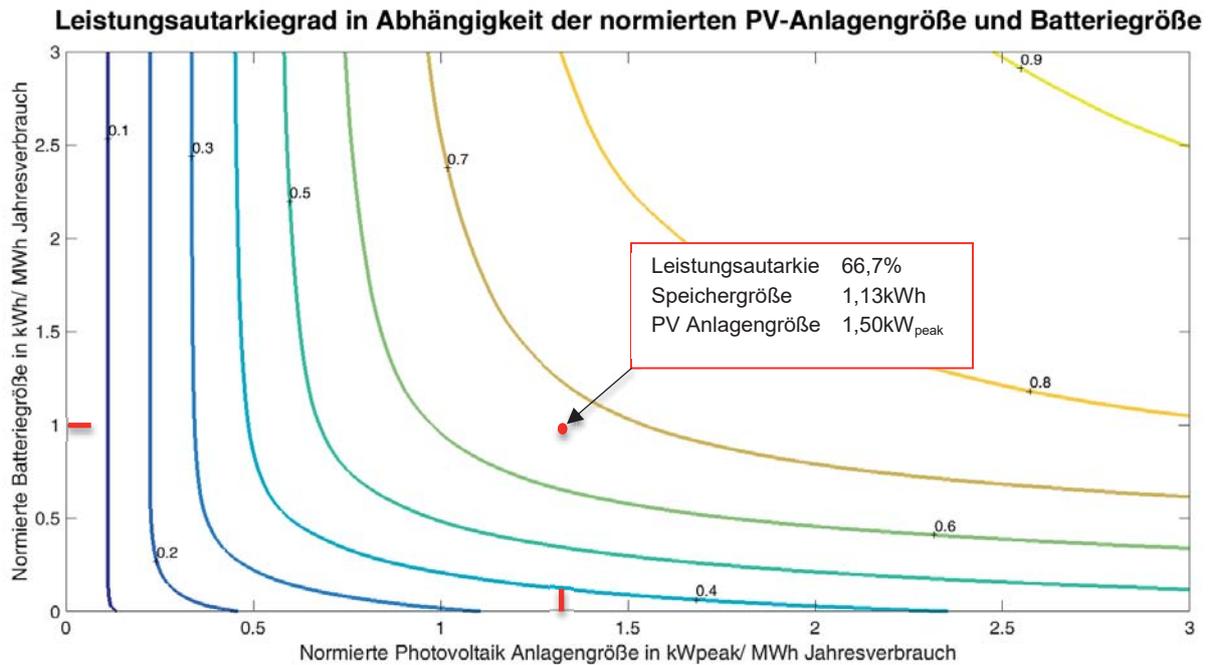


Abbildung 5 – Leistungsautarkiegrad in Abhängigkeit der normierten Photovoltaik Anlagengröße und der normierten Batteriegröße beispielhaft für einen Single-Senioren Haushalt mit errechneter Auslegung (roter Punkt)

In Tabelle 1 werden Ergebnisse von vier ausgewählten Haushaltstypen dargestellt. Es ist klar ersichtlich, dass die technisch ideale Konfiguration stark von den Nutzergruppen abhängig ist. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Auslegung von PV-Heimspeichersystemen mithilfe von „Faustformeln“ und undifferenziertem Nutzerverhalten erhebliche Einbußen auf Basis der vorgestellten Kennzahlen zu Folge hat.

Tabelle 1 – Ergebnisse von sinnvoller erreichbarer Leistungsautarkie und den dazugehörigen Anlagendimensionen

Nutzergruppen	LA	Norm. PV-Größe	Abs. PV-Größe	Norm. Speichergöße	Abs. Speichergöße
	[%]	kW _{peak} /MWh	kW _{peak}	kWh/MWh	kWh
Single berufstätig – 1 Kind	66,3	1,15	1,93	1,52	2,54
Single Pensionist	66,7	1,33	1,5	1,00	1,13
Berufstätiges Paar ohne Kind	56,4	1,06	3,28	1,24	3,84
Arbeitsloses Paar – 3 Kinder	64,3	1,21	7,10	1,00	5,85

4 Literaturverzeichnis

- [1] iSEA and RWTH Aachen, Eds., "Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher 2.0: Jahresbericht 2017,"
- [2] Michael Losch, "Mehr Sonnenstrom für Österreich: Die kleine Ökostromgesetzesnovelle und die erste bundesweite Speicherförderung," Wien, Oct. 10 2017.
- [3] Patrick Pretschuh, "Solares Energiepotential kleiner und mittlerer Städte," Lehrstuhl für Energieverbundtechnik, Montanuniversität Leoben, 2016.
- [4] Noah Pflugradt, "Modellierung von Wasser und Energieverbräuchen in Haushalten," Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, TU Chemnitz, 2016.
- [5] ZAMG, Ed., "Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Mond: Ephemeriden in Graz für das Jahr 2018," 2018. [Online] Available:
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/ephemeriden/graz/?jahr=2018>.
Accessed on: Feb. 13 2018.
- [6] W. Gawlik, "Degrees of self-sufficiencies".