

Betriebsoptimierung von Solarspeichern für Eigenverbrauch mit Netzentlastung durch Einspeiselimittierung

Eberhard Waffenschmidt

Fachhochschule Köln

Betzdorferstr. 2, 50679 Köln

Tel. +49 241 8275 2020

eberhard.waffenschmidt@fh-koeln.de

www.f07.fh-koeln.de/fakultaet/personen/professoren/eberhard.waffenschmidt

1. Einleitung

Das Wachstum der Photovoltaik (PV) stößt immer häufiger an Grenzen aufgrund von Überlastungen im Verteilnetz [1]. Zusätzlich stoßen wir schon bald auf einen Überschuss Erneuerbarer Energien zu bestimmten Tageszeiten. Für beides sind dezentrale Speicher eine gute Lösung. Weiterhin nehmen PV-Speicher für die Optimierung des Eigenverbrauchs eine immer größere Rolle ein. Hier werden die Betriebsweisen für Eigenverbrauch und Netzentlastung kombiniert. Die Untersuchung wird noch ausführlicher in [2] dargestellt.

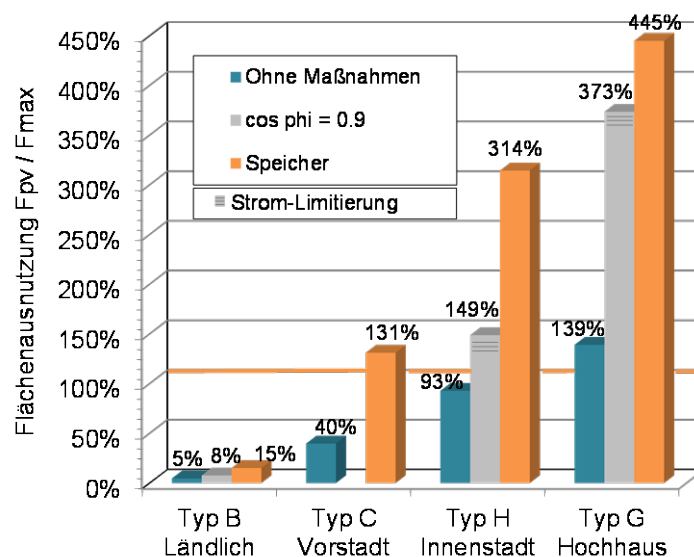


Bild 1: Maximal mögliche Ausnutzung der Solar-Flächen.

„Ohne Maßnahmen“: Anschluss nach Niederspannungsrichtlinie.

„cos phi = 0.9“: Induktive Blindleistung mit Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0.9$.

„Speicher“: PV-Speicher mit Limit von 30% der PV-Spitzenleistung.

2. Reduzierung der Netzbelastung

Hier werden zuerst die Randbedingungen im Verteilnetz typischer Siedlungsgebiete wie ländliche Region, Vorstadt, Innenstadt und Hochhaussiedlung analysiert. Limitierende Parameter sind maximale Transformator- und Kabelleistung sowie die maximale Spannung im Netz. Aus der sich ergebenden maximalen Einspeiseleistung wird abgeschätzt, wie viel des vorhandenen Potentials an PV-Leistung in das Netz eingespeist werden kann (Details siehe[1]). Als Ergebnis (Bild 1) kann in ländlicher Region und in Vorstädten nur ein Teil des Potentials genutzt werden, während in Innenstädten und Hochhaussiedlungen das Netz keine Limitierung darstellt. Eine ähnliche Analyse wurde durchgeführt unter der Annahme einer Einspeiselimitierung von 30% der entsprechenden Photovoltaik-Spitzenleistung mit Verwendung von Solar-Speichern. Daraus resultiert eine signifikant bessere Ausnutzung des PV-Potentials (Bild 1).

3. Speichergröße bei Einspeiselimit

In einem nächsten Schritt wurden die Konsequenzen für die Betreiber solcher PV-Anlagen mit Einspeiselimitierung untersucht. Basis ist das Profil einer existierenden PV-Anlage [3]. Abhängig von der Höhe des Limits geht ohne Speicher ein gewisse Energie verloren (Bild 2, cyan). Mit einem Limit von 30% der PV-Spitzenleistung können nur rund 2/3 der möglichen PV-Energie, mit einem „großen“ Speicher hingegen rund 90% eingespeist werden (orange).

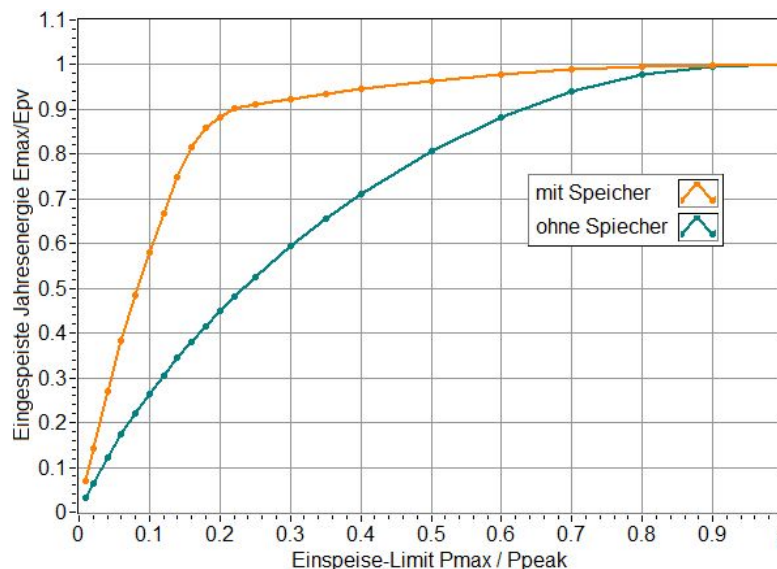


Bild 2: Jährliche Solareinspeisung als Funktion des Einspeiselimits.

Bild 3 zeigt die ins Netz eingespeiste Energie als Funktion der Speichergröße mit unterschiedlichen Einspeiselimits. Die Ergebnisse skalieren mit der PV-

Spitzenleistung und sind auf 1 kWpk normiert. Man erkennt, dass die eingespeiste Energie zunächst mit der Speichergröße zunimmt. Ab einem bestimmten Wert aber erhöht sich die eingespeiste Energie nicht mehr. Diese Speichergröße von etwa 3 kWh/kWpk kann als sinnvollste Speichergröße für diese Anwendung angesehen werden.

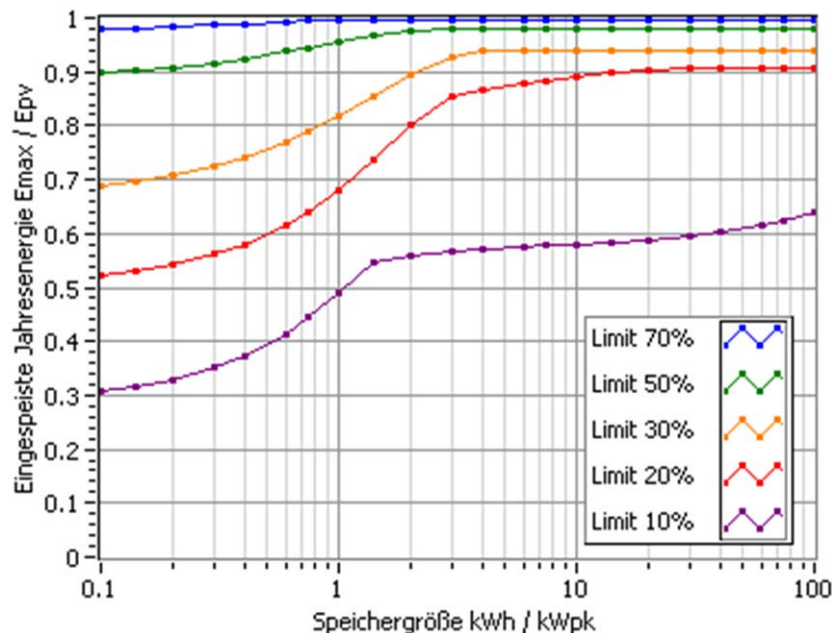


Bild 3: Jährliche Solareinspeisung als Funktion der Speichergröße mit Einspeiselimit als Parameter. Die Speichergröße skaliert mit der PV-Spitzenleistung und ist auf 1000 kWpk normiert.

4. Speichergröße bei Eigenverbrauch

Eine weitere Motivation für Speicher ist die Optimierung des Eigenverbrauchs der Solarenergie. Um die optimale Speichergröße zu ermitteln stellt Bild 4 den Autarkiegrad als Funktion der Speichergröße dar (Details siehe [4]). Er ist definiert als das Verhältnis der genutzten PV-Energie zur gesamten verbrauchten Energie. Die Ergebnisse skalieren mit dem Verbrauch und sind normiert auf einen Jahresverbrauch von 1000 kWh/a. Die unterschiedlichen Kurven sind für unterschiedliche PV-Spitzenleistungen berechnet. Man erkennt, dass für eine volle Autarkie ein sehr großer Speicher entsprechend einem Saisonspeicher notwendig ist oder eine sehr große, für den Jahresverbrauch überdimensionierte PV-Anlage, die an einem Wintertag genug Energie liefern kann. Ein Plateau ist erkennbar ab einer Speichergröße von etwa 2 kWh, welche einem Tagesspeicher entspricht. Dieser Wert wird unabhängig von der Größe der PV-Anlage als sinnvollste Speichergröße empfohlen.

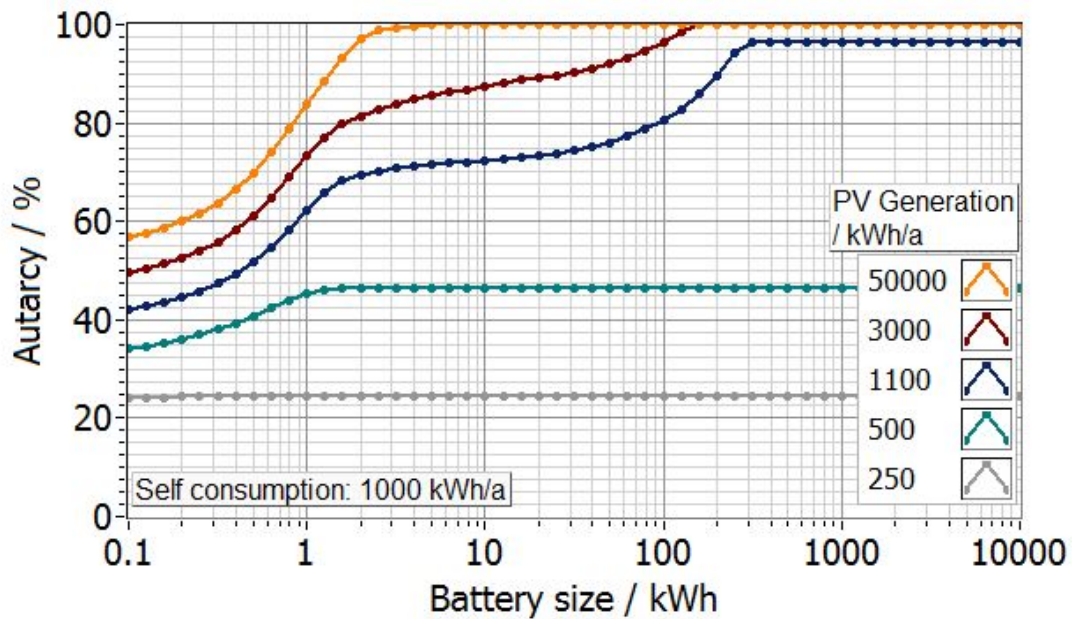


Bild 4: Autarkiegrad als Funktion der Speichergöße mit der jährlich erzeugten PV-Energie als Parameter. Die Daten skalieren mit dem Jahresverbrauch und sind auf 1000 kWh/a normiert.

5. Kombination von Eigenverbrauch und Einspeiselimit

Der Speicherbetrieb zum Eigenverbrauch reduziert in den allermeisten Fällen nicht die Belastung des Netzes. Daher sollte der Betrieb zum Eigenverbrauch mit einem Einspeiselimit kombiniert werden. Da jedoch beide Betriebsmodi entgegengesetzte Steuerstrategien verlangen, ist eine intelligente Betriebsweise notwendig. Als Empfehlung hat sich ergeben, den Speicher in der Nacht soweit zu entladen, dass genügend Speicherkapazität für die am nächsten Tag erwartete PV-Energie vorhanden ist.

Um diese Kapazität vorherzusagen, wurden mehrere Vorhersagemethoden untersucht:

Omniscient Observer: Referenz mit historischen Daten.

No Load: Keine Lastberücksichtigung, nur PV-Generation ist berücksichtigt.

Standard Load: Standardlastprofil (Eon H0) für Vorhersage.

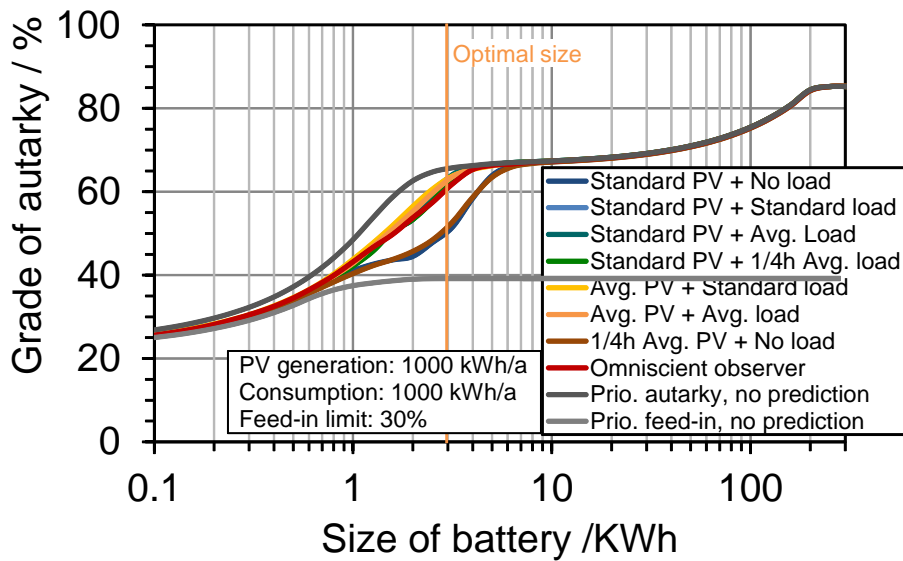
Avg. Load: Mittelwert der letzten 7 Tage für die Last.

1/4h Avg. Load: Jeder Zeitpunkt wird aus dem Mittelwert der letzten 7 Tage gemittelt.

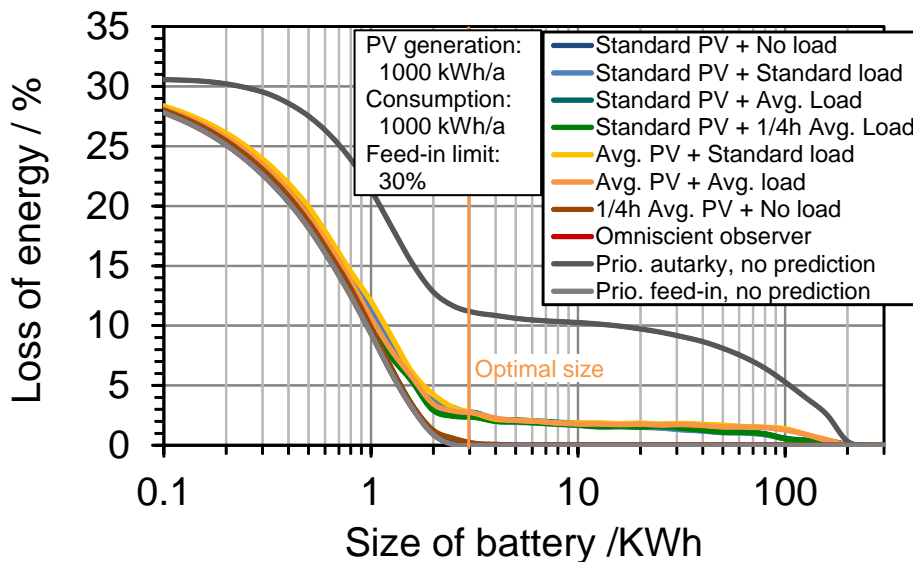
Standard PV: Verwendung eines Standard-PV-Profiles.

Avg. PV: Mittelwert der letzten 7 Tage für die PV-Generation.

Weitere Vorhersagemethoden können Wettervorhersage oder ein lernender Beobachter sein. Diese wurden aber hier nicht betrachtet.



a)



b)

Bild 5: a) Autarkiegrad und b) Abgeregelte Energie als Funktion der Speichergöße für intelligenten kombinierten Betrieb von Eigenversorgung und Einspeiselimit.

Die Ergebnisse sind in Bild 5 als Funktion der Speichergöße für einen typischen Fall vorgestellt. Bild 5a zeigt den Autarkiegrad, Bild 5b die aufgrund des Einspeiselimits abgeregelte Energie. Die äußeren (grauen) Kurven stellen die Ergebnisse ohne intelligente Steuerung dar. Hier kann entweder der Autarkiegrad oder die Einspeisung, aber nicht beides optimiert werden. Die weiteren (farbigen) Kurven zeigen die Ergebnisse für die verschiedenen Vorhersagemethoden. Es zeigt sich, dass eine einfache Mittelwertbildung aus den letzten Tagen schon sehr gute Ergebnisse liefert. Im Vergleich zu einem allwissenden Beobachter (Omniscient

Observer) ist kein Unterschied beim Autarkiegrad zu erkennen und es gehen nur 3% bei der Einspeisung verloren

6. Schlussfolgerung

Gerade in ländlichen und Vorstadt-Regionen kann das PV-Potential aufgrund von Beschränkungen der Verteilnetze nicht ausgeschöpft werden. Batterien erlauben eine Einspeiselimitierung. Ein Tagesspeicher von etwa 3 kWh pro 1 kWpk installierter PV-Leistung wurde dafür als Optimum identifiziert.

Eine volle Autarkie benötigt einen riesigen Saisonspeicher oder eine extrem überdimensionierte PV-Anlage. Ein Optimum ist ein Tagesspeicher mit etwa 2 kWh pro 1000 kWh Jahresverbrauch. Damit lässt sich typischerweise ein Autarkiegrad von 70% bis 80% erreichen.

Um beide Betriebsmodi zu kombinieren, sollte die Batterie in der Nacht so viel entladen werden, dass die erwartete PV-Energie des folgenden Tages in den Speicher passt. Eine einfache Mittelwertbildung aus den vergangenen Tagen ist für die Vorhersage ausreichend.

7. Danksagung

Michael Brod stellte die PV-Daten zur Verfügung [3]. Michael Roskosch programmierte die Software für den Eigenverbrauch im Rahmen seiner Bachelorarbeit [4]. Florian Eck hat im Rahmen seiner demnächst veröffentlichten Masterarbeit die Algorithmen für die kombinierten Betriebsweisen entwickelt.

8. Literaturhinweise

- [1] Eberhard Waffenschmidt, "Solarstromeinspeisung in Niederspannungsnetzen", Solarzeitalter 1/2013, Apr. 2013, p. 44.
- [2] Eberhard Waffenschmidt, "Dimensioning of decentralized photovoltaic storages with limited feed-in power and their impact on the distribution grid", Proceedings of the International Renewable Energie Storage (IRES) Conference 2013, Berlin, Germany, 18.-20.Nov. 2013, also accepted for publication in Energy Procedia by Elevier, issue Feb. 2014.
- [3] Private communication of the measurement data of the PV system of Michael Brod, Kronberg, Taunus, Feb. 2012, for the time between 1.1.2012 to 31.12.2011. System data: Rated power: 4.51 kWpk, roof slope: 30°, direction: 40° to west. Time resolution of the data set: 15 min.
- [4] Michael Roskosch, "Optimierung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikanlagen mit Speicher", Bachelor thesis at Cologne University of Applied Science, faculty of Information, Media and Electrical Technologies, Cologne, 2.Aug.2013.