

Reduktion von PV-Einspeisespitzen mittels Batteriespeicher

Batteriespeicher spielen eine wesentliche Rolle in der Erhöhung der Eigenverbrauchsrate von Photovoltaik (PV) – Anlagen. Insbesondere, wenn das Verbrauchsverhalten nicht verändert werden soll oder kann, ist dies die einzige Möglichkeit den Eigenverbrauch und somit die Rentabilität einer Anlage zu erhöhen. Für einen sicheren, störungsfreien und vor allem wirtschaftlichen Betrieb sind intelligente Regelungsalgorithmen notwendig.

In dieser Arbeit wurden verschiedene Szenarien für einen DC gekoppelten Batteriespeicher in einem PV-System entwickelt und mittels MATLAB über die Dauer eines Jahres simuliert. Unterschiedliche Last- und Erzeugungsprofile in hoher Auflösung wurden benutzt, um die Auswirkungen auf Eigenverbrauchsrate und Einspeiseleistung zu ermitteln.

Einleitung und Zielsetzung

In den letzten Jahren wurde eine große Anzahl neuer Photovoltaikanlagen errichtet. Beispielsweise betrug der Zubau im Jahr 2012 in Österreich rund 175 MWp, was beinahe der doppelten Leistung von 2011 entspricht.

Aufgrund fallender Anlagenpreise sowie der hohen Anzahl neuer Anlagen werden Förderungen gekürzt bzw. in Investitionszuschüsse umgewandelt. Zusätzlich werden neue Vorgaben betreffend um Einspeisespitzen zu reduzieren.

Für Anlagenbetreiber rückt daher der Eigenverbrauch von Solarstrom vermehrt in den Fokus, welcher eine Anpassung des Verbrauchs oder ein System zur Überschusspeicherung erfordert. Speichersysteme ermöglichen dabei zusätzliche Dienstleistungen zur Entlastung der Netze beispielsweise im Bereich der Spitzenstromspeisung.

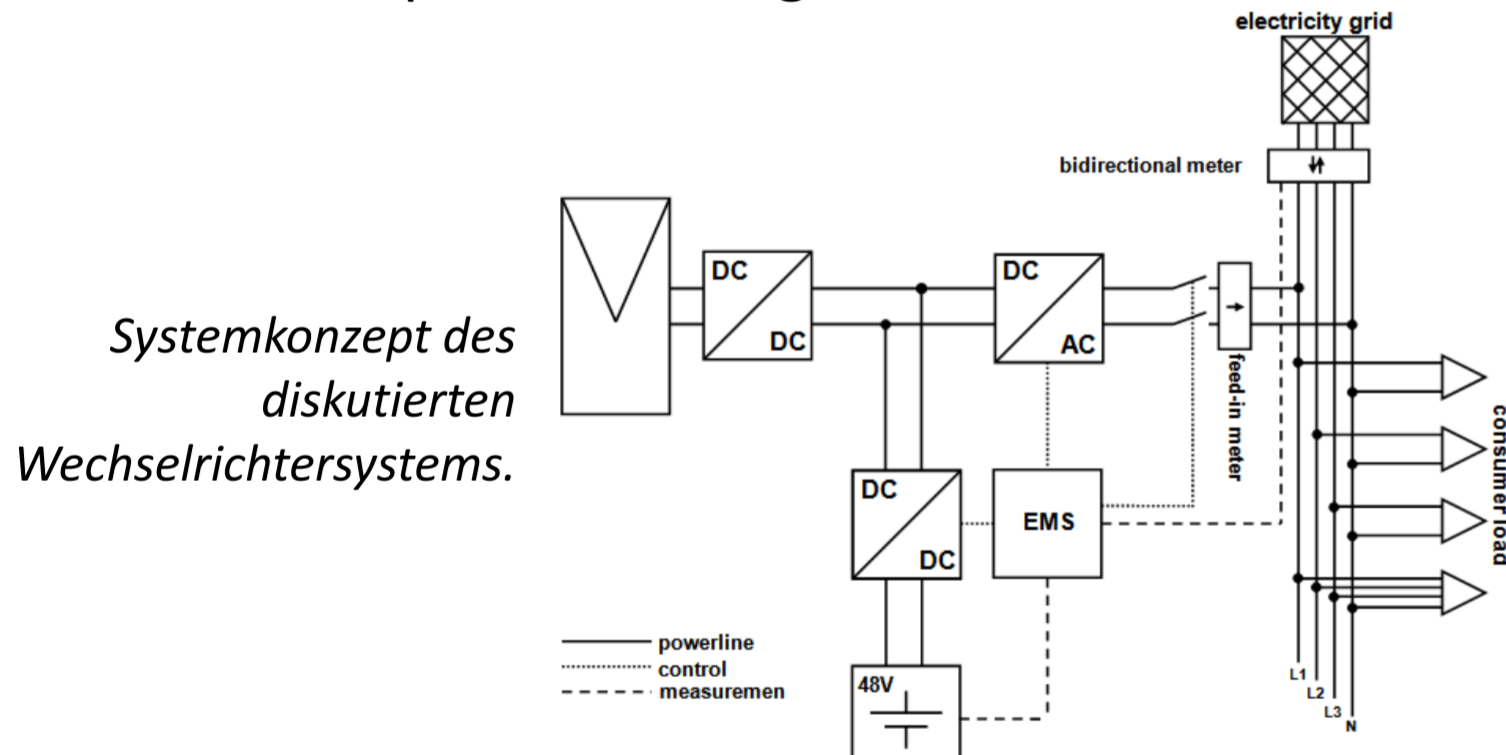
Zielsetzung: Der Anspruch dieser Arbeit liegt in der Entwicklung unterschiedlicher Energiemanagementszenarien zum wirtschaftlichen Betrieb von Batteriespeichern in kleinen PV-Anwendungen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Reduktion von Einspeisespitzen. Zusätzlich wurde der Effekt einer Einspeisebegrenzung auf 60 % der Anlagenleistung betrachtet. Vergleichswerte sind dabei die Eigenverbrauchsrate, die abgeregelter Energiemenge sowie der Energiedurchsatz der Batterie.

Durchführung

System Design

Dieser Arbeit wurde ein PV-Wechselrichter mit DC gekoppeltem Batteriesystem zu Grunde gelegt. Der Wechselrichter kombiniert dabei die Haupteigenschaften von netzgekoppelten Systemen und Inselnetzen.

Ein Energiemanagementsystem (EMS) regelt die Energieflüsse innerhalb des Systems und muss unterschiedliche Messwerte auswerten und entsprechende Algorithmen ausführen.



In der Simulation wurde ein bilanzielles System nachgebildet, wobei kein physikalisches Modell für den Batteriespeicher verwendet wurde.

Algorithmen

In [Rechberger, 2012] und [Rechberger, 2013] wurden bereits drei verschiedene Energiemanagementalgorithmen vorgestellt. In dieser Arbeit wurden neue Strategien entwickelt wobei der Fokus auf der Reduktion der Einspeisespitzen lag.

(1) Eigenverbrauchsstrategie

Ziel dieses Algorithmus ist die Erhöhung der Eigenverbrauchsrate. Diese ist als Differenz zwischen umgewandelter Solarenergie und Energieabgabe an das öffentliche Netz, bezogen auf die erzeugte Energie definiert.

Besteht ein Überschuss von PV-Energie in Bezug auf die Last, wird dieser, sofern die Batterie noch nicht voll geladen ist (Ladezustand-SOC), für einen späteren Verbrauch zwischengespeichert. Überschussenergie wird an das Netz abgegeben, zusätzlicher Bedarf von diesem gedeckt.

Verschiedene Optimierungsstrategien wurden zur Verlängerung der Batterienutzungsdauer implementiert. Diese umfassen die Beschränkung des nutzbaren SOC-Bereichs, regelmäßige Ausgleichsladungen sowie einen Hysteresebetrieb um den maximalen und minimalen Ladezustand.

(2) Beschränkter Ladebeginn

Nachteilig beim Eigenverbrauchsszenario (1) zeigt sich, dass die Batteriekapazität zu gering und der Speicher somit meist bereits vor dem Einstrahlungsmaximum voll geladen ist. Er kann daher nicht mehr für entsprechende Einspeiseverringerungen herangezogen werden.

Wird der Beginn der Ladung ab einer fixen Uhrzeit freigegeben, kann Überschussenergie im Winterhalbjahr nur begrenzt genutzt werden. Es wurden deshalb die Auswirkungen eines festen und im Jahresverlauf variablen Ladebeginns untersucht.

(3) Prognose des Speicherbedarfs

Dieser Algorithmus bietet eine Verbesserung hinsichtlich Wirkung und Effizienz. Der voraussichtlich erforderliche Speicherbedarf wird pro Tag ermittelt und die Ladeleistung somit individuell freigegeben. Ein Minimum an Einspeiseleistung sowie eine hohe Eigenverbrauchsrate sind realisierbar.

In der gegenständlichen Arbeit wurden zwei Prognosemodelle eingesetzt:

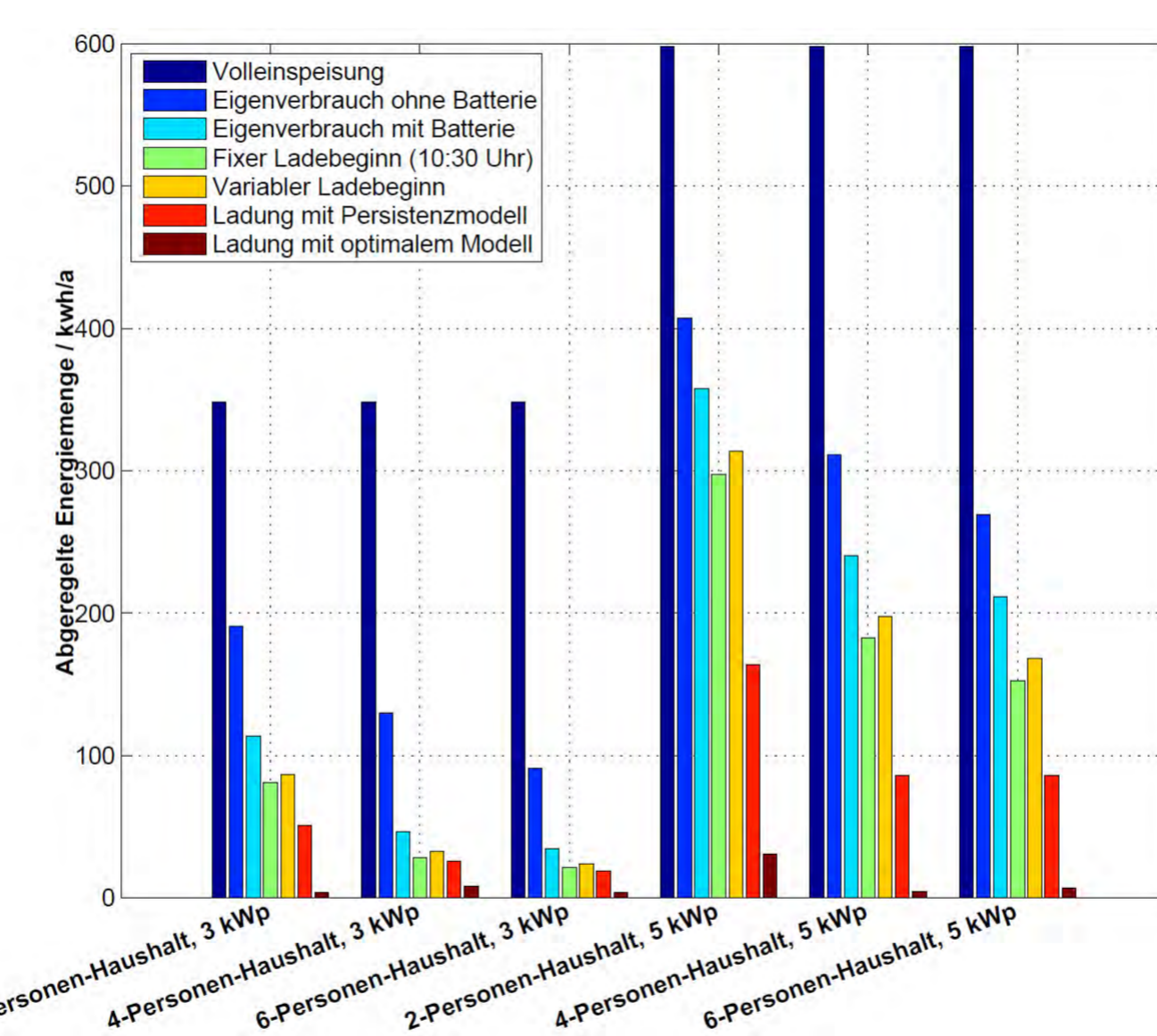
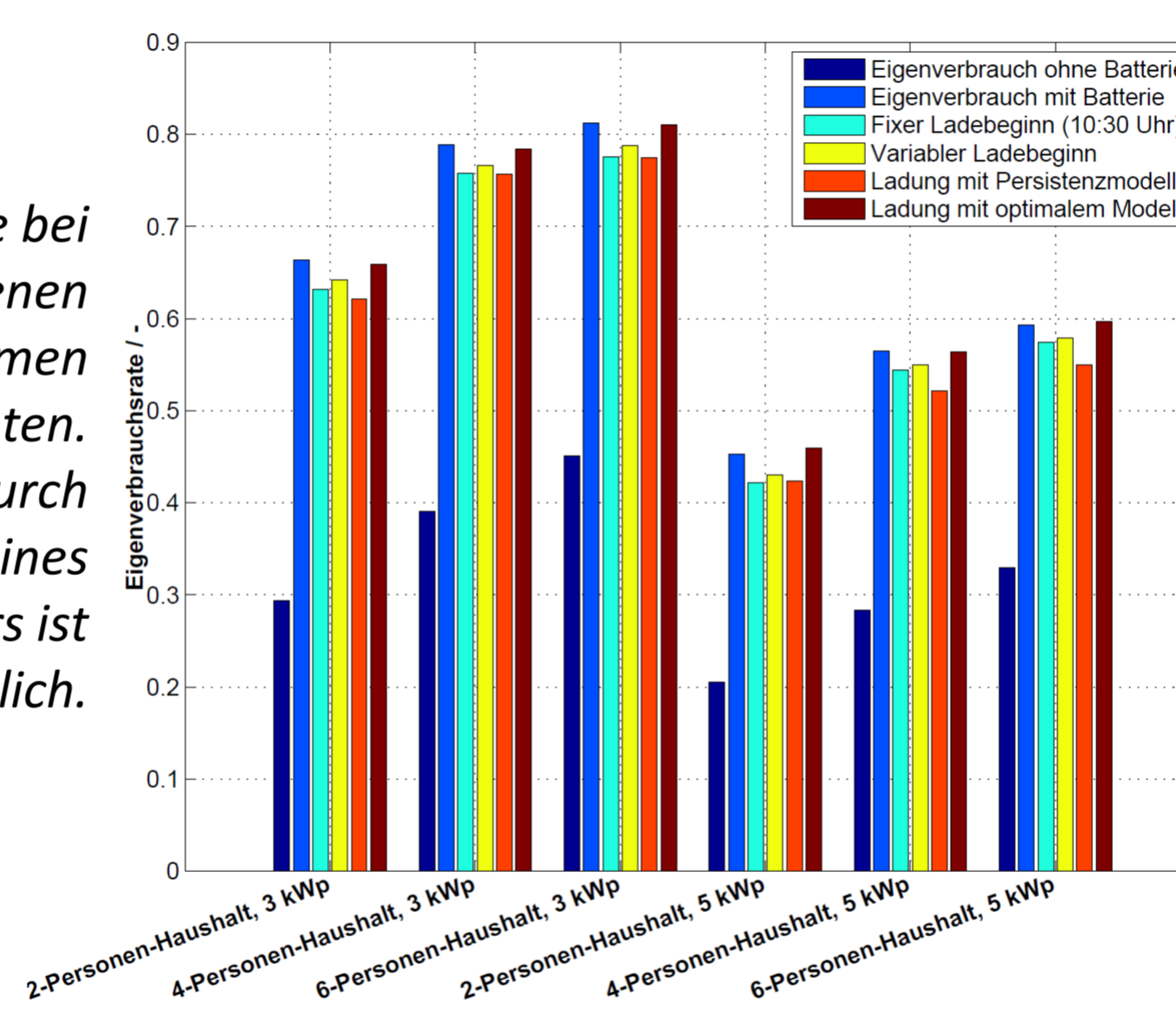
- Persistenz: Die Werte des Vortages werden als Basis herangezogen.
- Optimal Forecast: Stellt den Benchmark dar, sofern perfekte Prognosen für Wetter und Last vorhanden sind.

(4) Abregelung

Alle Modelle wurden auch mit einer zusätzlichen Limitierung der Einspeiseleistung auf 60 % der Anlagenleistung simuliert. Dadurch können etwaige Verluste bei gesetzlichen Vorgaben abgebildet werden.

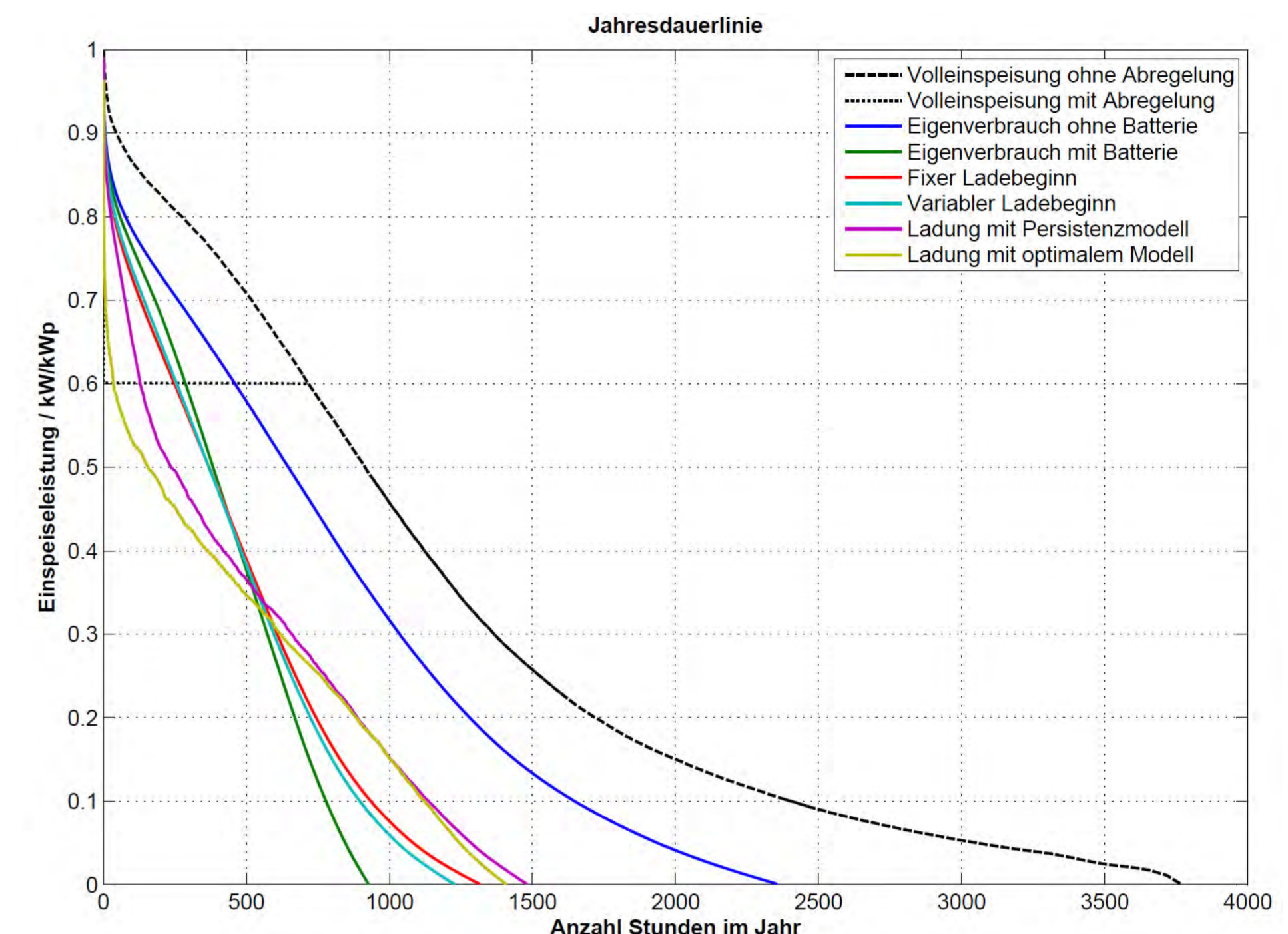
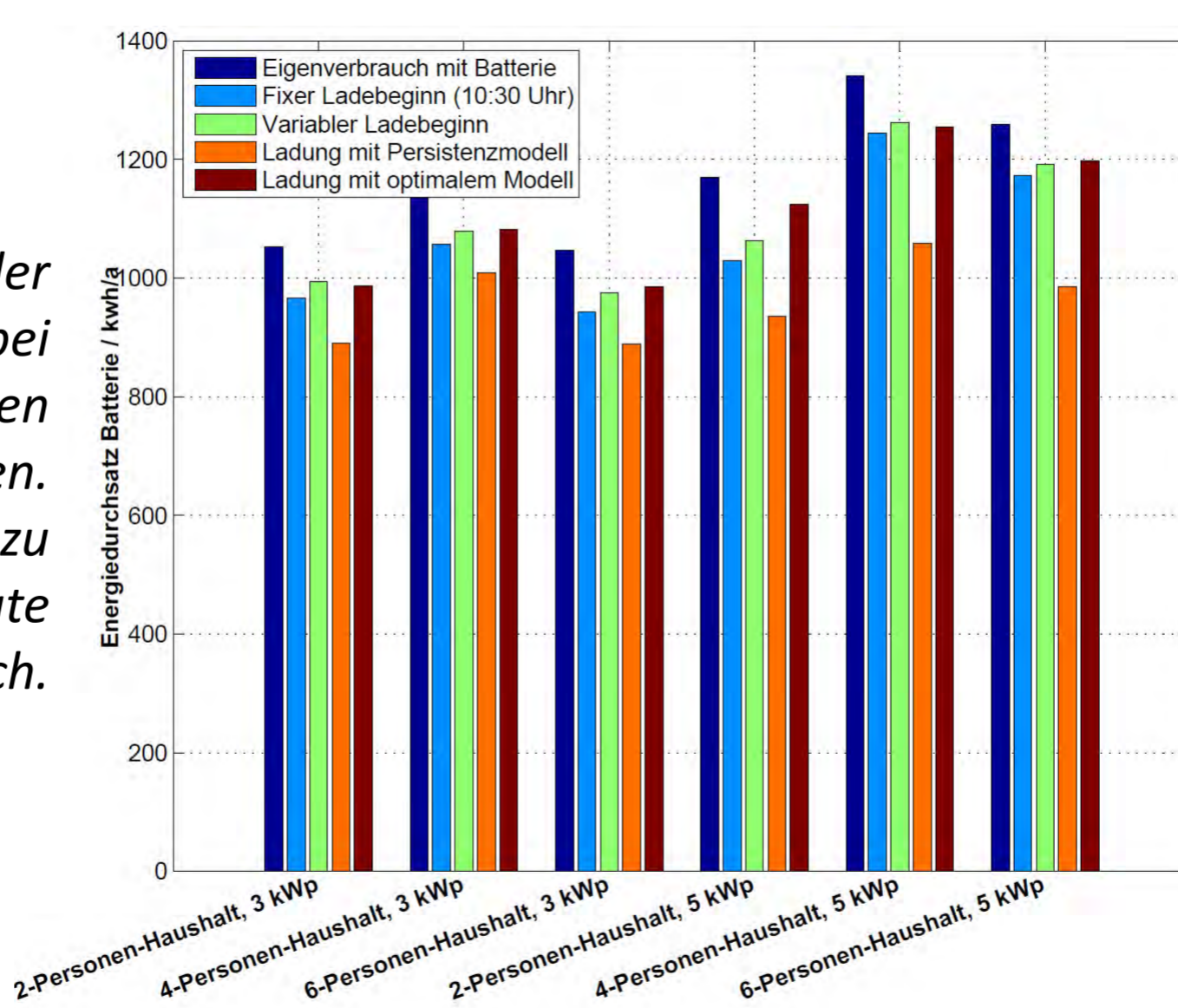
Ergebnisse

Eigenverbrauchsrate bei verschiedenen Regelungsalgorithmen und Varianten. Eine Verdopplung durch den Einsatz eines Batteriespeichers ist möglich.



Abgeregelter Energiemenge, sofern eine maximale Einspeiseleistung von 60 % zulässig ist.

Energiedurchsatz in der Batterie bei unterschiedlichen Regelungsalgorithmen. Proportionalität zu Eigenverbrauchsrate ersichtlich.



Jahresdauerlinie der relativen Einspeiseleistung, gemittelt über alle Varianten. Deutlich ersichtlich ist die Abregelung bei 60 %. Durch den Einsatz optimierter Modelle kann die Spitzenstromspeisung reduziert werden, ohne nachfolgende Abregelungen und damit Energieeinbußen in Kauf nehmen zu müssen. Ersichtlich ist jedoch auch, dass gute Prognosen erforderlich sind um die gewünschte Wirkung zu erzielen.

Randbedingungen

Batterie

Ein Speicher mit einer nominalen Kapazität von 9,8 kWh wurde in den Simulationen angenommen. Dieser wird im Ladezustandsfenster von 30-80 % betrieben. Es erfolgen regelmäßige Ausgleichsladungen.

PV-Daten

Messwerte einer 4 kWp PV-Anlage in Wels (Oberösterreich) aus dem Jahr 2010 wurden genutzt. Es erfolgte eine Skalierung auf 3 und 5 kWp mit einer zeitlichen Auflösung von 300 s.

Last-Daten

Die Lastdaten entstammen dem ADRES-CONCEPT Datensatz [Adres, 2011]. Dabei wurden drei Haushaltsprofile mit 3-5,7 MWh/a über ein Jahr in einer Auflösung von 1 s synthetisiert.

Simulation

Die Simulationen wurden mit MathWorks MATLAB R2011a über je ein Jahr in 1 s Auflösung durchgeführt. Die Wirkungsgrade wurden der Literatur entnommen.

Literatur

ADRES, 2011. Forschungsprojekt "ADRES CONCEPT". Nutzungsbedingungen für die Verwendung der ADRES-Daten. Download von

http://www.ea.tuwien.ac.at/projekte/adres_concept/ [03.04.2013]

Rechberger, P. J., 2012: Entwicklung von Energiemanagementszenarien für netzgeführte Wechselrichter mit Speicher. Masterarbeit, Fachhochschule OÖ, Campus Wels. Wels, Österreich.

Rechberger, P. J., Steinmaurer, G., Reder, R., 2013: Control Algorithms for Photovoltaic Inverters with Battery-Storage for Increased Self Consumption. In: Proceedings of I3M-Multiconference, SESDE. Athens, Greece.

Danksagungen

Die in diesem Projekt verwendeten Lastkurven entstammen der ADRES-Concept Datenbank.

„Die Daten wurden im Forschungsprojekt „ADRES-CONCEPT“ erstellt (EZ-IF: Konzeptentwicklung für ADRES – Autonome Dezentrale Regenerative Energie-Systeme, Projekt Nr.: 815 674). Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „ENERGIE DER ZUKUNFT“ durchgeführt.“