

# EINSATZ VON PROGNOSEN IN ENERGIEMANAGEMENTSYSTEMEN ZUR BERÜCKSICHTIGUNG VARIABLER TARIFSTRUKTUREN

Philipp RECHBERGER<sup>1</sup>, Wolfgang TRAUNMÜLLER<sup>2</sup>, Katharina ERK<sup>3</sup>,  
Thomas NATSCHLÄGER<sup>4</sup>, Florian ENTLEITNER<sup>5</sup>

## Inhalt

PV-Anlagen werden, sowohl bei der Neuinstallation aber auch im Bestand bereits häufig mit Speichern in Form von Akkus ausgestattet. Fallende Kosten für Speichersysteme unterstützen diesen Trend. Dabei ist die Hauptanwendung in erster Linie im Bereich der Eigennutzung von Solarstrom angesiedelt. Ein weiterer Aspekt kann die Erhöhung der Versorgungssicherheit sein. Intelligente Regelsysteme in Verbindung mit Wissen um die Umgebung des Systems können jedoch eine Vielzahl weiterer Anwendungsfelder eröffnen sowie zusätzliche ökonomische und ökologische Vorteile schaffen.

Abhängig von der Zielvorgabe müssen sich Energiemanagementsysteme ständig an die aktuellen Umgebungsbedingungen anpassen. Ist lediglich eine einfache Eigenverbrauchserhöhung erwünscht, reichen aktuelle Messwerte um ein optimales Ergebnis zu erzielen. Aber Energiesysteme, insbesondere mit Speichern, sind mit hohen Anschaffungskosten verbunden weshalb diese Möglichkeiten auch angewandt werden sollten.

Im Rahmen des Projekts EStore-M (FFG Nr. 848909) wurden Algorithmen für den Betrieb von PV-Speichersystemen im Zusammenhang mit zeitvariablen Stromtarifen entwickelt. Außerdem wurde eine Wärmepumpe als teilvariable Last zur Wärmeversorgung des Gebäudes integriert. Entsprechend notwendig waren dabei die Einbindung von Prognosen der Erzeugung, des Verbrauchs und ein selbstlernendes Modell des Gebäudes. Dadurch können nicht nur kurzfristige Veränderung, beispielsweise bei der Last, sondern insbesondere auch langfristige Effekte, die Einfluss auf die Effizienz und die Lebensdauer des Gesamtsystems haben, berücksichtigt werden.

## Methode

Für Systeme bestehend aus PV-Anlage, elektrischem Speicher und regelbaren Verbrauchern (Wärmepumpe) wurde ein Regelalgorithmus entwickelt, welcher die Speicherkapazitäten zur ökonomischen Optimierung der Energiekosten eines Haushalts betreibt. Kernelement ist dabei der Einsatz stundenvariabler Tarife für den Bezug elektrischer Energie. Der Optimierer arbeitet mit Wetter- und Lastprognosen, welche die Vorhersage des Bedarfs sowohl im elektrischen als auch thermischen Bereich ermöglichen.

Grundlage für die Optimierung bildet ein detailliertes mathematisches Modell des Gesamtsystems, welches Regelungsaspekte und Wirkungsgrade der realen Komponenten berücksichtigt. Zur Einhaltung der Rechenkapazitäten wurden einzelnen Vereinfachungen anhand einer Kosten-Nutzen-Abschätzung durchgeführt. Mit einer Auflösung von 15 Minuten werden im Stundentakt neue Fahrpläne für das Gesamtsystem erstellt, der Prognosehorizont erstreckt sich dabei über 24 h. Zur Bewertung der Funktionsweise der einzelnen Algorithmen-Entwicklungen werden diese in Simulationen getestet. Grundlage hierfür bilden hochaufgelöste Messdaten realer Anlagen und Wetterprognosen. Um eine Vergleichbarkeit mit alternativen Ansätzen zu schaffen wurden unter gleichen Rahmenbedingungen auch Simulationen mit einem einfachen Eigenverbrauchsalgorithmus sowie einem Brute-Force-Programm durchgeführt. Letzteres ist aufgrund des Datenbedarfs und Rechenaufwands nicht in der Realität verwendbar, stellt jedoch die maximal möglichen Einsparungen dar.

---

<sup>1</sup> FH Oberösterreich Forschungs & Entwicklungs GmbH, Ringstraße 43a, 4600 Wels, Tel.: +43 50804-46914, [philipp.rechberger@fh-wels.at](mailto:philipp.rechberger@fh-wels.at), [www.fh-ooe.at](http://www.fh-ooe.at)

<sup>2</sup> Blue Sky Wetteranalysen OG, Steinhüblstraße 1, 4800 Attnang-Puchheim, [www.blueskywetter.at](http://www.blueskywetter.at)

<sup>3</sup> Fronius Int. GmbH, Froniusplatz 1, 4600 Wels, [www.fronius.com](http://www.fronius.com)

<sup>4</sup> SCCH GmbH, Softwarepark 21, 4232 Hagenberg im Mühlkreis, Tel.: +43 7236 3343800, [www.scch.at](http://www.scch.at)

<sup>5</sup> Heliotherm Wärmepumpentechnik GmbH, Sportplatzweg 18, 6336 Langkampfen, [www.heliotherm.com](http://www.heliotherm.com)

Vorher wurden unterschiedliche Controller- Algorithmen in einem PV-Speichersystem ohne Kombination mit einem regelbaren Verbraucher in MATLAB/Simulink simuliert und die Energiekosten ermittelt.

Dabei zeigt sich, dass der entwickelte Receding-Horizon Ansatz nahe am Optimum (Brute-Force) arbeitet. Die Unterschiede ergeben sich durch die Detailtiefe (bspw. Abbildung der Wirkungsgrade) der einzelnen Ansätze.

Es folgte die Erweiterung um die Wärmekomponenten und Entwicklung eines selbstlernenden Algorithmus zur Parameterschätzung des jeweiligen Gebäudes um das Prognosemodell entsprechend aufstellen zu können.

Um das ausgewählte Modell auch in der Praxis zu testen, wurde eine Hardware-in-the-Loop Umgebung mit realen Komponenten und virtuellem Gebäude erstellt und mittels Algorithmus betrieben.

## Ergebnisse

In den ersten Simulationen der elektrischen Komponenten zeigten sich Einsparpotentiale mittels Receding Horizon Ansatz um bis zu 5 %, mittels Brute-Force von bis zu 20 %. Insbesondere die Qualität der Prognosen hat hierbei besonderen Einfluss. So kann der Einsatz von Persistenzmodellen auch zu zusätzlichen Energiekosten führen.

Durch die Berücksichtigung von regelbaren Lasten (Wärmepumpe) können auch thermische Speicherkapazitäten genutzt werden, wodurch der Eigennutzungsanteil erhöht und bei entsprechender Planung des Energiebezuges vom Netz dieser kostengünstig durchgeführt werden.

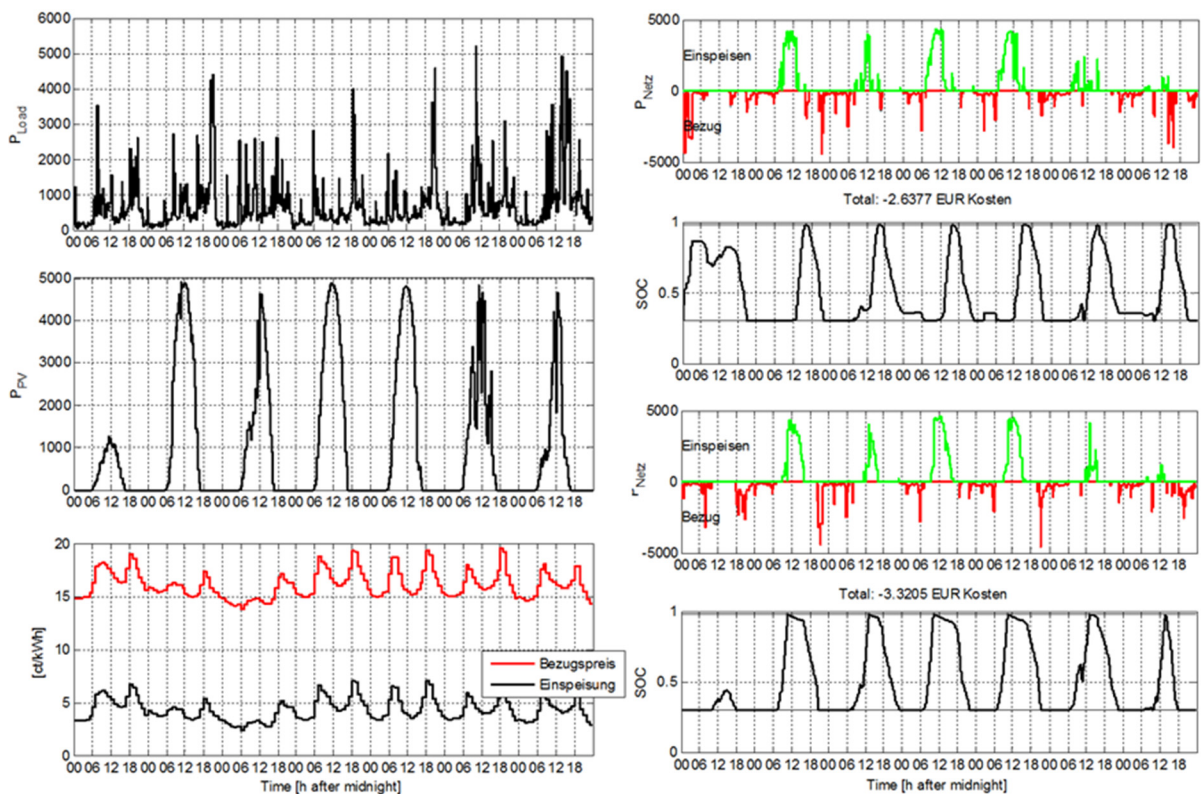


Abbildung 1: Vergleich unterschiedlicher Betriebsstrategien in der Simulation