

## **HYBRID-FLEX - OPTIMAL CHARGING OF DECENTRALISED HOT WATER STORAGE**

**Robert PRATTER<sup>\*1</sup>, Thomas NACHT<sup>2</sup>, Christian HALMDIENST<sup>3</sup>**

Das Bestreben eine zunehmend auf regenerativen Energieträgern basierende Energieversorgung zu realisieren, führt dazu, dass das Energiesystem zukünftig mehr Flexibilität auf der Verbraucherseite aufweisen muss.[1] Dieser Umstand wird durch den volatilen und dargebotsabhängigen Charakter der erneuerbaren Energieträger bedingt. Um diesen und weiteren Anforderungen, wie der Minimierung der Verluste im Hausleitungssystem, genüge zu leisten, werden im Projekt Hybrid-FLEX (Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Energieforschungsprogramms 2016 durchgeführt) die effizientere Gestaltung der Warmwasserversorgung in Mehrparteienwohnhäusern sowie die Anforderungen an Flexibilität adressiert. Dazu wurden 3 Themenschwerpunkte ausgearbeitet, die im Detail untersucht werden sollen: (1) eine großstädtische Wärmeversorgung, (2) eine Optimierung des PV-Einsatzes für die Wärmeerzeugung und (3) eine Flexibilitätsnutzung für den optimierten Stromeinkauf bei variablen Tarifen. Im 1. Fall wird eine Versorgung mittels Fernwärme und in den anderen beiden Fällen eine Versorgung mit einer durch elektrischen Strom versorgten Außenluftwärmepumpe angenommen.

Die Basis der Untersuchungen bildet das aktuell vom Projektpartner Pink vertriebene System enerboxx [2], dabei handelt es sich um dezentrale Warmwasserspeicher für Wohnungen in Mehrparteienwohngebäuden, welche von einem zentralen Wärmeerzeuger erhitzt werden. Aktuell erfolgt die Warmwasserbeladung der dezentralen Einheiten zu fix vorgegebenen Zeitpunkten. Der Beladungsprozess erfolgt dabei immer nach einem fixen Schema, der im Vorfeld der Inbetriebnahme auf den jeweiligen Anwendungsfall angepasst wird. Durch die punktuelle Ladung der dezentralen Speicher sollen im Gegensatz zu herkömmlichen Systemen die Verluste in den Rohrleitungen deutlich reduziert werden, da das Rohrsystem nicht dauernd auf Temperatur gehalten werden muss. Der Zeitpunkt der Ladung soll zukünftig je nach Themenschwerpunkt optimiert werden. Der optimierte Betrieb muss dabei eine Balance zwischen Erreichen der gewünschten Ziele (Optimierungsziel) und Komfortbeibehaltung (Nutzer\*innenziel) finden. Im Falle des Themenschwerpunktes Optimierung des PV-Einsatzes wird anhand von Prognosedaten der Globalstrahlung und der Außenlufttemperatur das optimale Zeitfenster für den Betrieb der zentralen Wärmepumpe zur Maximierung des PV-Eigenverbrauchs ermittelt. Die dafür notwendige Abschätzung des Energieinhaltes der dezentralen Speicher erfolgt über die Temperaturmessungen mit einer limitierten Anzahl an Sensoren und der Anwendung statistischer und selbstlernender Algorithmen. Daraus ergibt sich, über die Kennlinie der Wärmepumpe, die Betriebsdauer bzw. ein Strombedarfsprofil für den Betrieb der Wärmepumpe, welches der Prognose für den PV-Überschuss gegenübergestellt wird. Dabei werden sowohl Energienutzung als auch die Reduktion der Überschussleistung angestrebt. Für eine zusätzliche Flexibilisierung des Wärmebedarfs wurde der sogenannte ECO-Modus entwickelt, der es, wenn vom Bewohner gewünscht, erlaubt, die dezentralen Speicher bei geringem PV-Überschuss nur bis zu einem gewissen Energieniveau zu beladen. Ist genügend PV-Überschuss vorhanden, werden auch die Speicher im ECO-Modus komplett beladen. Dem gegenüber steht der EGO-Modus, bei dem die Speicher in jedem Fall komplett durchgeladen werden.

Die Entwicklung des Systems erfolgt in zwei Schritten: Simulation und Laborversuch. Für die Simulation kommt ein Co-Simulation-Ansatz zur Anwendung, welcher die Programme Simplex und Matlab miteinander kombiniert. In Simplex werden die Hardwarekomponenten sowie die aktuelle Steuerung des Systems enerboxx abgebildet. In Matlab wird der Optimierer entwickelt, der die Empfehlungen (optimale Ladezeit, etc.) an das System in Simplex weitergibt. Der Fokus der Modellentwicklung liegt dabei auf der nachfolgenden realen Umsetzung, die Modelle berücksichtigen daher nur tatsächlich mess- und erfassbare Werte.

---

<sup>1</sup> 4wardEnergy Research GmbH, Reininghausstraße 13A, 8020 Graz, 0664/88500337, robert.pratter@4wardenergy.at

<sup>2</sup> 4wardEnergy Research GmbH, Reininghausstraße 13A, 8020 Graz, 0664/88500336, thomas.nacht@4wardenergy.at

<sup>3</sup> Pink GmbH, Bahnhofstraße 22, 8665 Langenwang, 06641434305, c.halmdienst@pink.co.at

Anschließend an die Validierung des Simulationsmodells wird der in Matlab programmierte Optimierer auf das Energiemanagementsystem SEMS [3] des Projektpartners Levion übertragen und mit der aktuellen Steuerung in einem Laborversuch gekoppelt, um das tatsächliche Verhalten des Systems zu erproben und einen Vergleich zwischen Simulation und Realität zu ermöglichen.

Die ersten Simulationsergebnisse der PV-Eigenbedarfsoptimierung zeigen, dass mit dem Enerboxx-system die Verluste in den Verteilrohrleitungen im Vergleich zu einem Zirkulationssystem ohne Wohnungsspeicher deutlich niedriger sind. Das ist auf die optimierte Ladestrategie der enerboxxen zurückzuführen, durch die die Rohrleitungen nur zweimal am Tag für einen kurzen Zeitraum erwärmt werden müssen. Da die enerboxxen selbst nur sehr geringe Verluste aufweisen kann somit der Gesamtverlust deutlich reduziert werden. Als Referenzfall wurde einen Mehrparteienhaushalt mit drei enerboxxen und einer angenommenen Rohrlänge von 66 m ausgewählt. Die Verluste betragen in diesem Fall 5,84 MWh, was einen Anteil von 36 % der von der Wärmepumpe bereit gestellten Wärme ausmacht. Durch den Einsatz der in Abbildung 1 dargestellten optimierten enerboxxen können die Verluste um 31 % auf ca. 4 MWh reduziert werden. Außerdem wird die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe signifikant von 1.98 auf 2.6 erhöht, wodurch der Strombedarf der Wärmepumpe von 8,2 MWh auf 5,5 MWh sinkt. Bei einem größeren Wohnhaus schlagen diese Vorteile noch deutlicher zu buche.

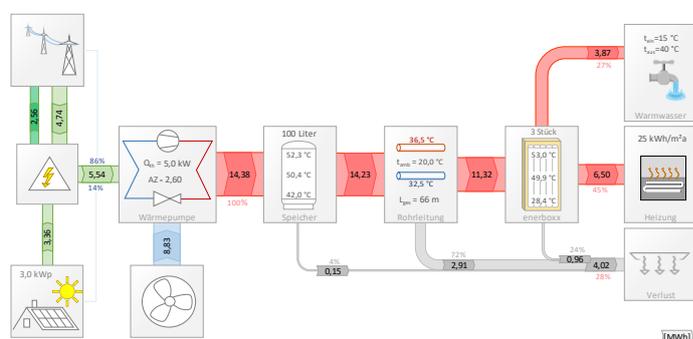


Abbildung 1: Referenzfall für die PV-Eigenbedarfsoptimierung

Im Standardbetrieb werden die enerboxxen um 5 Uhr und um 17 Uhr beladen. Eine Verschiebung der Ladefenster auf einen späteren Zeitpunkt wurde zur Sicherstellung des Komforts der Nutzer vorerst nicht berücksichtigt. Eine Verschiebung ist daher nur auf einen früheren Zeitpunkt möglich. Damit ergibt sich, dass die Morgenladung im Szenario der Optimierung des PV-Einsatzes nicht zur Verfügung steht. Im Falle der PV-Einsatzoptimierung wird die Morgenladung daher stets um 5 Uhr durchgeführt, das ist für die Strategien der anderen beiden Themenschwerpunkte nicht der Fall. Die Optimierung berücksichtigt ebenfalls, dass zwischen Morgen- und Abendladung stets ausreichend Zeit verstreicht. Für die PV-Einsatzoptimierung ergibt sich daher ein maximales Verschiebefenster für die Abendladung von 4 Stunden. Die Aufgabe des Optimierers ist es für die Abendladung das optimale Zeitfenster im Zeitraum zwischen 13 und 17 Uhr zu finden, sowie zu bestimmen, ob die enerboxxen für die der ECO-Modus gewählt wurde, komplett oder nur teilweise beladen werden. Durch die Optimierung der Beladungszeit, kann der Eigenverbrauch der PV-Erzeugung um 10 % gesteigert werden, was zeitgleich einer Steigerung des PV-Anteils der elektrischen Antriebsenergie der Wärmepumpe um 6 % entspricht. Eine Auswahl der wichtigsten Resultate ist in Abbildung 2 dargestellt.

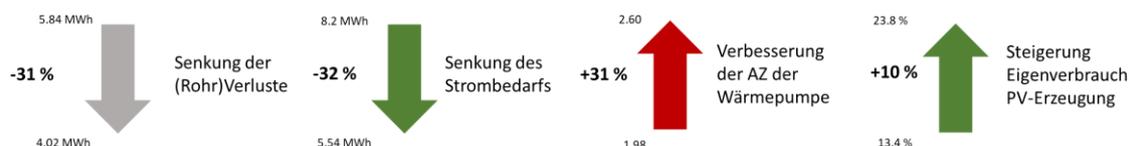


Abbildung 2: Verbesserung ausgewählter Kennzahlen durch den Einsatz der optimierten enerboxxen

## Referenzen

- [1] Zöphel C. 2017. Flexibilitätsbedarf in unterschiedlichen Energiesystemen mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien, IEWT 2017, Wien, <https://eeg.tuwien.ac.at>
- [2] <https://www.pink.co.at/enerboxx.htm>
- [3] <https://www.levion.at/>