

# MARKTTEILNAHME VON ENDKUNDINNENFLEXIBILITÄT DURCH POOLING

Regina HEMM<sup>1</sup> (\*), Christian FUCHS<sup>1</sup>(\*), Tara ESTERL<sup>1</sup>, Johanna SPREITZHOFFER<sup>1</sup>(\*), Stefan HAUER<sup>1</sup>, Christoph BACHER<sup>2</sup>, Paul SUMERAUER<sup>2</sup>

## Einführung

Um die Klimaziele 2030 zu erreichen wird in Europa der Ausbau erneuerbarer Energieträger stark vorangetrieben. Durch die hohe Abhängigkeit von Umwelteinflüssen, führt der Einsatz nachhaltiger Technologien wie Windenergie und Photovoltaik jedoch zu Schwankungen im Stromnetz. Diese Problematik erfordert den Einsatz von Speicherkapazitäten, die Energie bei einem Überschuss aufnehmen, und bei einem Mangel wieder abgeben können. Diese Kapazitäten sind in den Haushalten vieler EndkundInnen in der Form Wärmepumpen, welche in dieser Arbeit behandelt werden, aber auch Elektroboilern, Elektroautos und Batterien bereits zu finden. Werden mehrere dieser Komponenten zu sogenannten Pools verbunden, kann die entstehende Flexibilität verwendet werden, um Schwankungen in der Erzeugung durch Einspeisung und Abgabe von Energie auszugleichen. Im Rahmen des Forschungsprojektes Flex+<sup>3</sup> wird das Potential von diesen Komponentenpools zur Netzstabilisierung und Ertragsmaximierung am Day-Ahead- und Regenergiemarkt untersucht. Die flächendeckende Nutzung der Flexibilität der Wärmepumpen kann aufgrund der Speicherkapazität der Gebäude und der Warmwasserspeicher zur Dekarbonisierung und einem stabilen Stromnetz beitragen. Das Projekt Flex+ wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms Energieforschung durchgeführt.

## Methodik

Der Handel eines Stromprodukts am Day-Ahead- und Regenergiemarkt findet einen Tag vor dessen Lieferung statt. Um die ideale Menge an Energie, den sogenannten Fahrplan, für jede Komponente zu bestimmen, werden mathematische Modelle, Optimierungsansätze und geeignete Simulationsumgebungen verwendet. Die Modelle berücksichtigen die physikalischen Eigenschaften der Komponenten und der Gebäude, das Marktdesign der Day-Ahead- und Regenergiemärkte sowie Prognosen für diese Strommärkte, Wetter und Warmwasserverbrauch. In Abbildung 1 sind die Zusammenhänge der Optimierung schematisch dargestellt.

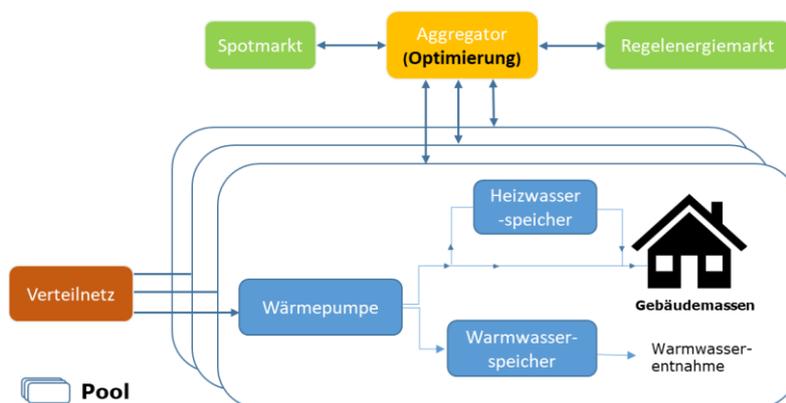


Abbildung 1 Zusammenhänge zwischen allen Komponenten

Unter Verwendung eines Mixed-Integer-Linear-Programming-Algorithmus wird dieses Optimierungsproblem gelöst und dabei die Gesamtkosten minimiert, was über günstigere Stromtarife vom Lieferanten an die KundInnen weitergegeben wird. Diese Gesamtkosten setzen sich aus Energiekosten, Netzkosten und Erlösen am Regenergiemarkt zusammen. Bei Abweichungen von

<sup>1</sup> AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 2, 1210 Wien, [www.ait.ac.at](http://www.ait.ac.at)

<sup>2</sup> IDM-Energiesysteme GmbH, Seblas 16-18, 9971 Matrei in Osttirol, [www.idm-energie.at](http://www.idm-energie.at)

<sup>3</sup> <https://www.flexplus.at/>

Prognosen kann am Intraday-Markt stündlich Energie nachgekauft werden. Dadurch entstehende Kosten oder Erlöse werden ebenfalls in den finalen Kosten miteinbezogen. Der Optimierer darf sowohl positive als auch negative Regelenergie in Form von 4h-Produkten am Markt anbieten. Die Erbringung positiver Regelenergie erfolgt dabei durch das Reduzieren der Leistung der Komponenten. Um die Trading-Strategien realistisch abzubilden, wird eine Niedrigpreisstrategie am unteren Ende der Merit Order, als auch eine Hochpreisstrategie mit einer Position am oberen Ende der Merit Order vom Optimierer berücksichtigt.

Die Optimierung des Wärmepumpenpools erfolgt in zwei Schritten. Zuerst wird eine Kalibrierung des Gebäudemodells auf Basis von Monitoringdaten durchgeführt, im Anschluss findet die Fahrplannerstellung für den nächsten Tag statt:

Das Gebäudemodell wird mithilfe der Solarstrahlungsdaten, Außentemperaturdaten und Wärmezufuhr der letzten zwei Tage kalibriert. Dieses basiert auf einem mathematischen Widerstand-Kapazitätsmodells (RC), das als Zustandsraumgleichungen dargestellt wird. Es werden Raum- und Gebäudetemperaturen sowie dessen thermische Speicherkapazitäten betrachtet. Das Modell wird so kalibriert, dass das thermische Verhalten der Raumtemperaturen möglichst nahe an die gemessene Referenztemperatur herankommt. Die resultierenden Zustandsraummatrizen werden als Input für die (Gebäude-) Speichergleichungen des Optimierungsmodells verwendet. Jedes Gebäude kann zusätzlich noch einen Pufferspeicher und einen Warmwasserspeicher besitzen. Das Wärmepumpenmodell basiert auf real gemessenen Werten für verschiedene Drehzahlen, Wärmequellen- und Außentemperaturen sowie den zugehörigen elektrischen und thermischen Leistungen. Für die Optimierung von Pools mit vielen Komponenten ist die durch die vielen thermischen Zusammenhänge bedingte stückweise Linearisierung sowie die Verwendung von Binärvariablen laufzeittechnisch nur bedingt geeignet. Daher wird ein linearer Wirkungsgrad für die Pooloptimierung unter der Berücksichtigung der variierenden Wärmequellen- und Außentemperaturen vorgeschlagen. Anschließend berechnet der Optimierungsalgorithmus, welche Energiemengen auf welchen Märkten für den nächsten Tag angeboten werden sollen, mit der Bedingung, dass gewisse Raumkomfortkriterien des Gebäudes bzw. Speichertemperaturgrenzen nicht verletzt werden dürfen. Es entsteht ein Fahrplan aus einer Kombination von Day-Ahead- und Regelenergiemengen. Für den Intraday-Nachkauf wird vom Optimierer eine bestimmte Leistungsmenge vorgehalten, damit die gesamte angebotene Regelenergie auch erbracht werden kann.

## **Ergebnisse**

Ziel der untersuchten Optimierungsaufgaben ist es, die Höhe der Einsparungen unter der Teilnahme an den verschiedenen Märkten, im Vergleich zu einem herkömmlichen Referenzszenario zu bestimmen. Diese Einsparungen liegen in der Größenordnung von 20-40€/kWh bei einem Wärmepumpen-Pool. Die Höhe der Einsparungen hängt sehr stark von der Qualität der Erzeugungs-, Verbrauchs und Preisprognosen ab. Weichen die tatsächlichen Daten sehr stark von den prognostizierten ab, muss dementsprechend mehr Strom am Intraday-Markt nachgekauft werden. Außerdem muss nicht nur eine maximale Abweichung der Regelenergieabrufe miteingeplant werden, sondern auch eine Abweichung des Nutzerverhaltens, welche sich nicht exakt prognostizieren lässt. Durch den Betrieb der Komponenten bei Arbeitspunkten mit ungünstigeren Wirkungsgraden bzw. auch möglichen höheren Verlusten (z.B. des Gebäudes, bei höheren Temperaturen) kann sich ein erhöhter Gesamtverbrauch ergeben, sogenannte Nachholeffekte. Diese können zu einem höheren Gesamtverbrauch für die EndkundInnen führen, jedoch bei geringeren Gesamtkosten. Um die Vorteile für die EndkundInnen nutzen zu können, müssen passende Anreize für diese geboten werden.

## **Ausblick**

Im Rahmen des Forschungsprojekts Flex+ werden die für die Optimierung verwendeten Algorithmen implementiert, in eine Cloudlösung eingebunden und im realen Betrieb eines echten Pools getestet. Die dabei verwendeten Wärmepumpen der Firma iDM lassen sich bereits individuell ansteuern. Neben der möglichen Vorgabe eines Fahrplanes werden diese zusätzlich auf kurzfristige Anforderungen des Regelenergiemarktes reagieren. Durch den realen Feldtest mit mindestens 20 Wärmepumpen lassen sich die Flexibilitätspotenziale der Wärmepumpen noch besser validieren.