

## Intelligentes Energiemanagement für die dezentrale Energieversorgung

Klassische Heizungsregelungen schöpfen das Potenzial moderner Hybridanlagen nicht aus. Ein intelligentes Energiemanagement muss die Bedürfnisse des zu versorgenden Haushaltes optimal befriedigen und gleichzeitig wirtschaftlich sowie effizient arbeiten. Für diese Aufgabenstellungen stellt die dynamische Systemsimulation ein entscheidendes Werkzeug dar.

Michael F. Mlynski, Houda Karaki

Bei der dezentralen Wärme- und Stromversorgung von Wohngebäuden stellen moderne Heizungs- und Energieversorgungsanlagen ein wesentliches Element zur nachhaltigen Verbesserung der Energieeffizienz dar. Die Vielzahl unterschiedlicher Technologien und die Komplexität der Systeme werfen vielfältige Fragen auf, beispielsweise nach

der optimalen Anlageninstallation oder wie die Heizungsregelungen zu modifizieren sind, um das Potenzial moderner (Hybrid-)Anlagen auszuschöpfen.

Fragestellungen der vorgenannten Art können mit einfachen Bilanzierungsrechnungen kaum beantwortet werden. Hier werden zunehmend dynamische Systemsimulationen eingesetzt. Diese erlauben einen detaillierten Blick auf das Anlagenverhalten sowie die Betriebsweise der einzelnen Anlagenkomponenten [1].

Um die Dynamik der Anlagen korrekt abzubilden, werden typischerweise Simulationsschrittweiten von einer Minute und kleiner gewählt, sowohl bei der Analyse einzelner Szenarien als auch bei durchgängigen Jahressimulationen. Gleichzeitig müssen die Simulationen schnell sein; Jahressimulationen sollten deutlich unter 5 min dauern.

### Autor:

Dr.-Ing. Michael F. Mlynski und Houda Karaki sind für die EUTECH Scientific Engineering GmbH in Aachen tätig.

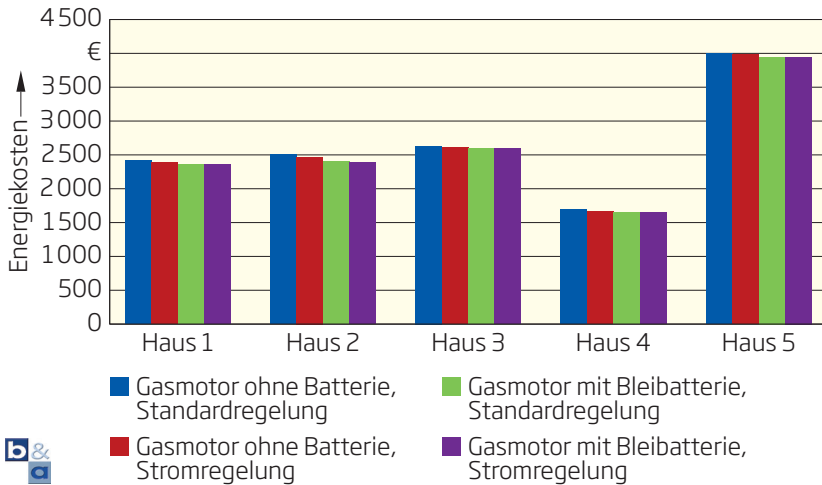


Bild 1: Sowohl mit einer Standardregelung als auch mit einer stromgeführten Regelung sind die Einsparungen bei den Energiekosten gering

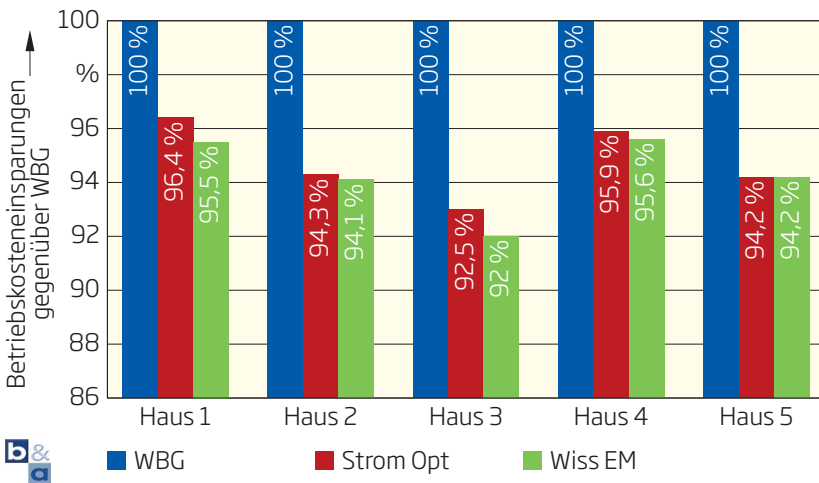


Bild 2: Vergleich einer wärmebedarfsgeführten Regelung (WBG), einer intelligenten stromoptimierten Regelung (Strom Opt) und eines wissensbasierten Energiemanagers (Wiss EM)

## Richtiger Detaillierungsgrad

Ein wesentlicher Aspekt ist, für die Modellierung den richtigen Detaillierungsgrad festzulegen [2, 3]. So müssen beispielsweise bei der Modellierung von Heizkreisen keine Phasenübergänge des Wassers modelliert werden, da sich das Wasser stets im flüssigen Zustand befindet. Hingegen ist bei einem Brennwertgerät die Modellierung des Phasenwechsels des Abgasmediensstroms von entscheidender Bedeutung.

Ein weiterer Aspekt ist der Modellierungsaufwand: Muss für jede Anlageninstallation ein neues Modell erstellt werden, beispielsweise durch Anpassung eines bestehenden Modells, so ist der damit verbundene Entwicklungs- und Testaufwand unverhältnismäßig hoch. Hier empfiehlt es sich, ein generisches Modell zu erstellen. Mittels Parametrierung kann dann die jeweilige Anlagenkonstellation und -hydraulik eingestellt werden.

Bereits bei der Analyse unterschiedlicher Anlagenauslegungen stoßen reine Bilanzierungsberechnungen schnell an ihre Grenzen. Durchgängige, dynamische Jahressimulationen ermöglichen es hier, unterschiedliche Anlagenkonfigurationen auch im

Detail zu analysieren, ohne dass der Aufwand von Langzeittests am Prüfstand oder gar Feldversuchen betrieben werden muss [4].

## Bleibatterien für $\mu$ KWK-Anlagen

Beispielhaft sei diskutiert, ob im Falle von  $\mu$ KWK-Anlagen der Einsatz von Bleibatterien zur Zwischenspeicherung des eigenproduzierten Stroms zu signifikanten Energiekosteneinsparungen führen kann. Bild 1 zeigt für eine Anlage mit Gasmotor (7 kW thermisch), Zusatzheizgerät (5 kW) und Kombispeicher (750 l) die Ergebnisse für fünf Gebäude (Baujahr 1980–1999, beheizte Fläche 140 m<sup>2</sup>–180 m<sup>2</sup>; Strom- und Erdgasstarife aus 2012): Sowohl mit einer Standardregelung als auch mit einer stromgeführten Regelung sind die Einsparungen bei den Energiekosten gering (62,68 €/2,4 % bzw. 39,14 €/1,5 %). Simulationen mit variablen Stromtarifen (24 Tarife pro Tag) ergeben ähnliche Resultate (43,52 €/1,5 % bzw. 19,37 €/0,7 %). Trotz der im Falle von Bleibatterien verhältnismäßig geringen Investitionskosten rechnet sich die Installation also nicht. In der Detailanalyse können die Ursachen analysiert werden (Betriebspunkte, Be- und Entladeverluste, Netzbezug und Netzeinspeisung). Auf diese Weise kann bereits im Vorfeld entschieden werden, welche Batterietechnologien bei welcher  $\mu$ KWK-Technologie und Geräteleistung sinnvoll zum Einsatz gebracht werden können.

## Erzeugung von Wärme und Strom

Vor allem bei der kogenerativen Erzeugung von Wärme und Strom kommt dem Energiemanagement eine zentrale Bedeutung zu. Dies ist darin begründet, dass Wärme und Strom zwar zeitgleich produziert werden, der Bedarf bzw. Verbrauch jedoch meist zeitversetzt ist. Untersuchungen haben gezeigt, dass weder rein wärmegeführte noch rein stromgeführte Regelungen das volle Potenzial von  $\mu$ KWK-Anlagen abschöpfen. Intelligente Energiemanager können hier nennenswerte Effizienzsteigerungen und Kostenersparungen erzielen. Dabei kommen Techniken aus dem Bereich adaptiver Regelungen und der künstlichen Intelligenz zum Einsatz, beispielsweise modellprädiktive Regler [5], Fuzzy-Regler [1], wissensbasierte Systeme [2], Optimierer von Kostenfunktionen [6] und Linear-Programming [7].

Die von der „EUTECH Scientific Engineering“ entwickelten Energiemanager berücksichtigen gleichermaßen alle relevanten Komponenten als auch Randbedingungen: die Verbraucherseite, die Erzeugerseite, die verfügbaren Speicher als auch die Energiekosten. Die Energiemanager werden direkt an das Simulationsprogramm angekoppelt.

Damit lassen sich innerhalb weniger Minuten ausgedehnte Versuche fahren, die in realen Feldversuchen ein oder mehrere Jahre und viele Installationen benötigen würden. Bild 2 zeigt beispielhaft die Ergebnisse eines Vergleichs einer wärmebedarfsgeführten Regelung (WBG), einer intelligenten stromoptimierten Regelung (Strom Opt) und eines wissensbasierten Energiemanagers (Wiss EM). Simuliert wurde ein modulierender Gasmotor (4 kW bis 8 kW thermisch; Zusatzheizgerät 4 kW; 900 l Kombispeicher), der in den gleichen Gebäuden wie in Bild 1 eingesetzt wird. Die Ergebnisse zeigen, dass mit intelligenten Regelungen nennenswerte Kosteneinsparungen erzielt werden können (97,18 € bis 169,03 €/Jahr; Durchschnitt 141,47 €/Jahr).

## Portierung auf Zielplattform

Die Werkzeuge der „EUTECH“ erlauben es, verschiedene Regelungen und Energiemanager über eine offene Schnittstelle an die Simulationsplattform anzukoppeln. Dadurch ist es möglich, sowohl Prototypen als auch fertigen Firmwarecode in der Simulation laufen zu lassen und zu analysieren. Zur Portierung der Regelung auf die jeweilige Zielplattform ist dann lediglich die Datenschnittstelle auszutauschen bzw. umzuschalten.

## Literatur

- [1] G. Krost, J. Matcis, G. Dubielzig: Adaptiver Energie- und Lastmanager für Gebäude mit Mikro-KWK-Anlagen, KWK-Anlage. Geförderte Arbeit des BMWA, Zeichen 14356 N, Universität Duisburg/Essen, Gaswärme-Institut e. V., 30. November 2007
- [2] M. Mlynski, F. Turoni, A. Hlawenka, M. Schreiber: Design, Simulation and Evaluation of Domestic Micro-CHP Units, Conference Proceedings of the 3rd International Green Energy Conference, June 17-21, 2007, Västerås, Sweden
- [3] J. Pawlik, H. Klaschinsky, R. Dippel, M. Mlynski, A. Hlawenka, V. Denneberg: Simulation of Operation, Energy Savings, and CO<sub>2</sub> Balance of a Domestic Fuel Cell Energy Center. Fuel Cells, From Fundamentals to Systems, June 2007, Volume 7, Issue 3
- [4] M. Behaneck: BHKW-Simulation: Wärme und Strom nach Plan. TGA Fachplaner, 03-2012
- [5] M. D. Allen, R. O. Bowyer, J. W. Hartick, D. E. Toutoungi: Managing Subsystem choices and their impact on fuel cell CHP performance and economic viability. Scientific Advances in Fuel Cell Systems, 6.10.-7.10.2004, Munich, Germany
- [6] M. Vetter: Simulationsbasierte Entwicklung von Regelstrategien. H2Tec, Ausgabe August 2005
- [7] C. Gähler, M. Gwerder, R. Lamon, J. Tödtli: Optimal Control of Cogeneration Building Energy Systems, Proceedings of Clima 2007, WellBeing Indoors