

Optimization-Based Assessment of Business Models for Future District Heating and Cooling Systems (Master thesis)

Autor: Maximilian Hoffmann
Erstprüfer: Univ.-Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo
Betreuung: Dipl.-Wirt.-Ing. Frieder Borggrefe M.Sc..

Kurzfassung

Zu den neuesten Entwicklungen im Rahmen der Wärmewende gehören niedertemperierte Wärme- und Kältenetze der 5. Generation für Wohnquartiere (5GDHC), in welchen mittels Wärmepumpen die gewünschten Temperaturniveaus erst am Ort des Anwenders erzielt werden. Durch die niedrigen Temperaturniveaus und die damit einhergehenden zahlreichen Möglichkeiten zur Abwärmeeinbindung zeichnen sich 5GDHC-Netze durch hohe Effizienz und geringe Wärmeverluste bei gleichzeitig hohem Anteil erneuerbarer Energien aus.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Bewertung von Geschäftsmodellen aus Erzeuger- und Konsumentensicht. Am Beispiel des gegenwärtig im Bau befindlichen Stadtparks Hassel werden hierzu Modellierungsansätze entwickelt, um individuelles Konsumentenverhalten und die vertraglich geregelte Interaktion zwischen Konsumenten und Energieanbietern in Energiesystemmodellen zu berücksichtigen. Diese werden in Energiesystemoptimierungen bislang weitgehend vernachlässigt.

Zu diesem Zweck werden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene Vertragsstrukturen hinsichtlich der Kosten und Profite von Konsumenten und Anbietern sowie ihrer Abweichung vom makroökonomischen Optimum untersucht. Des Weiteren werden verschiedene Regularien, darunter Preisdeckelung, CO₂-Besteuerung und Subventionierung von Investitionskosten für Konsumenten und Anbieter im Hinblick auf ihre Einzelentscheidungen, Gesamtkosten und resultierenden CO₂-Emissionen untersucht.

Die Ergebnisse im Umfang von etwa 400.000 Einzeloptimierungen zeigen, dass konstante Energiepreise zusichernde Energieverträge in Quartierssystemen mitunter falsche Anreize für die Konsumenten und Energieanbieter setzen können. Zudem kommt es bei derartig gestalteten Verträgen immer zur mehr oder weniger gravierenden Abweichungen vom gesamtwirtschaftlichen Optimum, was auch für eine zusätzliche Regulatorik beobachtet werden kann.

Als in diesem Zusammenhang überlegene Regulierungsformen haben sich dabei eine CO₂ Besteuerung der Konsumenten und Subventionierung des Quartierssystembetreibers erwiesen, dessen Energiepreise jedoch im Gegenzug gedeckelt werden sollten, um eine Abnahme durch die Konsumenten zu gewährleisten. Die Ergebnisse legen nahe, dass eine Subventionierung einerseits immer mit einer Besteuerung abweichenden Verhaltens oder Preisdeckelung andererseits wirtschaftlich ausgeglichen werden sollte. Zudem zeigt diese Arbeit auf, dass effizientere, jedoch geringfügig teurere Komponenten angesichts steigender Energiepreise mittelfristig vorzuziehen sind.

Abstract

5th generation district heating and cooling (5GDHC) belongs to the latest trends within the heat transition. In these networks, distributed heat pumps and compression chillers are used to obtain the demanded temperature levels locally, whereas the network's temperature remains at a level of 5-40°C. Due to the low temperature levels and the therefore manifold options for waste heat integration, 5GDHC networks are characterized by a high efficiency and low heat losses as well as by high shares of renewable energy sources.

This work focuses on the assessment of business models from both a provider and consumer perspective and is based on a case study for a specific city district currently planned and under construction in Hassel, Germany. For the case study, optimization-based energy system models are extended to account for individual consumer behavior and the contractually governed interaction between consumers in the city district and local energy providers.

In the selected approach, different contract structures with respect to costs and profits of consumers and energy providers as well as their deviation from an overall social welfare optimum are investigated. Furthermore, this work also considers legal regulations and federal funding options such as price ceiling, CO₂ taxation and subsidization of investments into climate-friendly technologies, which are analyzed with respect to their impact on individual decision-making, total system costs and resulting CO₂ emissions.

The results comprise approximately 400.000 single (sub-)system optimizations and imply, that in district systems, contractually governed constant energy prices may set wrong incentives for energy consumers and providers. Moreover, these contracts always lead to more or less suboptimal deviations from the macro-economic optimum and similar phenomena can be observed for additional regulations.

The analysis shows that CO₂ taxes for the energy consumers and subsidies for climate-friendly technologies have been proven to be a preferable regulation scheme, whereby, however, a price ceiling for the provider's energy prices should be introduced in order to avoid a shift of the energy consumers towards less climate-friendly supply options. This implies that well-designed and financially balanced regulation schemes should include subsidization on the one, but taxation of deviating behavior or price ceiling on the other hand. Finally, this work illustrates that, at times of rising energy prices, more efficient, but slightly more expensive technologies should be favored in the medium term.