

Modellierung der netzgebundenen Wärme- versorgung in Quartieren

Philipp Huismann

Masterarbeit

September 2018

LEE-D-597

Kurzfassung

Um die Klimaziele und einen erneuerbaren Energiesektor zu erreichen, muss der geringe Anteil erneuerbarer Energien im Wärmesektor erhöht werden. Niedertemperaturwärmenetze können durch die Integration von erneuerbaren Wärmequellen einen wesentlichen Einfluss auf die Dekarbonisierung des Wärmesektors haben. Darüber hinaus kann der Wärmesektor, Flexibilität und Ausgleichsmaßnahmen für die zunehmend fluktuierende Stromerzeugung durch Photovoltaikanlagen und Windkraftanlagen bereitstellen. Um Auswirkungen solcher Energiesysteme zu untersuchen und ihre Potentiale zu quantifizieren, wird die Modelica-Bibliothek *IntegraNet* entwickelt. Für diese Bibliothek erfolgt in dieser Arbeit die Erstellung von Modellen, um die flexible und benutzerfreundliche Simulation von Wärmenetzen zu ermöglichen. Die Modelle werden anhand des geplanten Niedertemperaturwärmenetzes des Quartiers *Wasserstadt Aden* eingesetzt, um die Wärmeverluste zu bestimmen und Potentiale für die Sektorenkopplung zu untersuchen. Dieses Niedertemperaturwärmenetz basiert auf dezentralen Wärmepumpen und Grubenwasser als Wärmequelle. Zunächst erfolgt die Untersuchung bestehender Modelle auf ihren möglichen Einsatz in Simulationen von Wärmenetzen. Ein neues Rohrmodell nach dem PlugFlow-Ansatz mit signifikant besserer Ergebnissen für Temperaturdynamik und Wärmeübertragung wird modelliert. Es werden zusätzliche Modelle erstellt, um die Benutzerfreundlichkeit der Modellierung von Wärmenetzen zu verbessern. Für die Simulation der *Wasserstadt Aden* werden Lastprofile für den Wärme- und Strombedarf erzeugt. Die Simulationsergebnisse des Wärmenetzes zeigen, dass 25 % der eingespeisten Wärmeenergie verloren gehen. Niedrige Strömungsgeschwindigkeiten führen zu niedrigen Vorlauftemperaturen in Gebieten mit hohem Wohngebäudeanteil. Zusätzlich wird die Übergangszeit von Winter zu Sommer als kritischer Betriebspunkt des Netzwerks identifiziert. Ein geringer Wärmebedarf, aufgrund erhöhter Umgebungstemperaturen bei gleichzeitig niedrigen Bodentemperaturen, führt in dieser Zeit zu einer geringen Umwälzung des Wärmeträgers und daraufhin zu niedrigen Vorlauftemperaturen. Mit der Kombination von Wärmepumpen und Photovoltaik wird das Potential für Power-to-Heat für zwei Szenarien mit 100- und 50- prozentiger Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Dachflächen untersucht. Die Ergebnisse beider Szenarien zeigen, dass das Potenzial von Wärmepumpen zur Reduzierung der negativen Residuallast gering ist. Der Großteil der von den Wärmepumpen gelieferten Wärme wird zu Zeiten benötigt, in denen die Stromerzeugung aus Photovoltaik gering ist.

Abstract

To reach climate goals and a renewable energy supply the low share of renewable energy usage for heat must be increased. Low temperature heat networks can have a significant impact on the decarbonization of the heat sector through the integration of renewable heat sources. In addition, the heating sector can provide flexibility and compensatory measures for the increasingly fluctuating power generation by photovoltaic systems and wind power plants. To understand the accompanied impacts of such energy systems and quantify their potential, the *Modelica*-Library *IntegraNet* is under development. In this thesis, models are created for this library to allow simulations of district heating networks in a flexible and consumer friendly way. Subsequently the models are used to quantify the heat loss and potential for power to heat for the planned low temperature network of the district *Wasserstadt Aden*. This low temperature network is based on decentralized heat pumps with mine water as the heat source. As a starting point existing models are examined upon their potential use in simulations of district heating networks. A new pipe model based on the PlugFlow approach with significantly better results for temperature dynamics and heat transfer is modeled. Validation of the pipe model show good results with measurement data. Additional models are created to increase the user friendliness to model district heating networks in *Modelica*. To simulate the district *Wasserstadt Aden*, load profiles for heat and electricity demand are generated. Simulation results of the district heating network show that 25 % of the supplied heat to the network is lost. Low fluid velocities result in low supply temperatures in areas with high share of residential buildings. Additionally, the transition of winter to summer has been identified as a critical operating point of the network. Low heat demand due to increased ambient temperatures at low ground temperatures result in low circulation of the heat carrier and low supply temperatures. With the combination of heat pumps and photovoltaics, the potential for power-to-heat for two scenarios with 100 and 50 percent utilization of the available roof areas is investigated. The results for both scenarios show that the potential of heat pumps to reduce the negative residual load generated by photovoltaic electricity is low. Most of the supplied heat from the heat pumps is generated at times when photovoltaic electricity generation is low