

## 5th Generation District Heating and Cooling (5GDHC) (Bachelor Thesis)

Autor: David Wohlleben  
Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing Aaron Praktiknjo  
Betreuung: Lars Nolting, M. Sc.

### Kurzfassung

Der Klimawandel hat sich zu einem der wichtigsten politischen Themen auf nationaler und globaler Ebene entwickelt und ist Hauptmotivation der deutschen Energiewende. Verantwortlich für über die Hälfte des deutschen Primärenergieverbrauchs und gleichzeitig noch weitestgehend abhängig von fossilen Brennstoffen ist der deutsche Wärmesektor überdurchschnittlich stark von der Energiewende betroffen. Zentrale Herausforderungen sind effizientere Heizungs-systeme, dekarbonisierte Nah- und Fernwärmenetze sowie objektnahe erneuerbare Wärmeerzeugung in Verbindung mit Versorgungssicherheit und einem moderaten Preislevel. Nahwärmenetze der fünften Generation (5GDHC) können die Effizienz durch ein niedrigeres Temperaturniveau steigern sowie diverse erneuerbare Energiequellen integrieren. Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der gleichzeitigen Wärme- und Kälteversorgung. 5GDHC Netze haben den Markt allerdings noch nicht durchdrungen und die Wettbewerbsfähigkeit zu anderen Techno-logien ist noch nicht gesichert. Die große Vielfalt an zu integrierenden Technolo-gien führt außerdem zu großen Unterschieden des optimalen 5GDHC Netz je nach Anwen-dungsfall und Energiemarktszenario. Ziel dieser Arbeit ist es daher, einen strukturierten Ansatz zur Bestimmung des 5GDHC Marktpotentials je nach Anwendungsfall und Energiemarktsze-nario zu er-arbeiten. Im Fokus steht dabei eine Metaanalyse von unterschiedlichen Energie-marktszenarien, welche energiemarktabhängige Parameter, wie zum Beispiel den Strompreis, Gaspreis oder die Sanierungsrate in unterschiedlichen Szenarien quantitativ bestimmt.

Das Marktpotential von 5GDHC wird anschließend auf Basis von vorbestimmten Key Perfor-mance Indikatoren (KPIs), anwendungsfallgetriebenen KPIs und szenariogetriebenen KPIs in bestimmten Anwendungsfall Szenarien Kombinationen errechnet. Entscheidungsgrundlage ist dabei ein Vergleich der Wärme- und Kältegestehungskosten mit Konkurrenztechnologien. Es lässt sich zeigen, dass sich das Marktpotential von 5GDHC mit steigender Elektrifizierung durch die geringere Relevanz von dezentralen Gaskesseln, welche als Hauptkonkurrenten be-trachtet werden können, erhöht. Außerdem werden die Effekte von Strompreisen, Gaspreisen, dem internen Zinsfuß und von weiteren KPIs auf die Wettbewerbsfähigkeit von 5GDHC in wei-teren Analysen untersucht.

### Abstract

As a result of the growing relevance of climate change, which is widely considered among the top contemporary political challenges, more attempts at systematic decarbonizations of energy systems are being made around the world. In Germany, this means that the well-known program of “Energiewende” is extending to the heating sector, which accounts for more than half of German primary energy consumption and primarily relies on fossil fuels. Central challenges

are improved energy-efficiency, CO<sub>2</sub> emission savings in district heating systems, and property-related renewable energies in alignment with supply security and a moderate consumer price level. 5<sup>th</sup> Generation District Heating and Cooling (5GDHC) can reduce CO<sub>2</sub> emissions by improving energy efficiency by operating at lower temperatures and integrating renewable energy sources. Moreover, it can provide both heating and cooling through the use of residual heat pumps. However, 5GDHC has not yet penetrated the market, and competitiveness with other technologies is not yet guaranteed. Furthermore, the wide array of potential technologies to integrate into 5GDHC networks leads to major differences in cost-optimal network design depending on the use case and energy market scenario.

Therefore, a structured approach for the calculation of the market potential of 5GDHC in different energy market scenarios and use cases is developed in this thesis. The approach is based on Key Performance Indicators (KPIs) which describe the performance of 5GDHC in every energy market scenario use case constellation. A particular focus is placed on a meta-analysis that quantitatively models different scenario-driven 5GDHC KPIs such as the electricity price, natural gas price, or refurbishment rate for different energy market scenarios. The market potential of 5GDHC is then derived based on a comparison of the heating and cooling production costs with competitive technologies.

The results of the analysis show that 5GDHC is a viable technology and that its competitiveness is improved with high electrification due to a lower relevance of decentralized gas boilers which can be considered as the main competitive technology in Germany. Moreover, the effects of electricity prices, natural gas prices, interest rates, and other KPIs on the performance of 5GDHC could be described in further analyses.