

# Potenziale zur Erzeugung von Fernwärme in einem klimaneutralen Energiesystem

Themenbereich 3: Integrierte Netze der Zukunft

Pia MANZ<sup>1(1)</sup>, Mostafa FALLAHNEJAD<sup>(2)</sup>, Anna BILLERBECK<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Fraunhofer ISI, <sup>(2)</sup>TU Wien, Energy Economics Group

## Motivation und zentrale Fragestellung

Fernwärme kann zukünftig ein zentraler Baustein für eine effiziente und klimaneutrale Wärmeversorgung von Gebäuden sein [1, 2]. Im Jahr 2018 hatten fossile Energieträger einen Anteil von 63,7% an der Fernwärmeverzeugung [3]. Im Zuge der Transformation des Energiesystems zur Klimaneutralität [4, 5] muss daher die Erzeugung der Fernwärme dekarbonisiert werden. Möglich ist die Nutzung erneuerbarer Wärmequellen wie Solar- und Geothermie, direkte Nutzung von Abwärme oder Nutzung von Niedertemperaturwärme mithilfe von Wärmepumpen. Diese Potenziale sind räumlich beschränkt. In diesem Beitrag wird die Fragestellung beantwortet, wie erneuerbare Wärme und Abwärme die zukünftige Fernwärmennachfrage decken können und welche Technologieannahmen einen großen Einfluss haben.

## Keywords

heat supply; industrial excess heat; district heating; geographical information system; spatial analysis, scenario analysis

## Methodische Vorgangsweise

In einem Geografischen Informationssystem (GIS) werden potenzielle Fernwärmegebiete sowie mögliche Wärmequellen für das Jahr 2050 analysiert. Entscheidend dafür ist die räumliche Nähe sowie saisonale Deckung von Angebot und Nachfrage [6–8].

Die möglichen Fernwärmegebiete werden durch die Analyse des räumlichen Gebäudebestandes und damit der Wärmedichte in 2050 modelliert [9]. Durch unterschiedliche Annahmen zum maximalen Wärmebezugspreis werden mögliche zukünftige Fernwärmanteile (durch Ausbau der bestehenden Gebiete sowie neue Gebiete) abgeleitet.

Erneuerbare Potenziale sind insbesondere Geo- und Solarthermie. Geothermie steht auf unterschiedlichen Temperaturniveaus in verschiedenen Tiefen zur Verfügung. Die Nutzung von verfügbarer Abwärme kann ein großes Potenzial darstellen, insbesondere aus Industriebetrieben und Müllverbrennungsanlagen. Zur Bestimmung der industriellen Abwärme wird die Transformation der Industrie hinsichtlich Produktionsmengen und innovativer Prozesse aus [10] berücksichtigt. Niedertemperaturabwärme aus Industrie und Kläranlagen sowie Flusswasser ist mit Wärmepumpen nutzbar. Die mögliche Wärmenutzung aus den genannten Quellen wird unter der Annahme unterschiedlicher Diffusion von Niedertemperaturnetzen (4GDH - "4. Generation", siehe [11]) bis 2050 betrachtet.

Insgesamt werden folgende Einflussparameter variiert und deren Auswirkung untersucht:

- Ausbreitung Fernwärmegebiete: Variation von Kostenannahmen
- Temperaturniveaus in den Netzen: unterschiedliche Diffusion von Netzen 4. Generation
- Geothermie: Variation von technischen Annahmen bez. Tiefe und Entnahmefluss
- Solarthermie: Variation des technisch-ökonomischen Potenzials durch saisonale Speicher

---

<sup>1</sup> Breslauer Straße. 48, 76139 Karlsruhe, Germany, +49 721 6809-263, pia.manz@isi.fraunhofer.de, www.isi.fraunhofer.de

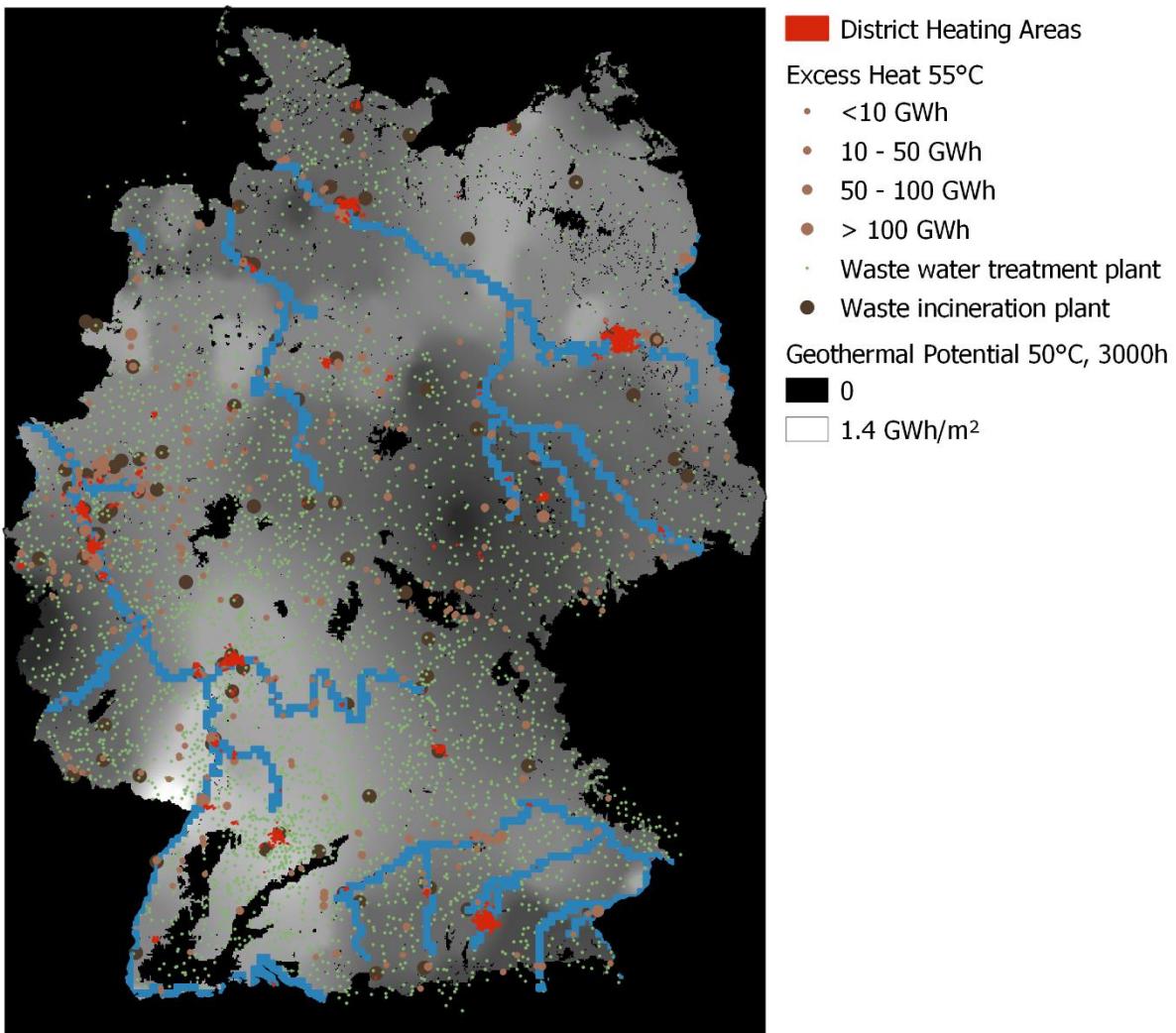


Abbildung 1: Fernwärmegebiete und Erzeugungspotenziale, die in dieser Studie untersucht werden: Industrieabwärme, Klärlagen, Müllverbrennung, Geothermie und Flüsse (blau) in Deutschland. Quelle: [12–14]

### Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Variation der Potenziale zur Nutzung von erneuerbaren Wärmequellen und Abwärme zeigt, dass die Annahmen zu Geothermie-Potenzialen den größten Einfluss auf die Deckung der Nachfrage haben. Unterschiedliche Fernwärmeanteile in 2050 begrenzen die verfügbaren Potenziale, so dass bis zu 40% weniger Wärmequellen durch räumliche Entfernung genutzt werden können. Zusammenfassend ergibt sich aus der Sensitivitätsanalyse, dass die Annahmen zu technico-ökonomischen Potenzialen eine hohe Auswirkung auf die Ergebnisse über eine mögliche Versorgung von zukünftigen Fernwärmesystemen haben.

Das Mapping der einzelnen Fernwärmegebiete in Deutschland mit verfügbaren Wärmequellen zeigt, dass im Jahr 2050 in einigen großen Netzen auch bei optimistischen Annahmen keine vollständige Versorgung durch die betrachteten Wärmequellen erreicht werden kann. Daher scheint der Einsatz von Großwärmepumpen mit Nutzung der Umgebungstemperatur oder von Spitzenlastkesseln, betrieben mit Strom, Biomasse oder synthetischen Gasen wie Wasserstoff oder Methan, unvermeidbar, was durch die Modellierung basierend auf jährlichen bzw. saisonalen Daten nicht abgebildet werden kann.

Als Ergebnisdarstellung und Ausblick wurden die Einzelnetze gruppiert mit Hilfe einer hierarchischen Clusteranalyse (in Anlehnung an [15]). Die gebildeten Cluster unterscheiden sich hierbei in ihrer Größe, der verfügbaren Wärmequellen und der Temperaturniveaus (siehe Tabelle 1 und Abbildung 2). Daraus können spezifische Transformationspfade für diese Gruppierungen abgeleitet und somit die Komplexität von Energiesystemmodellen verringert werden.

Tabelle 1: Mittlere Ausprägungen der Cluster bei Auswahl von acht Clustern für 89 Fernwärmegebiete in Deutschland in 2050

Cluster	Anzahl von Fernwärmegebieten	Durchschnittlicher Fernwärmbedarf [GWh]	Durchschnittliche Abdeckung Geothermie [%]	Durchschnittliche Abdeckung Kläranlagen [%]	Durchschnittliche Abdeckung Müllverbrennung [%]	Durchschnittliche Abdeckung Industrieabwärme [%]	Durchschnittliche Abdeckung Flüsse [%]
1	22	142	97%	28%	2%	2%	0%
2	7	2971	19%	19%	58%	10%	46%
3	11	151	100%	35%	98%	25%	0%
4	19	143	100%	7%	99%	37%	100%
5	20	72	100%	16%	2%	3%	100%
6	10	69	100%	14%	0%	91%	60%

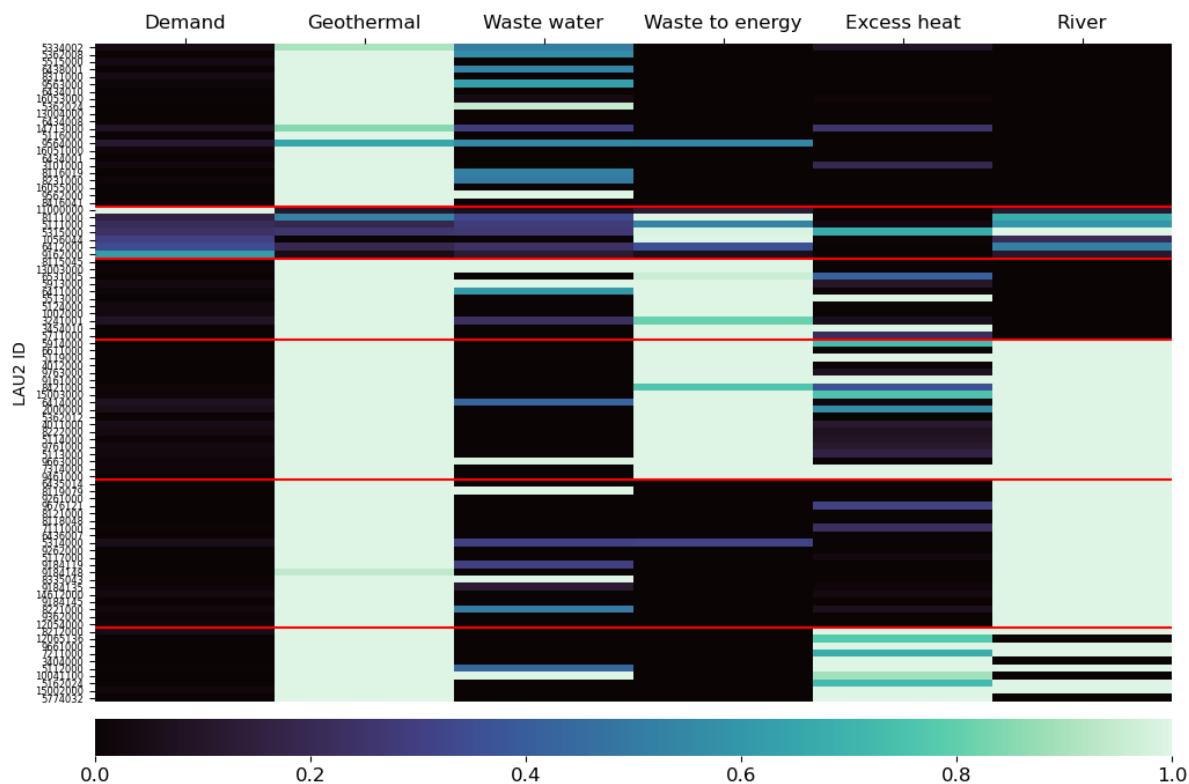


Abbildung 2: Heatmap der (skalierten) Kennzahlen der 89 Fernwärmegebiete in Deutschland (rote Linien geben die Cluster an)

## Literatur

1. Manz P, Kermeli K, Persson U, Neuwirth M, Fleiter T, Crijns-Graus W (2021) Decarbonizing District Heating in EU-27 + UK: How Much Excess Heat Is Available from Industrial Sites? *Sustainability* 13(3):1439. doi:10.3390/su13031439
2. Müller A, Hummel M, Kranzl L, Fallahnejad M, Büchele R (2019) Open Source Data for Gross Floor Area and Heat Demand Density on the Hectare Level for EU 28. *Energies* 12(24):4789. doi:10.3390/en12244789
3. Eurostat (2020) Complete energy balances (nrg\_bal\_c)
4. European Commission (2019) The European Green Deal. Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM(2019) 640 final)
5. European Commission (2018) A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. In-Depth analysis in support of the Commission Communication COM(2018) 773

6. Gustafsson S, Päivärinne S, Hjelm O (2019) Strategic spatial planning – a missed opportunity to facilitate district heating systems based on excess heat. *European Planning Studies* 27(9):1709–1726. doi:10.1080/09654313.2019.1628924
7. Esch T, Taubenböck H, Geiß C, Schillings C, Nast M, Metz A, Heldens W, Keil M (2011) Potenzialanalyse zum Aufbau von Wärmenetzen unter Auswertung siedlungsstruktureller Merkmale. Endbericht
8. Unternährer J, Moret S, Joost S, Maréchal F (2017) Spatial clustering for district heating integration in urban energy systems: Application to geothermal energy. *Applied Energy* 190:749–763. doi:10.1016/j.apenergy.2016.12.136
9. Fallahnejad M, Hartner M, Kranzl L, Fritz S (2018) Impact of distribution and transmission investment costs of district heating systems on district heating potential. *Energy Procedia* 149:141–150. doi:10.1016/j.egypro.2018.08.178
10. ICF, Fraunhofer ISI (2019) Industrial Innovation: Pathways to deep decarbonisation of Industry. Part 2: Scenario analysis and pathways to deep decarbonisation. A report submitted to the European Commission, DG Climate Action
11. Lund H, Werner S, Wiltshire R, Svendsen S, Thorsen JE, Hvelplund F, Mathiesen BV (2014) 4th Generation District Heating (4GDH). *Energy* 68:1–11. doi:10.1016/j.energy.2014.02.089
12. HotMaps (2020) HotMaps Toolbox
13. Fleiter T, Manz P, Neuwirth M, Mildner F, Persson U, Kermeli K, Crijns-Graus W, Rutten C (2020) Documentation on excess heat potentials of industrial sites including open data file with selected potentials. Deliverable 5.1 sEEnergies - Quantification of synergies between Energy Efficiency first principle and renewable energy systems
14. Persson U, Averfalk H (2018) Accessible urban waste heat. Deliverable D1.4 ReUseHeat. Recovery of Urban Excess Heat
15. Triebs MS, Papadis E, Cramer H, Tsatsaronis G (2021) Landscape of district heating systems in Germany – Status quo and categorization. *Energy Conversion and Management*: X 9:100068. doi:10.1016/j.ecmx.2020.100068