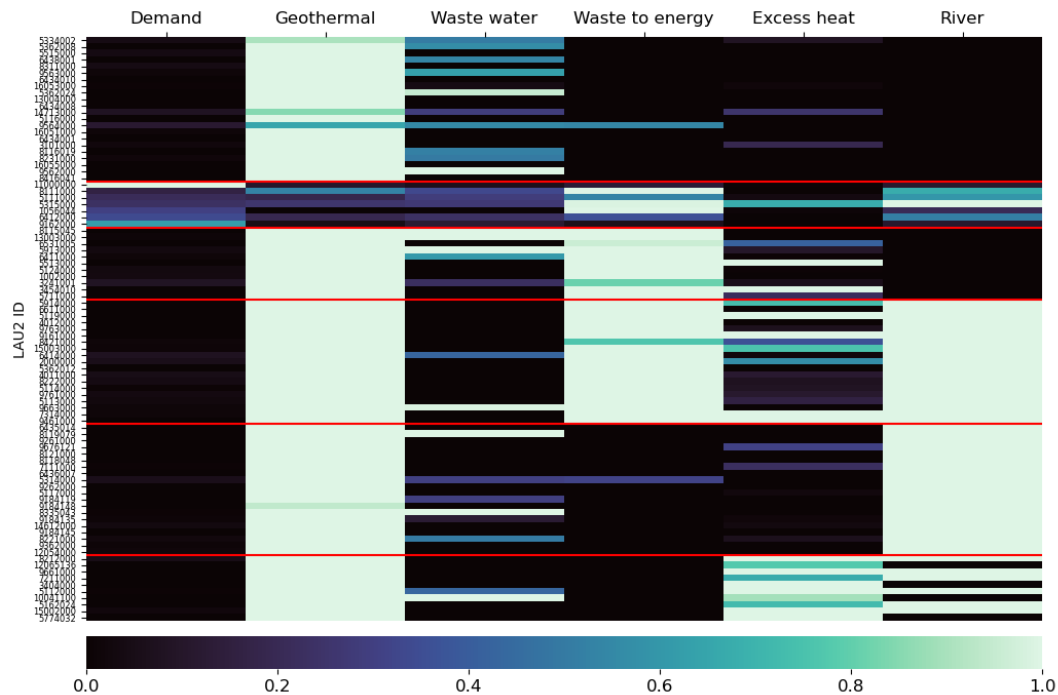


POTENZIALE ZUR ERZEUGUNG VON FERNWÄRME IN EINEM KLIMANEUTRALEN ENERGIESYSTEM

12. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien



Pia Manz⁽¹⁾

Mostafa Fallahnejad⁽²⁾

Anna Billerbeck⁽¹⁾

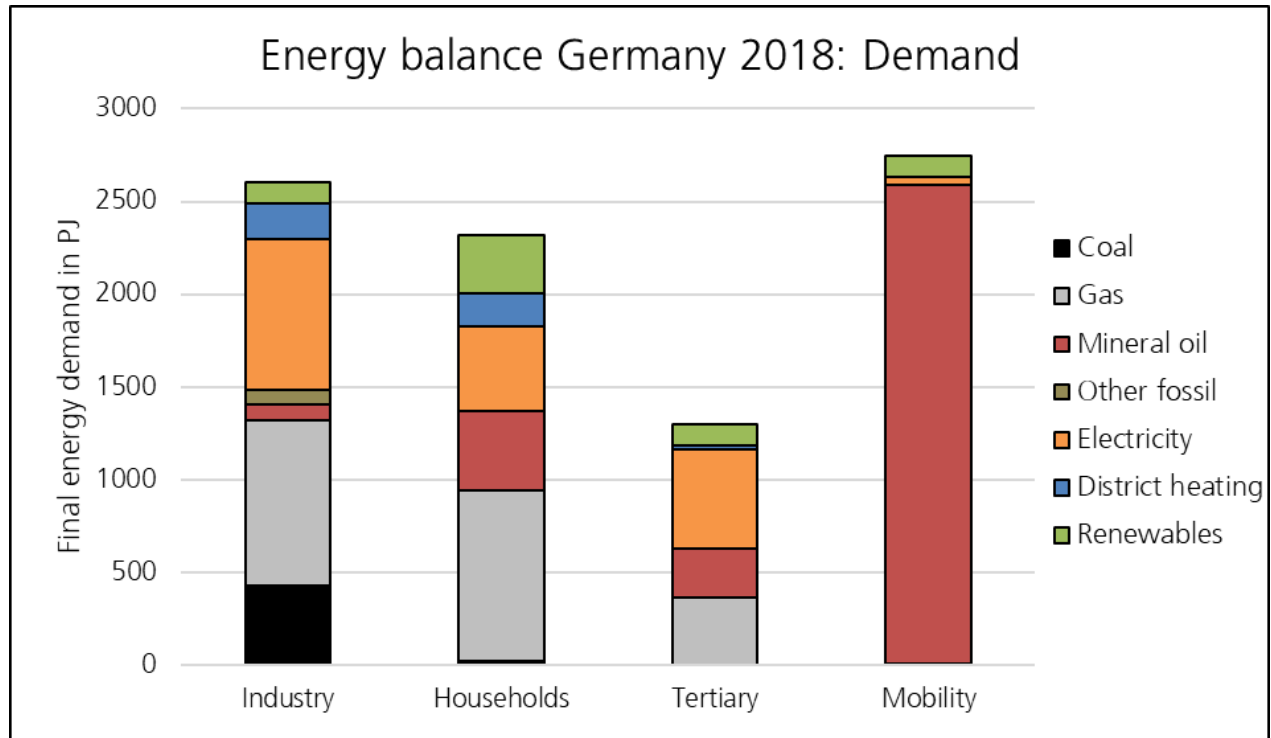
⁽¹⁾ Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI

⁽²⁾ Energy Economics Group, Technische Universität Wien

INHALT

- Hintergrund & Zielstellung
- Methodik & Daten
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen & Ausblick

Hintergrund



Quelle: AG Energiebilanzen

- Klimaneutralität in Deutschland: 2045
 - Noch **24 Jahre**
- Im **Gebäudesektor**: überwiegender Anteil fossiler Energien zur Wärmeerzeugung in 2018
- **Notwendig: Sanierungen** und Austausch der **Wärmeerzeuger**
- Fernwärme: heutiger Anteil ca. 10% - Szenarien sehen Anteile bis zu 25% [1]
- Fernwärme wird derzeit hauptsächlich (64%) durch **fossile Brennstoffe** erzeugt
- Dekarbonisierung der Fernwärme durch vielfältige Wärmequellen möglich

Zielstellung

- Zielstellung: Modellierung der Potenziale zur Erzeugung von Fernwärme
- Europäischer Kontext bez. Datenverfügbarkeit und Methodik → hier: Fokus auf Deutschland
- Fokus: **technische Potenziale** – keine Kostenparameter berücksichtigt
- Räumliche Analyse der Potenziale zu Fernwärmegebieten in 2050

- Problem: Europaweite Abschätzung von erneuerbaren Potenzialen und Abwärme enthält große Unsicherheiten durch technische Parameter, Systemdesign, lokale Gegebenheiten
- Fragestellung: Welche Parameter haben einen großen Einfluss auf die technischen Potenziale und damit den Deckungsgrad der Fernwärmennachfrage?

Methodik: Räumliche Analyse

- Schritt 1: Identifikation zukünftiger Fernwärmegebiete in 2050
- Schritt 2: Allokation technischer Angebotspotenziale erneuerbare Wärme und Abwärme, Definition maximaler Entfernung
- Schritt 3: Zuordnung der technischen Angebotspotenziale zu den Fernwärmegebiete, Berücksichtigung der jeweiligen maximalen Entfernungen
- Schritt 4: Gruppierung der einzelnen Gebiete mithilfe Cluster-Algorithmus in Python
- Software: Geografisches Informationssystem (GIS), Mapping-Algorithmus in PyQGIS

Daten - Fernwärmegebiete

- Modell: INVERT/EE-Lab, INVERT/OPT & Hotmaps Demand Projection CM [2-6]
- Gebäudebestand: Entwicklung bis 2050 in hoher räumlicher Auflösung (Hektar) → Wärmedichte
- Marktanteil von Fernwärme im Start- und Endjahr
- Parameter:
 - Grid cost ceiling: 27 €/MWh
 - Zinssatz: 2%
 - Anschlussrate: 35% - 45%
- Definition: Alle Fernwärmegebiete, die in einer LAU2-Region liegen (Kommune), sind miteinander vernetzt

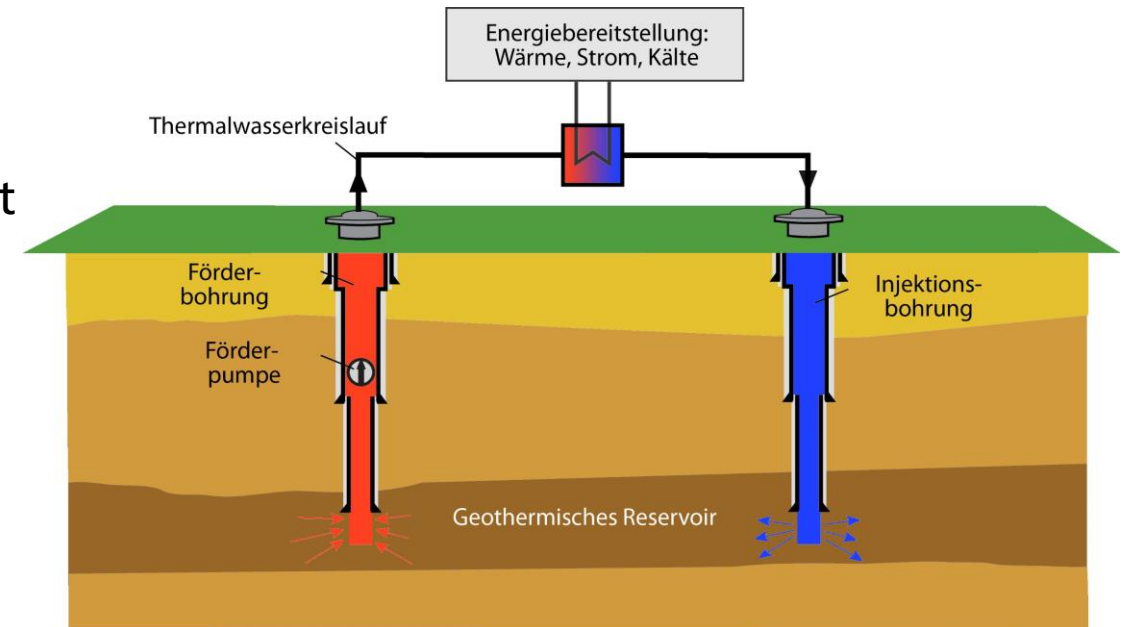
Daten – Erneuerbare Potenziale

- Berücksichtigt werden
 - Geothermie
 - Industrieabwärme
 - Abwärme aus Müllverbrennung
 - Flüsse & Gewässer mit Wärmepumpe
 - Kläranlagen mit Wärmepumpe
- Nicht räumlich analysiert werden: Biomasse, Solarthermie

Heat Generation Potential	Spatial resolution	Temporal resolution	Considered temperature level	Maximum distance from source	Parameters	Source
Geothermal	1 km ²	Annual, full load hours considered	>60 °C	15 km	Full load hours, injection temperature	Geothermal Atlas [7]
Industrial excess heat	Coordinates	Annual, monthly profile considered	> 55 °C	20 km	Temperature	ISI Industrial Database [8]
Waste incineration	Coordinates	Annual values	100 °C	10 km	No variation	Peta 5 [9]
Rivers and lakes with heat pump	0.5 km ²	Annual, full load hours considered	2 – 8 °C	5 km	Minimal temperature, full load hours	Copernicus [10]
Waste water treatment with heat pump	Coordinates	Annual values	10 - 25 °C	2 km	No variation	Peta 5 [9], Hotmaps [3]

Daten – Annahmen zur Berechnung der technischen Potenziale

- Geothermie: Petrothermal vs. Hydrothermal
 - Mind. 2 Bohrungen pro Anlage
 - Petrothermale Anlagen: Temperaturen im Untergrund entscheidend, Fluid wird eingebracht und erwärmt
 - Parameter (basierend auf [11]):
 - Injektionstemperatur: 40, 50, 60°C
 - Fördertemperatur: Injektionstemperatur + 15K
 - Vollaststunden: 3000h, 4000h
 - Förderrate des Fluids: 0.0194 m³/s
 - Maximale Entfernung zu Fernwärmegebieten: 15 km



Quelle: Umweltbundesamt - Geothermie

Daten – Annahmen zur Berechnung der technischen Potenziale

■ Industrieabwärme

- ISI Industrial Database: Standorte der energieintensiven Anlagen in EU
- Produktionsentwicklung und Prozesse bis 2050 regionalisiert, aus [12]
- Parameter:
 - Temperatur der Abwärme: 25, 55, 95°C
 - Maximale Entfernung zu Fernwärmegebieten: 20 km

■ Müllverbrennung

- Standorte und Potenziale aus peta5
- Parameter:
 - Temperatur der Abwärme: 25, 55, 95°C
 - Maximale Entfernung zu Fernwärmegebieten: 10 km

Daten – Annahmen zur Berechnung der technischen Potenziale

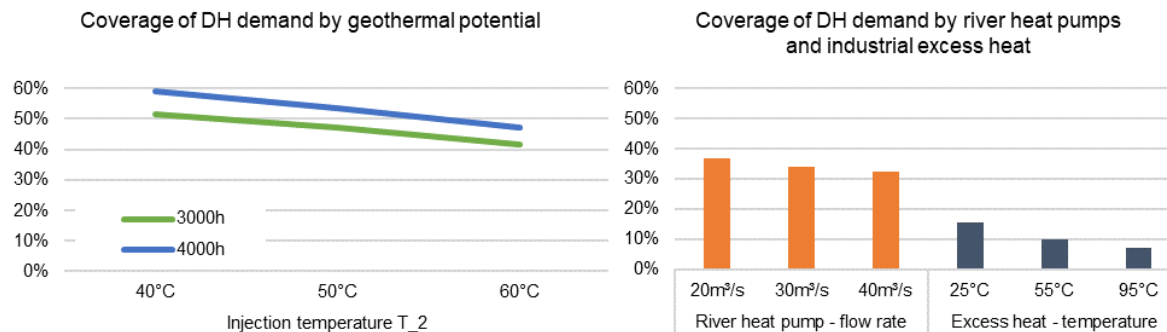
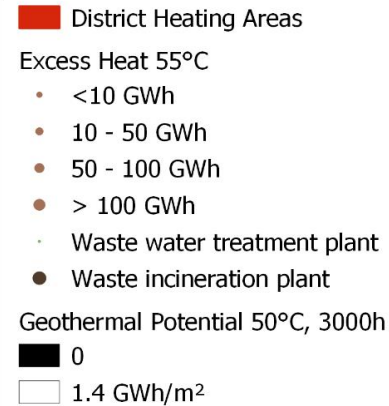
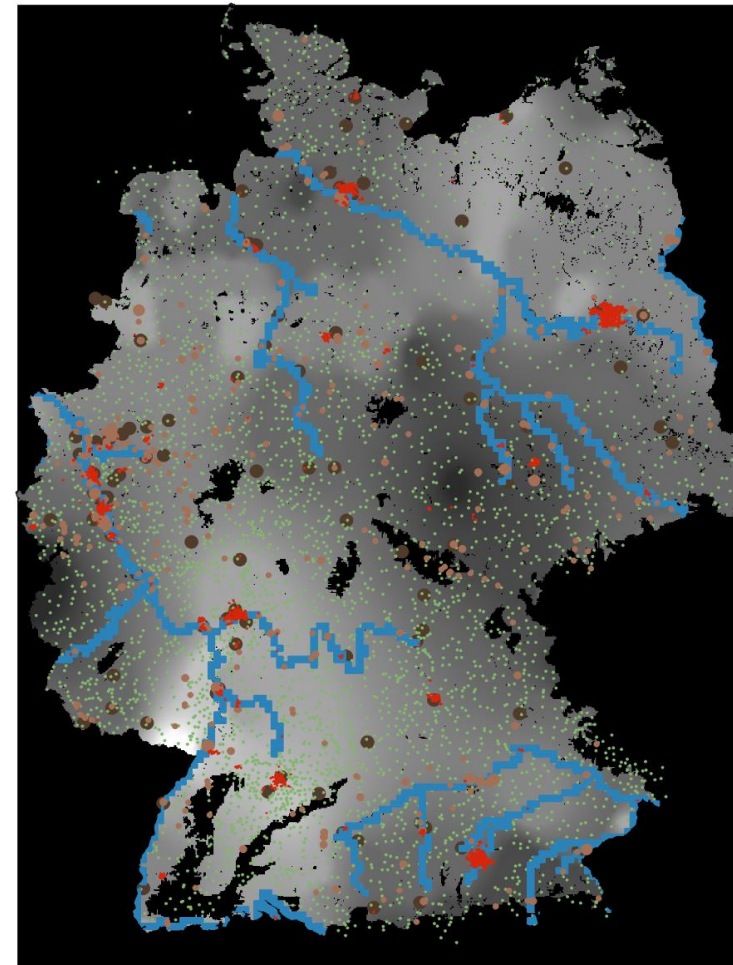
- Wärme aus Flüssen und Gewässern
 - Monatliche Durchschnittswerte (Durchfluss und Temperatur) von Copernicus, georeferenziert (Rasterlayer)
 - Verschiedene Quellen und realisierte Projekte zur Bestimmung des minimalen Durchflusses und Leistung → große Unsicherheiten
 - Parameter:
 - Minimaler Durchfluss: 20, 30, 40 m³/s
 - Kategorisiert in 2 Gruppen: <100m³/s und >100m³/s (meist höhere Temperatur)
 - Leistung 80MW und 150MW je nach Größe
 - Volllaststunden: 2000h und 3000h je nach Größe
 - Maximale Entfernung zu Fernwärmegebieten: 10 km

Daten – Annahmen zur Berechnung der technischen Potenziale

- Kläranlagen mit Wärmepumpe
 - Standorte und Potenziale aus Hotmaps und peta5 (Volllaststunden)
 - Parameter:
 - Maximale Entfernung zu Fernwärmegebieten: 2 km

Ergebnisse

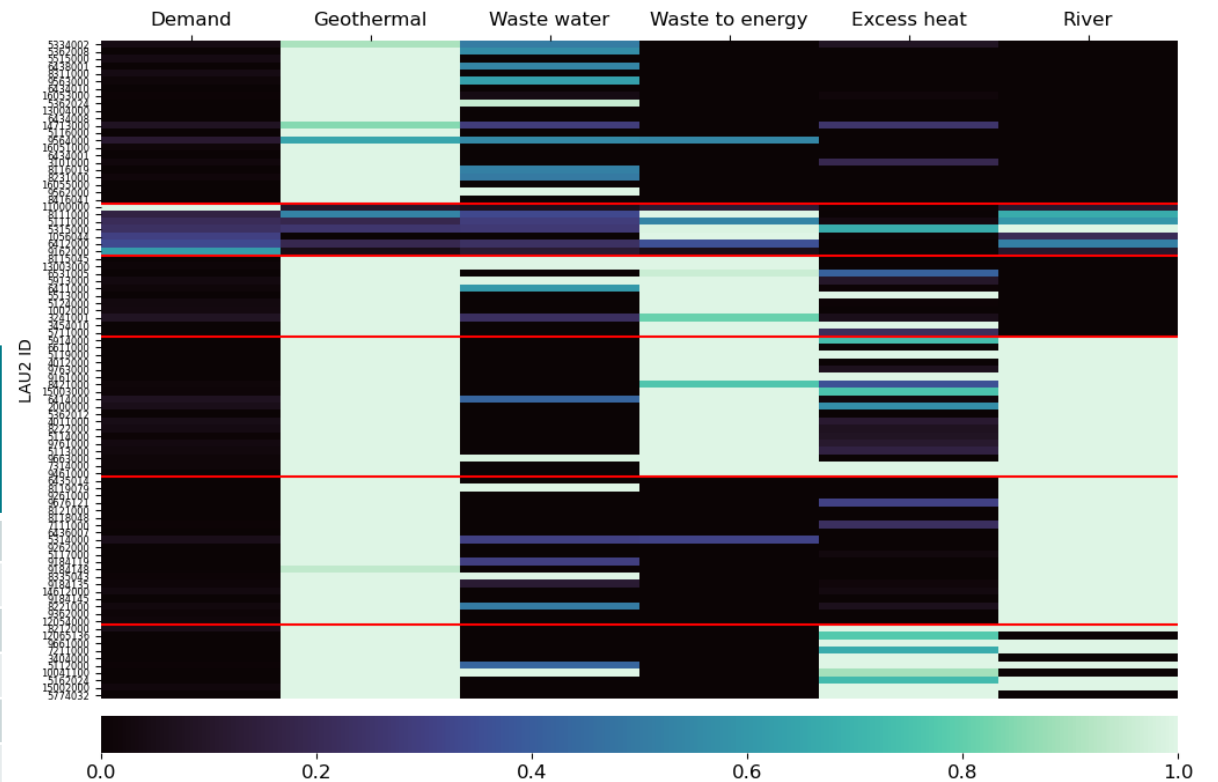
- Fernwärmebedarf in 2050: 30 TWh in Deutschland
- Angebotspotenzial: übersteigt für nahezu alle Potenziale den Bedarf
 - größtes Potenzial: Geothermie und Flüsse
- Nachfragepotenzial: Reduziert durch räumliche Nähe, meist um Faktor 10, dennoch können fast alle Netze versorgt werden
 - größtes Potenzial und Variabilität: Geothermie
- Abdeckung: Analyse der Einzelnetze, summiert auf DE



Ergebnisse

- Gruppierung und Typisierung der Netze durch Clusteralgorithmus: hierarchisch
- Skalierte Größen von 1 – 0: Bedarf und Abdeckung
- Mit 6 Gruppen können die Netze eingeteilt werden

Cluster	Number of DH areas	Mean DH demand [GWh]	Mean geothermal coverage [%]	Mean waste water coverage [%]	Mean waste incineration coverage [%]	Mean excess heat coverage [%]	Mean heat from river coverage [%]
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%



Schlussfolgerungen

- Technische Potenziale sind ausreichend für klimaneutrale Fernwärmeversorgung, v.a. mit Berücksichtigung von Solarthermie, Biomasse, Spitzenlastkessel und Großwärmepumpe mit Umgebungswärme
- Geothermie hat ein großes Potenzial, allerdings große Unsicherheiten, da zukünftige Entwicklung der petrothermalen Technologie unsicher
- Jährliche Betrachtung: Berücksichtigung der saisonalen Verfügbarkeit durch Vollaststunden
- Clusteranalyse ermöglicht Gruppierung und Typisierung der Netze hinsichtlich der Potenziale
 - Modellierung der einzelnen Typnetze im europäischen Kontext
- Anschließende ökonomische Betrachtung nötig
- Deckung von Lastspitzen v.a. im Winter benötigt stündliche Auflösung der Profile

Ausblick

- Evaluation der Annahmen für technisches Potenzial
- Bei ambitionierterem Ausbau der Fernwärme könnte die Abdeckung des Fernwärmebedarf durch die hier betrachteten Quellen geringer sein
- Erweiterung der Analysen auf EU
- Stündliche Modellierung der Typnetze zur Ermittlung der nötigen Technologien
 - Integration von verfügbaren Temperaturen und Profilen
 - Integration von ökonomischen Parametern
- Analyse eignet sich zur Identifikation von wichtigen Wärmequellen für klimaneutrale Wärmeversorgung in Europa und Typisierung von zukünftigen Netzen, ersetzt aber keine lokale Planung

Quellen

- [1] Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut, Klimaneutrales Deutschland 2045: Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Studie erstellt im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende (2021).
- [2] A. Müller, M. Hummel, L. Kranzl, M. Fallahnejad, R. Büchele, Open Source Data for Gross Floor Area and Heat Demand Density on the Hectare Level for EU 28, *Energies* 12 (2019) 4789. <https://doi.org/10.3390/en12244789>.
- [3] HotMaps, Hotmaps Toolbox: The open source mapping and planning tool for heating and cooling, EU Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No. 723677. 2016-2020, 2016 - 2020.
- [4] M. Fallahnejad, M. Hartner, L. Kranzl, S. Fritz, Impact of distribution and transmission investment costs of district heating systems on district heating potential, *Energy Procedia* 149 (2018) 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.08.178>.
- [5] A. Müller, Energy Demand Assessment for Space Conditioning and Domestic Hot Water: A Case Study for the Austrian Building Stock. Dissertation, Vienna, Austria, 2015.
- [6] Technische Universität Wien, e-think Energy Research, The Invert/EE-Lab Model. www.invert.at (accessed 20 August 2021).
- [7] European Commission, Atlas of Geothermal Resources in Europe, 2002.
- [8] P. Manz, K. Kermeli, U. Persson, M. Neuwirth, T. Fleiter, W. Crijns-Graus, Decarbonizing District Heating in EU-27 + UK: How Much Excess Heat Is Available from Industrial Sites?, *Sustainability* 13 (2021) 1439. <https://doi.org/10.3390/su13031439>.
- [9] Europa-Universität Flensburg, Halmstad University, Aalborg University, Pan-European Thermal Atlas 5.1 (PETA 5.1), sEEnergies, 2021.
- [10] Copernicus, Copernicus Climate Change Service Information: Hydrology-related climate impact indicators from 1970 to 2100 derived from bias adjusted European climate projections, European Commission, 2021.
- [11] Umweltbundesamt, Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefeingetemperter Ressourcen: Abschlussbericht, 2020.
- [12] ICF, Fraunhofer ISI, 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, 2019.