

Fokus Wärme 2025, 11. November 2025, Würzburg

Hemmnisse und Lösungsansätze zur Beschleunigung des Wärmenetzausbaus aus Sicht der Wissenschaft

Dr. Anna Billerbeck
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Fraunhofer Gesellschaft und Fraunhofer ISI

Kurzvorstellung

Fraunhofer Gesellschaft

- Anwendungsorientierte Forschung mit Fokus auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien
- 75 Institute und Forschungseinrichtungen
- Rund 32 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Fraunhofer ISI

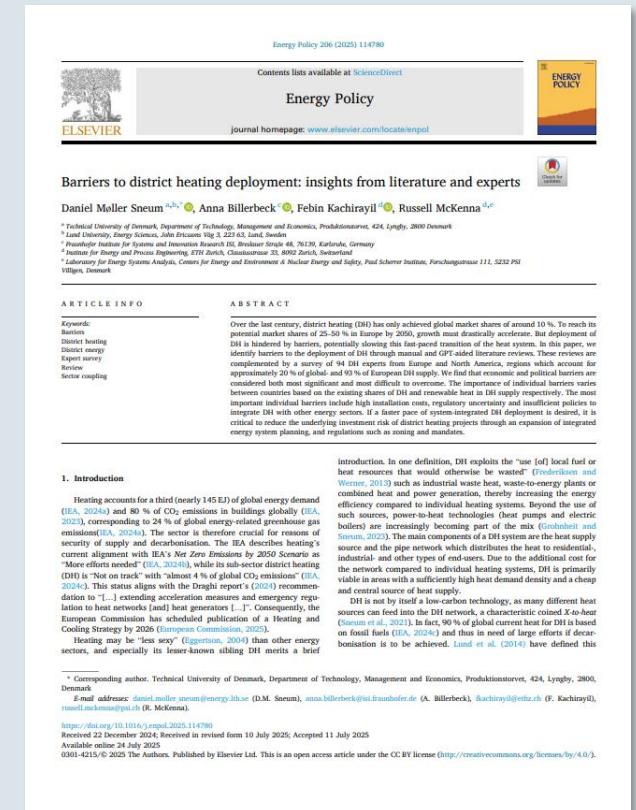
- Forschungsschwerpunkt: Transformation soziotechnischer Systeme, Politikmaßnahmen und Governance-Prozesse
- Seit 1972 in Karlsruhe und seit 2006 in Leipzig
- Außenstellen in Heilbronn und Berlin



Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Hintergrund und Motivation

- Wärmenetze sind in den bisherigen kommunalen Wärmeplänen häufig priorisierte Maßnahmen
- Derzeit gibt es in Deutschland rund 3.800 Wärmenetze (ca. 120 TWh)
- Deutschland fördert den Ausbau von Wärmenetzen (140-200 TWh in 2045)
- Um den Ausbau der Wärmenetze zu beschleunigen ist ein **Verständnis der bestehenden Hemmnisse und Barrieren** notwendig
- Forschungsfragen:
 - Welche Hemmnisse und Barrieren für den Einsatz und Ausbau von Wärmenetzen lassen sich identifizieren?
 - Gibt es Hemmnissen und Barrieren die besondere Beachtung verdienen?



Sneum, D. M.; Billerbeck, A.; Kachirayil, F.; McKenna, R. (2025): Barriers to district heating deployment: insights from literature and experts. In: Energy Policy, 206, p. 114780. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114780>

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Methode I

3 Methodische Säulen:

(1) Literaturanalyse

(2) Expertenumfrage

(3) PESTLE Framework

(1) Literaturanalyse

- Strukturierte Literaturanalyse:
 - Wissenschaftliche und grauer Literatur, z.B. Projektberichte → ca. 40 Quellen im Detail analysiert
 - Suchbegriffe: “barrier” and “district heating”
- KI-basierte Literaturanalyse:
 - Large language model (GPT4All)
 - 2.011 Dokumente
 - Modell darauf trainiert, diese spezialisierte Literatur abzufragen

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Methode II

3 Methodische Säulen:

(1) Literaturanalyse

(2) Expertenumfrage

(3) PESTLE Framework

(2) Expertenumfrage

- 10 Fragen, ca. 10 min:
 - Land und Tätigkeit
 - Einschätzung zu allgemeinen Barrieren
 - Einschätzung zur Relevanz und Herausforderung von (vorgegebenen) Barrieren
 - Einschätzung zu Wärmenetztechnologien und deren Barrieren
- Zeitraum: Q3/Q4 in 2023
- 80 Experten direkt kontaktiert und Verteilung über Newsletter und Institutionen (z.B. Euroheat & Power, AGFW)
- 94 Teilnehmende
- Auswertung der Umfrageergebnisse mit deskriptiver Statistik und Test-Statistik

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Methode III

3 Methodische Säulen:

(1) Literaturanalyse

(2) Expertenumfrage

(3) PESTLE Framework

(3) PESTLE Framework

- **P**olitical – politische Barrieren
 - **E**conomic – wirtschaftliche Barrieren
 - **S**ocial – soziale Barrieren
 - **T**echnological – technologische Barrieren
 - **L**egal – regulative, rechtliche Barrieren
 - **E**nvironmental – ökologische, umweltbezogene Barrieren
- Dimensionen zum Kategorisieren und Beschreiben von Barrieren

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Ergebnisse der Literaturanalyse – 48 Barrieren entlang PESTLE

P Politische Barrieren

- 1) Kein Fokus politischer Strategien
- 2) Fehlende langfristige Entscheidungsfindung
- 3) Fehlende Politiken zur Systemintegration
- 4) Begrenzte finanzielle Unterstützung verfügbar
- 5) Komplizierte Förder- bzw. Finanzierungssysteme

E Wirtschaftliche Barrieren

- 1) Hohe anfängliche Investitionskosten
- 2) Hohe Finanzierungskosten
- 3) Hohe Installationskosten (z. B. Arbeitsaufwand, Zertifizierung)
- 4) Hohe Betriebskosten
- 5) Hohe Endverbraucherpreise
- 6) Hohe Kosten für Reservekapazität
- 7) Fehlende finanzielle Erfahrung
- 8) Kapital fehlt oder ist nicht verfügbar
- 9) Veraltetes Geschäftsmodell

S Soziale Barrieren

- 1) Geringe Akzeptanz bei Verbraucher:innen
- 2) Geringes Bewusstsein der Verbraucher:innen für Vorteile
- 3) Status-quo-Verzerrung (Bevorzugung des Bestehenden)
- 4) Herausforderung durch viele Akteure und Interessensgruppen
- 5) Fehlendes Wissen und Qualifikationslücken
- 6) Sozialpolitische Subventionen für bestimmte Arten von Heizungen

T Technologische Barrieren

- 1) Geringe technische Reife
- 2) Geringe Marktreife
- 3) Wettbewerb zwischen Technologien
- 4) Lock-in-Effekt und Pfadabhängigkeit
- 5) Geringe Eignung des Gebäudebestands
- 6) Niedrige Anschlussraten
- 7) Eingeschränkte Daten zu Energiequellen
- 8) Unzureichendes Nachfragemanagement
- 9) Unsichere Nachfrage
- 10) Wärmenetze erfordern neue Infrastruktur
- 11) Lange Umsetzung
- 12) Quelle und Senke nicht am gleichen Ort
- 13) Betriebstemperaturen; Unvereinbarkeit mit EE

L Rechtliche Barrieren

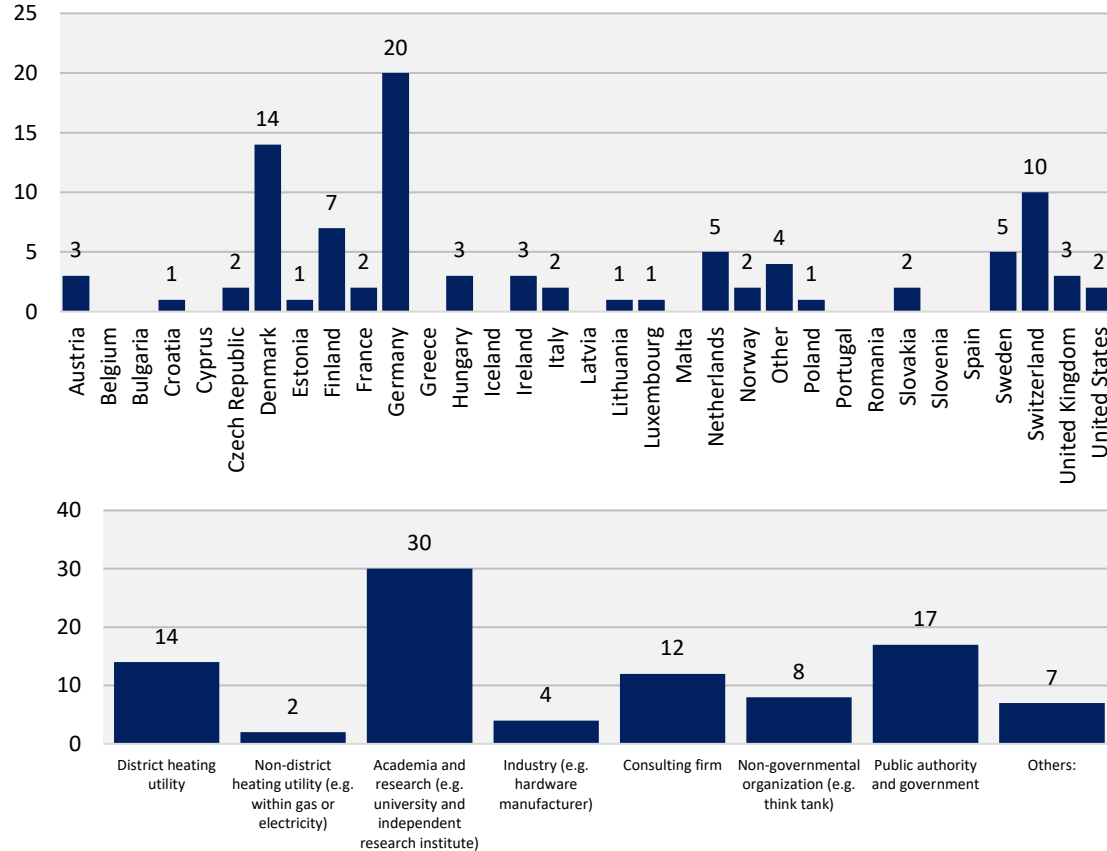
- 1) Regulatorische Unsicherheit
- 2) Schwieriger Genehmigungsprozess und hohe Verwaltungslast
- 3) Fehlende Standardisierung
- 4) Fehlende Kapazitäten bei Behörden
- 5) Verbote oder Verpflichtungen zur Fernwärme
- 6) Keine Regulierung für Drittanbieter
- 7) Steuerpolitik (ungleiche Besteuerung von Heiztechnologien)
- 8) Preisregulierung, die die Kostendeckung behindert

E Umwelt-bezogene Barrieren

- 1) Begrenzte Ressourcen
- 2) Begrenzte Flächenverfügbarkeit
- 3) Hohe Luftschadstoffemissionen
- 4) Eingeschränkter Zugang zum Stromnetz
- 5) Begrenzte Brennstoffverfügbarkeit
- 6) Erdarbeiten problematisch
- 7) Lärmbelästigung

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

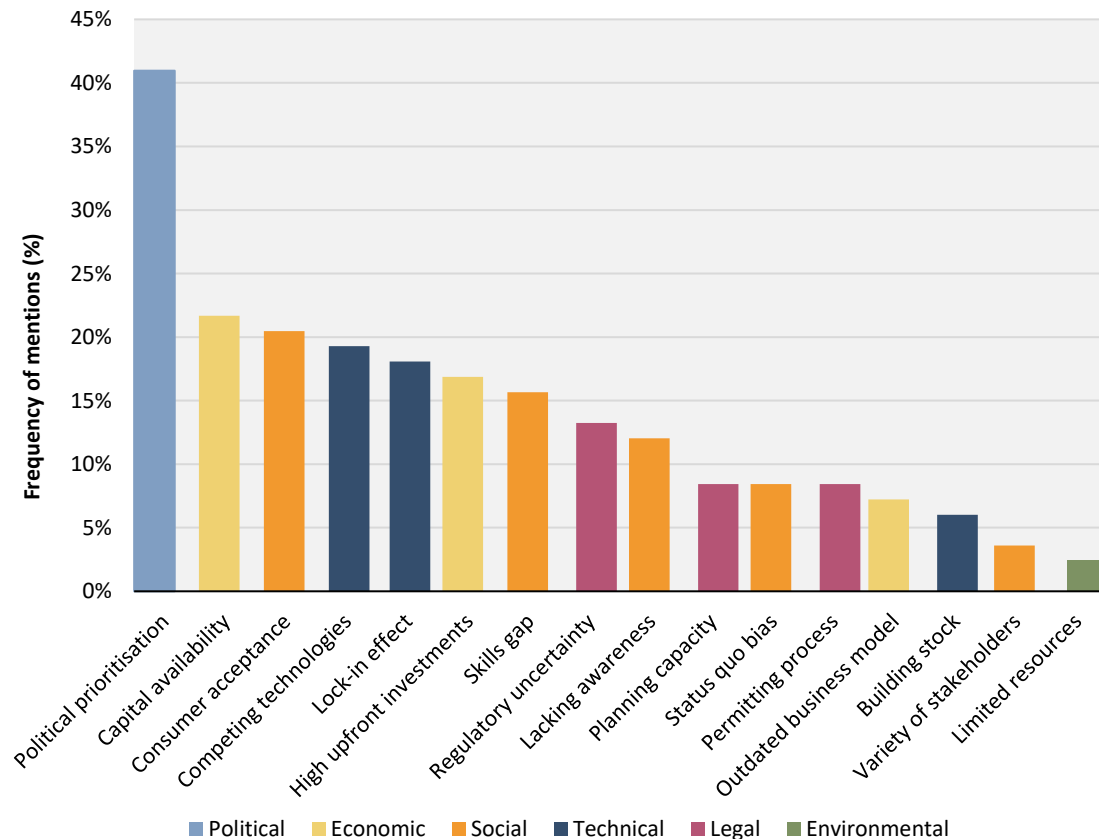
Ergebnisse der Expertenumfrage – Übersicht Teilnehmende



- Insgesamt 94 Teilnehmende aus 21 Ländern
- 20 Teilnehmende aus Deutschland, 14 aus Dänemark, 10 aus der Schweiz
- Mehrheit in Wissenschaft und Forschung tätig (32%), gefolgt von öffentlicher Behörde und Regierung (18%) sowie Wärmenetzbetreibern (15%)

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

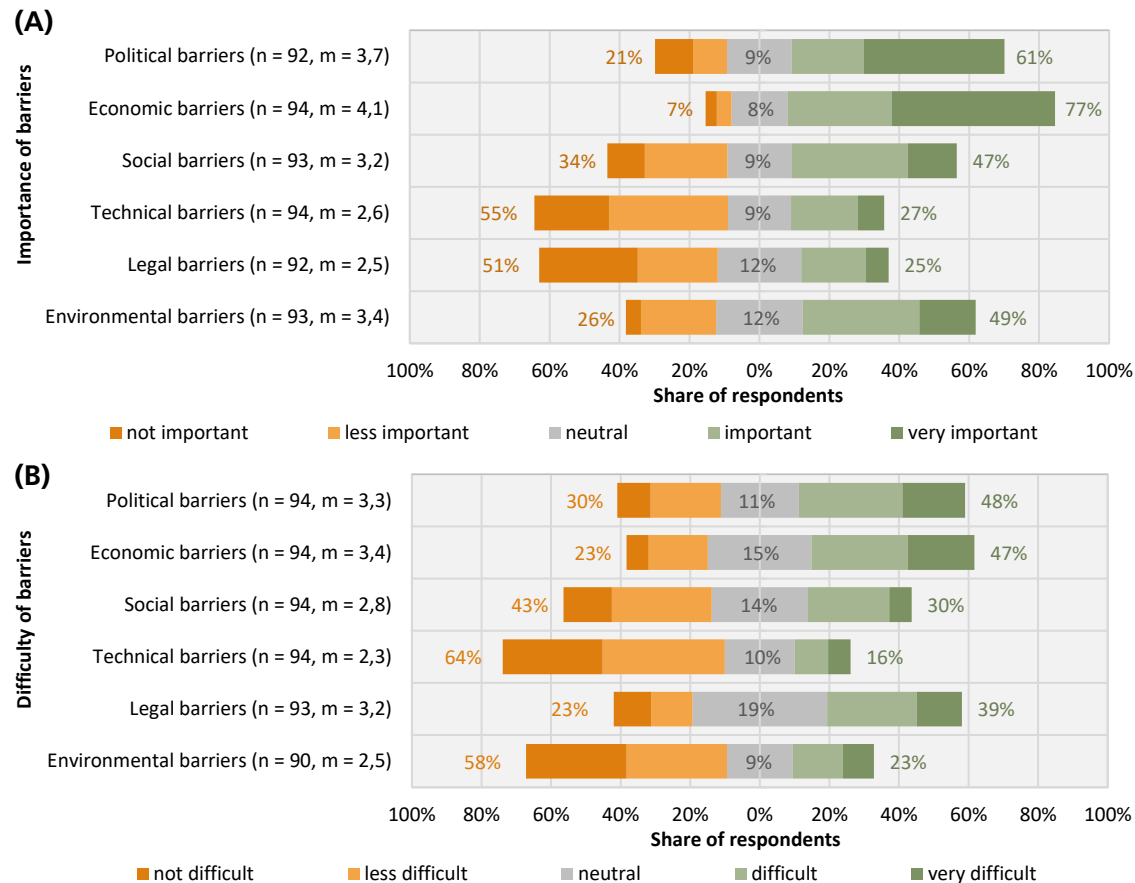
Ergebnisse der Expertenurfrage – Allgemeine Barrieren



- Frage: „Was sind Ihrer Meinung nach die größten Hindernisse / Barrieren für den weiteren Ausbau der Wärmenetze in Ihrem Land?“ (Freitext)
- Die am häufigsten genannte Barriere ist der **Mangel an politischer Unterstützung** und **langfristiger Entscheidungsfindung**
- Die Befragten erwähnten:
 - „eine Inkohärenz zwischen den Zielen auf verschiedenen Ebenen (EU, national, regional, lokal)“
 - „Fernwärme politisch nicht unterstützt“, obwohl sie „in Strategien klar anerkannt ist“

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

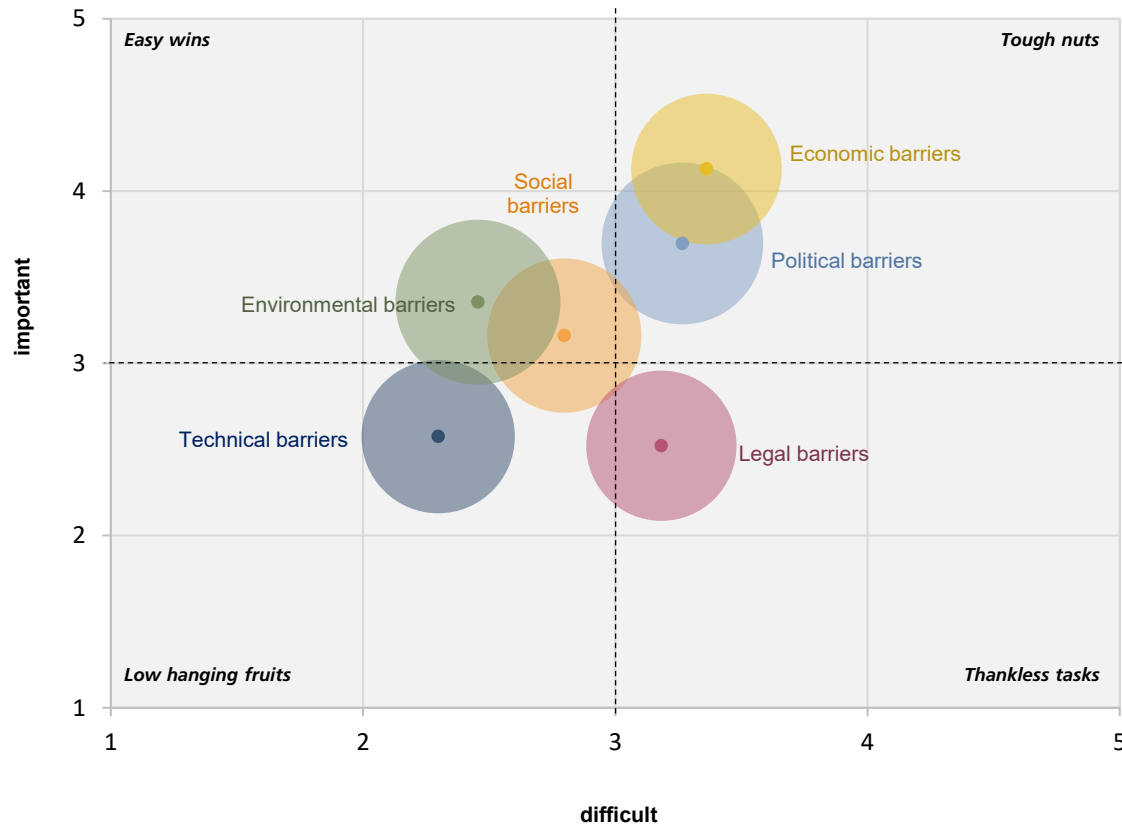
Ergebnisse der Expertenumfrage – Relevanz und Herausforderung der Barrieren



- Frage: „Wie **relevant** / **herausfordernd** sind Ihrer Meinung nach die folgenden Barrieren für den weiteren Ausbau der Wärmenetze in Ihrem Land?“
- Bewertung mit Likert-Skale: (1) gar nicht relevant / herausfordernd bis (5) sehr relevant / herausfordernd
- Wirtschaftliche Barrieren (m = 4,1) wurden als die **wichtigsten** angesehen, gefolgt von politischen (3,7) und umweltbezogenen Barrieren (3,4)
- Als besonders **herausfordernd** wurden wirtschaftliche Barrieren (3,4) angesehen, dicht gefolgt von politischen (3,3) und rechtlichen Barrieren (3,2)

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Ergebnisse der Expertenumfrage – Relevanz und Herausforderung der Barrieren II



- Darstellung mit Relevanz auf der y-Achse und Schwierigkeit auf der x-Achse
- **Wirtschaftliche** und **politische** Barrieren werden gleichzeitig als besonders relevant und herausfordernd eingeschätzt
- **Technische** Barrieren werden im Vergleich als weniger relevant und herausfordernd eingeschätzt

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Ergebnisse der Expertenumfrage – Relevanz und Herausforderung der Barrieren III

P

Politische Barrieren

- 1) Kein Fokus politischer Strategien
- 2) **Fehlende langfristige Entscheidungsfindung**
- 3) **Fehlende Politiken zur Systemintegration**
- 4) **Begrenzte finanzielle Unterstützung verfügbar**
- 5) Komplizierte Förder- bzw. Finanzierungssysteme

E

Wirtschaftliche Barrieren

- 1) **Hohe anfängliche Investitionskosten**
- 2) **Hohe Finanzierungskosten**
- 3) **Hohe Installationskosten (z. B. Arbeitsaufwand, Zertifizierung)**
- 4) Hohe Betriebskosten
- 5) Hohe Endverbraucherpreise
- 6) Hohe Kosten für Reservekapazität
- 7) Fehlende finanzielle Erfahrung
- 8) Kapital fehlt oder ist nicht verfügbar
- 9) Veraltetes Geschäftsmodell

S

Soziale Barrieren

- 1) Geringe Akzeptanz bei Verbraucher:innen
- 2) **Geringes Bewusstsein der Verbraucher:innen für Vorteile**
- 3) Status-quo-Verzerrung (Bevorzugung des Bestehenden)
- 4) **Herausforderung durch viele Akteure und Interessensgruppen**
- 5) Fehlendes Wissen und Qualifikationslücken
- 6) Sozialpolitische Subventionen für bestimmte Arten von Heizungen

T

Technologische Barrieren

- 1) Geringe technische Reife
- 2) Geringe Marktreife
- 3) Wettbewerb zwischen Technologien
- 4) **Lock-in-Effekt und Pfadabhängigkeit**
- 5) Geringe Eignung des Gebäudebestands
- 6) **Niedrige Anschlussraten**
- 7) Eingeschränkte Daten zu Energiequellen
- 8) Unzureichendes Nachfragemanagement
- 9) Unsichere Nachfrage
- 10) Wärmenetze erfordern neue Infrastruktur
- 11) Lange Umsetzung
- 12) Quelle und Senke nicht am gleichen Ort
- 13) Betriebstemperaturen; Unvereinbarkeit mit EE

L

Rechtliche Barrieren

- 1) **Regulatorische Unsicherheit**
- 2) **Schwieriger Genehmigungsprozess und hohe Verwaltungslast**
- 3) Fehlende Standardisierung
- 4) **Fehlende Kapazitäten bei Behörden**
- 5) Verbote oder Verpflichtungen zur Fernwärme
- 6) Keine Regulierung für Drittanbieter
- 7) Steuerpolitik (ungleiche Besteuerung von Heiztechnologien)
- 8) Preisregulierung, die die Kostendeckung behindert

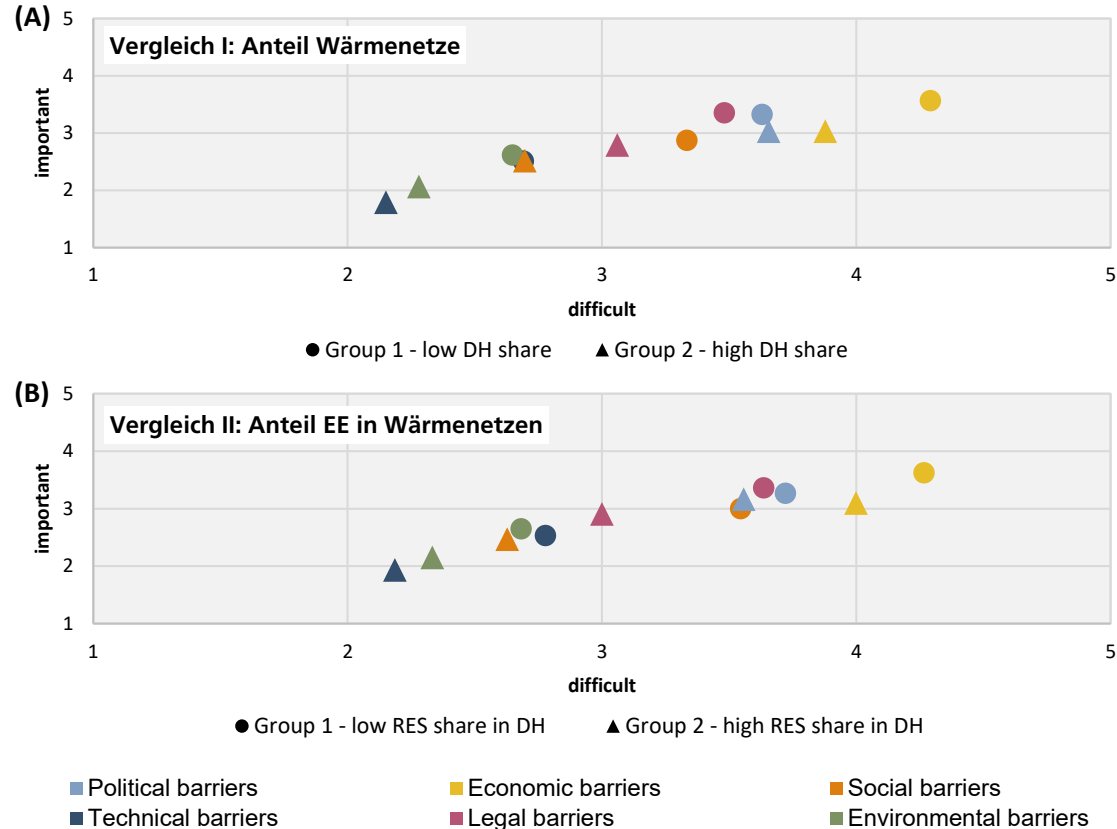
E

Umwelt-bezogene Barrieren

- 1) Begrenzte Ressourcen
- 2) **Begrenzte Flächenverfügbarkeit**
- 3) Hohe Luftschadstoffemissionen
- 4) Eingeschränkter Zugang zum Stromnetz
- 5) Begrenzte Brennstoffverfügbarkeit
- 6) Erdarbeiten problematisch
- 7) Lärmbelästigung

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

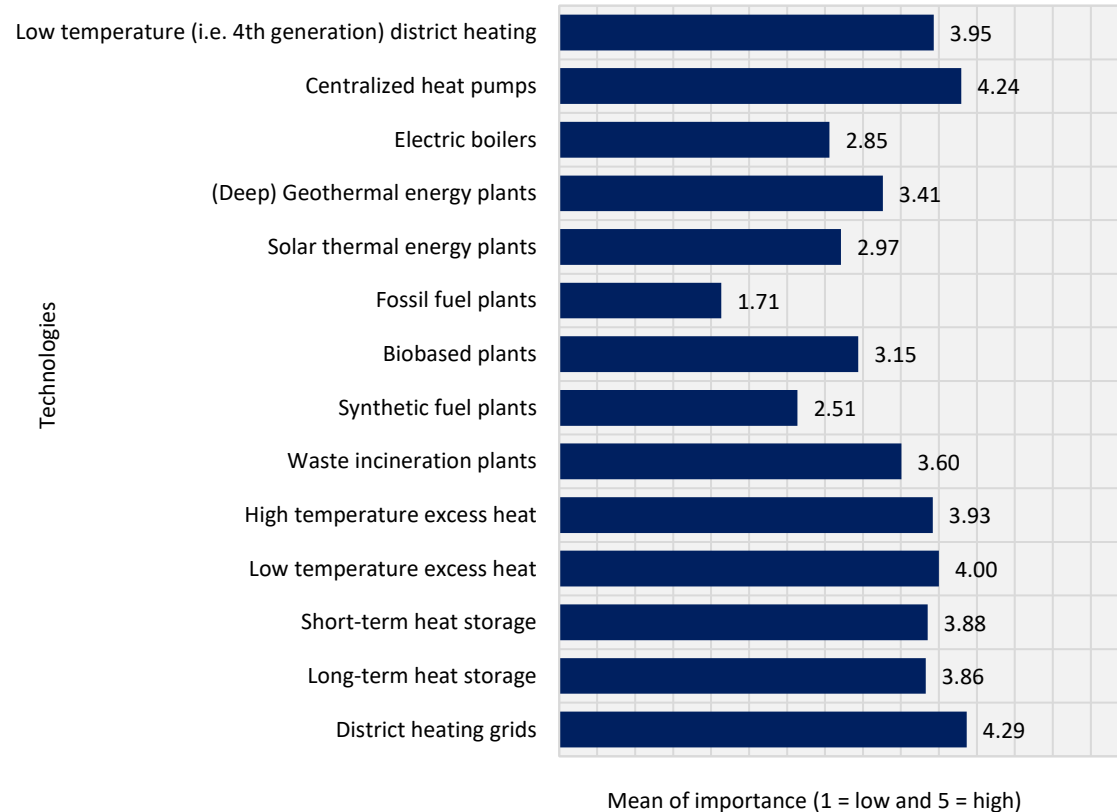
Ergebnisse der Expertenumfrage – Länderunterschiede



- **Ländergruppen** und Vergleich der Barrieren je Gruppe
 - Vergleich I: Gruppe 1: Länder mit geringem Anteil an Wärmenetzen und Gruppe 2: Länder mit hohem Anteil
 - Vergleich II: Gruppe 1: Länder mit geringem EE-Anteil in Wärmenetzen und Gruppe 2: Länder mit hohem EE-Anteil
- Teilnehmende aus Ländern mit einem geringeren Anteil an Wärmenetzen bewerten **soziale** und **technische** Barrieren als relevanter und herausfordernder
 - Teilnehmende aus Ländern mit einem geringeren EE-Anteil bewerten **wirtschaftliche**, **soziale** und **rechtliche** Barrieren als relevanter und herausfordernder

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

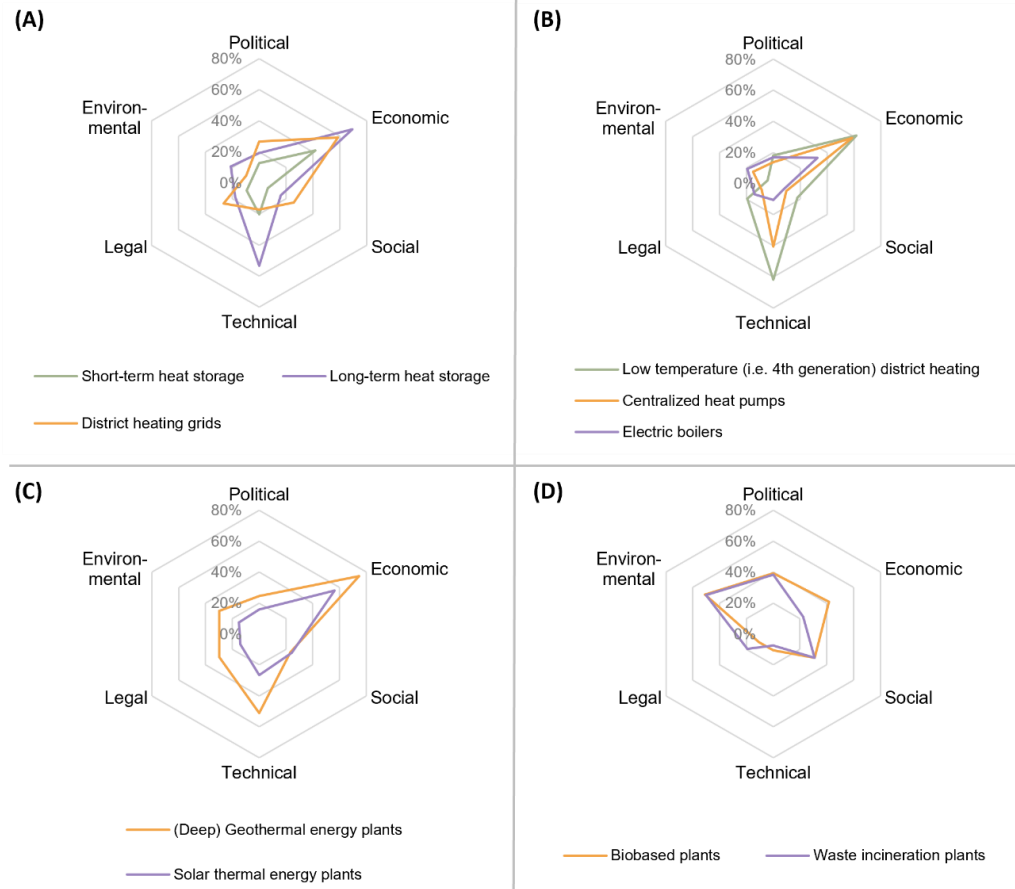
Ergebnisse der Expertenumfrage – Technologieunterschiede



- Frage: „Wie wichtig sind Ihrer Meinung nach die folgenden Technologien für den weiteren Ausbau der Fernwärmeversorgung in Ihrem Land?“
- Bewertung mit Likert-Skale: (1) gar nicht wichtig bis (5) sehr wichtig
- **Netzinfrastruktur** (4,29) und **Großwärmepumpen** (4,24) werden als die mit Abstand wichtigsten Technologien für die Zukunft der Wärmenetze angesehen
- Eine überdurchschnittliche Bedeutung wird zudem **Abwärme, Wärmespeicherung** und **Netzen mit geringer Temperatur** beigemessen

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Ergebnisse der Expertenumfrage – Technologieunterschiede II



- Frage: „Welche Barrieren sind für welche Technologie in Ihrem Land relevant?“ (Auswahl)
- Unterschiedliche Barrieren sind je Technologie relevant
 - Wirtschaftliche Barrieren sind für die Netzinfrastuktur besonders relevant
 - Technische Barrieren sind dagegen für die Langzeitwärmespeicherung von besonderer Relevanz
 - Wirtschaftliche und in geringerem Maße auch technische Barrieren sind für Großwärmepumpen und Geothermie besonders relevant
 - Umweltbezogene Barrieren sind für biobasierte Erzeugung und Abfallverbrennungsanlagen besonders relevant

Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

Zusammenfassung der Barrieren und Implikationen

- Barrieren variieren je Land, Ebene (national, regional), Kontext, Technologie und Wärmenetz
- Dimensionen der Barrieren sind miteinander verwoben (politisch, wirtschaftlich, sozial etc.)
- Übersetzung der relevantesten und herausforderndsten Barrieren in **6 Schlüsselfragen und Empfehlungen:**

	Barriere	Schlüsselfrage	Empfehlung & Lösungsansatz
P	Fehlende langfristige Entscheidungsfindung und fehlende Politiken zur Systemintegration	Gibt es Strategien zur sektorübergreifenden Integration?	Energieträger zusammendenken (vom Wärmeplan zum Energieplan)
E	Hohe anfängliche Investitionskosten und Installationskosten, Finanzierungskosten	Können sich die Beteiligten die Investition leisten?	Förder- und Finanzierungsinstrumente, privaten Kapitalmarkt mobilisieren
S	Herausforderung durch viele Akteure und Interessensgruppen (Multi-Stakeholder)	Können Interessengruppen sich effektiv abstimmen?	Koordinierung und Moderation von Prozessen
T	Lock-in-Effekt und Pfadabhängigkeit, niedrige Anschlussraten	Gibt es einen ausreichenden Wärmebedarf – auch langfristig?	Konsument:innen mitnehmen
L	Regulatorische Unsicherheit, hohe Verwaltungslast	Ist die Regulierung stabil und unkompliziert?	Regulatorische Unsicherheit und Bürokratie abbauen
E	Begrenzte Flächenverfügbarkeit	Ist ausreichend Platz für die Infrastruktur des Wärmenetzes vorhanden?	Flächenverfügbarkeit für Wärmenetze verbessern

Quellen und weiterführende Informationen

Veröffentlichungen

- Sneum, D. M.; Billerbeck, A.; Kachirayil, F.; McKenna, R. (2025): **Barriers to district heating deployment: insights from literature and experts.** In: Energy Policy, 206, p. 114780. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114780>
- Billerbeck, Anna; Breitschopf, Barbara; Winkler, Jenny; Bürger, Veit; Köhler, Benjamin; Bacquet, Alexandre; Popovski, Eftim; Fallahnejad, Mostafa; Kranzl, Lukas; Ragwitz, Mario (2023): Policy frameworks for district heating: A comprehensive overview and analysis of regulations and support measures across Europe. In: Energy Policy, 173, p. 113377. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113377>
- Billerbeck, A.; Breitschopf, B.; Preuß, S.; Winkler, J.; Ragwitz, M.; Keles, D. (2023): Perception of district heating in Europe: A deep dive into influencing factors and the role of regulation. In: Energy Policy, 184, p. 13860. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113860>
- Billerbeck, Anna; George, Jan Frederick; Müller, Viktor Paul; Winkler, Jenny; Timofeeva, Elena; Weidinger, Lisa; Greitzer, Maria; Hanßke, Anja; Nolden, Christoph; Jentsch, Andrej; Sercan-Çalışmaz, Kibriye (2023): Analyse aktueller Ökonomischer Rahmenbedingungen für Großwärmepumpen. <https://doi.org/10.24406/publica-1063>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Anna Billerbeck

Telefon: +49 721 6809 521

E-Mail: anna.billerbeck@isi.fraunhofer.de

Anhang

Ergebnisse der Literaturanalyse: Barrieren entlang PESTLE

PESTLE	Kategorie / Barriere	Referenzen
P - Politisch	Kein Fokus politischer Strategien	7, 8, 9, 10, 11, 12
	Fehlende langfristige Entscheidungsfindung	4, 5, 6
	Fehlende Politiken zur Systemintegration	2, 4
	Begrenzte finanzielle Unterstützung verfügbar	20
	Komplizierte Förder- bzw. Finanzierungssysteme	1
E – Wirtschaftlich	Hohe anfängliche Investitionskosten	3, 4, 8, 16, 17, 18
	Hohe Finanzierungskosten	5, 13
	Hohe Installationskosten	14
	Hohe Betriebskosten	11, 15, 16
	Hohe Endverbraucherpreise	22, 35
	Hohe Kosten für Reservekapazität	3
	Fehlende finanzielle Erfahrung	8, 19
	Kapital fehlt oder ist nicht verfügbar	11, 20, 21, 22
S - Sozial	Veraltetes Geschäftsmodell	22, 23
	Geringe Akzeptanz bei Verbraucher:innen	3, 11, 20, 22, 25, 26
	Geringes Bewusstsein der Verbraucher:innen für Vorteile	3, 22, 25, 26, 27
	Status-quo-Verzerrung (Bevorzugung des Bestehenden)	3, 4, 20, 22, 28, 29
	Herausforderung durch viele Akteure und Interessensgruppen	3, 20
	Fehlendes Wissen und Qualifikationslücken	20

PESTLE	Kategorie / Barriere	Referenzen
T - Technisch	Geringe technische Reife	3
	Geringe Marktreife	3, 12, 15
	Wettbewerb zwischen Versorgungstechnologien	2, 3, 8, 22, 25
	Lock-in-Effekt und Pfadabhängigkeit	11, 25
	Geringe Eignung des Gebäudebestands	3, 24
	Niedrige Anschlussraten	35
	Eingeschränkte Daten zu Energiequellen	3, 24
	Unzureichendes Nachfragemanagement	11
	Unsichere Nachfrage	3, 20, 23, 25
	Wärmenetze erfordern neue Infrastruktur, Gas-/Stromsektor nicht	4
L - Rechtlich	Lange Umsetzungsphase	15
	Quelle und Senke nicht am gleichen Ort	3, 15
	Regulatorische Unsicherheit	8, 25
	Schwieriger Genehmigungsprozess und hohe Verwaltungslast	3, 24
	Fehlende Standardisierung	15, 19, 20, 22
	Fehlende Kapazitäten bei Behörden	1, 3, 5, 20
	Verbote oder Verpflichtungen zur Fernwärme	24, 30
E – Umwelt-bezogen	Keine Regulierung für Drittanbieter	3, 30
	Begrenzte Ressourcen	3, 8, 15, 20
	Begrenzte Flächenverfügbarkeit	3, 16, 33
	Hohe Luftschadstoffemissionen	36
	Eingeschränkter Zugang zum Stromnetz	31, 32
	Begrenzte Brennstoffverfügbarkeit	37
	Erdarbeiten problematisch	34

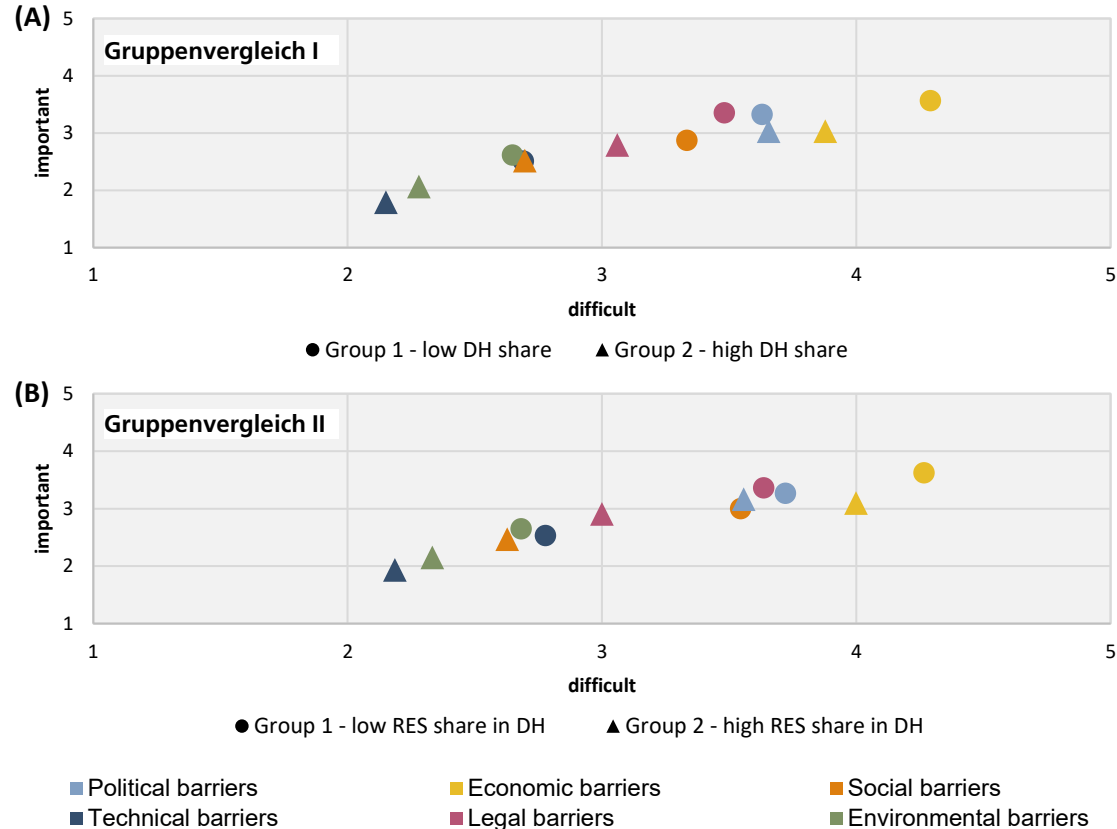
Anhang

Ergebnisse der Literaturanalyse: Barrieren entlang PESTLE - Quellen

1. Chassein, E., Roser, A., 2017. Boosting renewable energy in heating and cooling. Summary of best practices, success factors and recommendations based on literature, interviews and surveys in six case studies.
2. Department of Energy and Climate Change, 2013. The Future of Heating: Meeting the challenge. Department of Energy and Climate Change, London.
3. European Commission. Directorate General for Energy., Öko Institut., Fraunhofer ISI., TU Wien., E Think., Halmstad University., 2023. Renewable heating and cooling pathways: towards full decarbonisation by 2050 : final report. Publications Office, LU.
4. Andrews, D., Krook Riekkola, A., Tzimas, E., Serpa, J., Carlsson, J., Pardo-Garcia, N., Papaioannou, I., 2012. Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion.
5. Bolton, R., Foxon, T.J., 2015. Infrastructure transformation as a socio-technical process — Implications for the governance of energy distribution networks in the UK. *Technological Forecasting and Social Change* 90, 538–550. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.02.017>
6. Salling, C.A., 2024. From incentives to instructions: Climate policy mechanisms on heat pumps, datacentres, district heating, and epistemic collisions hindering decarbonisation in practice. *Energy Research & Social Science* 111, 103469. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2024.103469>
7. Bauknecht, D., Förster, H., Hünecke, K., et al., 2017. Study on Technical Assistance in Realisation of the 2016 Report on Renewable Energy, in preparation of the Renewable Energy Package for the Period 2020-2030 in the European Union.
8. de la Vega, N., Mišech, A., 2022. Final document on the financing strategy for the RHC sector (No. Deliverable 4.5). RHC ETIP.
9. Lowes, R., Woodman, B., Clark, M., 2018a. A transformation to sustainable heating in the UK: risks and opportunities for UK heat sector businesses. UKERC and University of Exeter, Exeter.
10. Lowes, R., Woodman, B., 2020. Disruptive and uncertain: Policy makers' perceptions on UK heat decarbonisation. *Energy Policy* 142, 111494. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111494>
11. Millar, M.-A., Burnside, N., Yu, Z., 2019. District Heating Challenges for the UK. *Energies* 12, 310. <https://doi.org/10.3390/en12020310>
12. Stærke, M., 2022. De statslige rammer skal være stærkere [The National framework must be strengthened] [WWW Document]. URL [https://www.danskfjernvarme.dk/aktuelt/nyheder/arkiv/2022/221028-de-](https://www.danskfjernvarme.dk/aktuelt/nyheder/arkiv/2022/221028-de-gullev)
13. Gullev, L., Duedahl, M.J., 2019. IRR and how it affects development of DH projects. *HotCool* 1, 7–10.
14. Ritzau, 2022. Borgere må muligvis vente længe på klar besked om fjernvarme. *EnergiWatch*.
15. Mazhar, A.R., Liu, S., Shukla, A., 2018. A state of art review on the district heating systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 96, 420–439. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.005>
16. Sneum, D.M., 2020. Flexibility of U.S. campus district energy systems in the electricity grid.
17. Danish District Heating Association, 2023. Faaborg aflyser projekt om udvidelse af fjernvarmenettet [Faaborg cancels project on expansion of the district heating network] [WWW Document]. URL <https://www.danskfjernvarme.dk/aktuelt/nyheder/230222-faaborg-afly> (accessed 2.22.23).
18. Thomaßen, G., Kavvadias, K., Navarro, J.P.J., 2021. The decarbonisation of the EU heating sector through electrification: A parametric analysis. *Energy Policy* 148. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111929>
19. Gjoka, K., Rismanchi, B., Crawford, R.H., 2023. Fifth-generation district heating and cooling systems: A review of recent advancements and implementation barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 171, 112997. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112997>
20. BRE, University of Edinburgh, Centre for Sustainable Energy, 2013. Research into barriers to deployment of district heating networks. Department of Energy & Climate Change.
21. Reintoft, H., 2023. Gisp: Er prisen for høj? - Horne går kold i bestræbelserne på at få fjernvarme [Is the price too high? - Horne stops in its tracks towards getting district heating]. *JydskeVestkysten*.
22. Trier, D., Kowalska, M., Paardekoooper, S., Volt, J., De Groote, M., Krasatsenka, A., Popp, D., Beletti, V., Nowak, T., Rothballer, C., Stiff, G., Terenzi, A., Mathiesen, B.V., 2018. Business Cases and Business Strategies to Encourage Market Uptake: Addressing Barriers for the Market Uptake of Recommended Heating and Cooling Solutions - Heat Roadmap Europe 4 (No. D7.16), Heat Roadmap Europe 4.
23. Lygnerud, K., 2018. Challenges for business change in district heating. *Energy Sustain Soc* 8, 20. <https://doi.org/10.1186/s13705-018-0161-4>
24. European Commission. Directorate General for Energy., TU Wien., Tilia GmbH., Institute for Resource Efficiency and Energy Strategies GmbH., Fraunhofer ISI., Öko Institut., 2022. District heating and cooling in the European Union: overview of markets and regulatory frameworks under the revised Renewable Energy Directive. Publications Office, LU.
25. Fransson, N., Sandvall, A., Karlsson, K., Unluturk, B., Andersson, R., Nilsson, J., Romanchenko, D., Övereng, A., Liptow, C., 2021. REWARDHeat PESTLE analysis (No. 3.1). The REWARDHeat Project.
26. Zaunbrecher, B., Arning, K., Falke, T., Ziefle, M., 2016. No pipes in my backyard?: Preferences for local district heating network design in Germany. *Energy Research & Social Science*. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2016.01.008>
27. Sneum, D.M., 2020. Flexibility of U.S. campus district energy systems in the electricity grid. (duplicate reference, same as 16).
28. Jenkins, N., 1980. Combined heat and power - the debate warms up. *Energy Policy* 8, 169–173. [https://doi.org/10.1016/0301-4215\(80\)90009-9](https://doi.org/10.1016/0301-4215(80)90009-9)
29. Lowes, R., Woodman, B., Clark, M., 2018b. Incumbency in the UK heat sector and implications for the transformation towards low-carbon heating (No. UKERC/DM/2018/WP/02).
30. Sneum, D.M., 2021. Barriers to flexibility in the district energy-electricity system interface – A taxonomy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 145, 111007. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111007>
31. Dixon, R., Gielen, D., 2006. A glimpse of the future prospects for cogeneration and on-site renewables [WWW Document]. *Power Engineering International*. URL <https://www.powerengineeringint.com/on-site-power/a-glimpse-of-the-future-prospects-for-cogeneration-and-on-site-renewables/>
32. Heat Pump Centre, 2019. Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems (No. HPT-AN47-1), Annex 47. IEA Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies, Borås, Sweden.
33. Werling, J., 2018. Udbygning med varmelagre i hovedstadsområdet.
34. Viuff, R., 2024. Forurenet jord kan presse fjernvarmeprojekt i Vinderslev [Polluted earth can press district heating project in Vinderslev]. *Dit Kjellerup*.
35. Støhckel, H.K., Sneum, D.M., 2023. Upfront payment to connect to district heating.
36. IRENA, 2017. Renewable Energy in District Heating and Cooling, A sector roadmap for REmap. IRENA, Abu Dhabi.
37. Lake, A., Rezaie, B., Beyerlein, S., 2017. Review of district heating and cooling systems for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67, 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.061>

Anhang

Ergebnisse der Umfrage: Länderunterschiede



- Gruppenvergleich I: Anteil Wärmenetze
 - Gruppe 1: Länder mit **geringem** Anteil
(Anteil < 29%; 54 Teilnehmende; Germany, Switzerland, Netherlands, Austria, Hungary, Ireland, United Kingdom, France, Norway, Croatia, Italy, Luxembourg)
 - Gruppe 2: Länder mit **hohem** Anteil
(Anteil > 29%, 33 Teilnehmende; Denmark, Finland, Sweden, Estonia, Lithuania, Poland, Czech Republic, Slovakia)
- Gruppenvergleich II: Anteil EE in Wärmenetze
 - Gruppe 1: Länder mit **geringem** EE-Anteil
(EE-Anteil < 30%; 44 Teilnehmende; Germany, Hungary, Ireland, United Kingdom, Norway, Slovakia, Croatia, Italy, Luxembourg, Poland, Netherlands, Czech Republic)
 - Gruppe 2: Länder mit **hohem** EE-Anteil
(EE-Anteil > 30%, 43 Teilnehmende; Denmark, Finland, Sweden, Estonia, Lithuania, Austria, France, Switzerland)