

**Fokus Wärme 2025, 11. November 2025, Würzburg**

---

## Hemmisse 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?

**Energy Policy** 206 (2025) 114780  
Contents lists available at ScienceDirect  
**Energy Policy**  
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)

**Barriers to district heating deployment: insights from literature and experts**

Daniel Moller Sneum <sup>a,b,\*</sup>, Anna Billerbeck <sup>c</sup>, Febin Kachirayil <sup>c</sup>, Russell McKenna <sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Technical University of Denmark, Department of Technology, Management and Economics, Produktionsstørrelse, 424, Lyngby, 2800 Denmark  
<sup>b</sup> Lund University, Energy Science, John Ericsson Väg 3, 223 45 Lund, Sweden  
<sup>c</sup> Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Bävelauer Straße 48, 76130 Karlsruhe, Germany  
<sup>d</sup> Institute for Energy Efficient, Control and Process Engineering, ETH Zurich, Clausiusstrasse 23, 8092 Zurich, Switzerland  
<sup>e</sup> Laboratory for Energy Systems Analysis, Center for Energy and Environment & Nuclear Energy and Safety, Paul Scherrer Institute, Forschungsstrasse 111, 5232 PSI Villigen, Switzerland

**ARTICLE INFO**

**Keywords:** Barriers, District heating, District energy, Expert survey, Review, Sector coupling

**Over the last century, district heating (DH) has only achieved global market shares of around 10 %. To reach its potential market share of 20–50 % in Europe by 2050, growth must drastically accelerate. But deployment of DH is hindered by barriers, potentially slowing this fast-paced transition of the heat system. In this paper, we identify barriers to the deployment of DH through mining and GPT-added literature reviews. These reviews are complemented by an expert survey of 94 experts from European countries. According to these experts, barriers account for approximately 20 % of global and 93 % of European DH supply. We find that economic and political barriers are considered both most significant and most difficult to overcome. The importance of individual barriers varies between countries. In addition, barriers are more prominent in the residential sector than in the industrial sector. Some important individual barriers include high installation costs, regulatory uncertainty and insufficient policies to integrate DH with other energy sectors. If a faster pace of system-integrated DH deployment is desired, it is critical to reduce the underlying investment risk of district heating projects through an expansion of integrated energy system planning and regulation such as zoning and mandates.**

**1. Introduction**

Heating accounts for a third (nearly 145 EJ) of global energy demand (IEA, 2024a) and 80 % of CO<sub>2</sub> emissions in buildings globally (IEA, 2024b), corresponding to 10 % of total energy consumption and 20 % of global greenhouse gas emissions (IEA, 2024c). The sector is therefore crucial for reducing the security of supply and decarbonisation. The IEA describes heating's current alignment with IEA's *Net Zero Emissions by 2050 Scenario* as "More effort is needed to move away from fossil fuels" (IEA, 2024d). The scenario identifies three main paths to heating (DH) in "Net zero track" with "almost 90 % of global GHG emissions" (IEA, 2024e). The status aligns with the Draghi report's (2021) recommendation to "[...] extending acceleration measures and emergency regulation of the network [and] heat generators [...]. Consequently, the European Commission's (2021) Heating and Cooling Strategy by 2026 (European Commission, 2021).

Heating may be "less sexy" (Eggerston, 2004) than other energy sectors, and especially its lesser-known sibling DH merits a brief introduction. In one definition, DH exploits the "use [of] local fuel or heat resources that would otherwise be wasted" (Friederich and Werner, 2013) such as industrial waste heat, waste-to-energy plants or combined heat and power generation. In another, increasing the energy efficiency compared to individual heating systems. Beyond the use of such sources, power-to-heat technologies (heat pumps and electric boilers) are increasingly becoming part of the mix (Grotheit and Stünkel, 2023). The main components of a DH system are the supply system and the network which distributes the heat to residential, industrial and other types of end-users. Due to the additional cost for the network compared to individual heating systems, DH is primarily viable in areas with sufficiently high heat demand density and a cheap and reliable source of heat.

DH is not by itself a low-carbon technology, as many different heat sources can feed into the DH network, a characteristic coined X-to-heat (Sneum et al., 2022). In fact, 90 % of global current heat for DH is based on fossil fuels (Sneum, 2024) and thus in terms of large effects it is clear that a transition is to be achieved. Lund et al. (2021) have defined this transition as "the shift from fossil fuels to renewable energy sources".

\* Corresponding author. Technical University of Denmark, Department of Technology, Management and Economics, Produktionsstørrelse, 424, Lyngby, 2800, Denmark.  
E-mail address: [daniel.moller.sneum@energy.tuh.se](mailto:daniel.moller.sneum@energy.tuh.se) (D.M. Sneum), [anna.billerbeck@isi.fraunhofer.de](mailto:anna.billerbeck@isi.fraunhofer.de) (A. Billerbeck), [kachirayil@ethz.ch](mailto:kachirayil@ethz.ch) (F. Kachirayil), [russell.mckenna@psi.ch](mailto:russell.mckenna@psi.ch) (R. McKenna).

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2025.114780>  
Received 22 December 2024; Received in revised form 10 July 2025; Accepted 11 July 2025  
Available online 24 July 2025  
0301-4215/© 2025 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

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

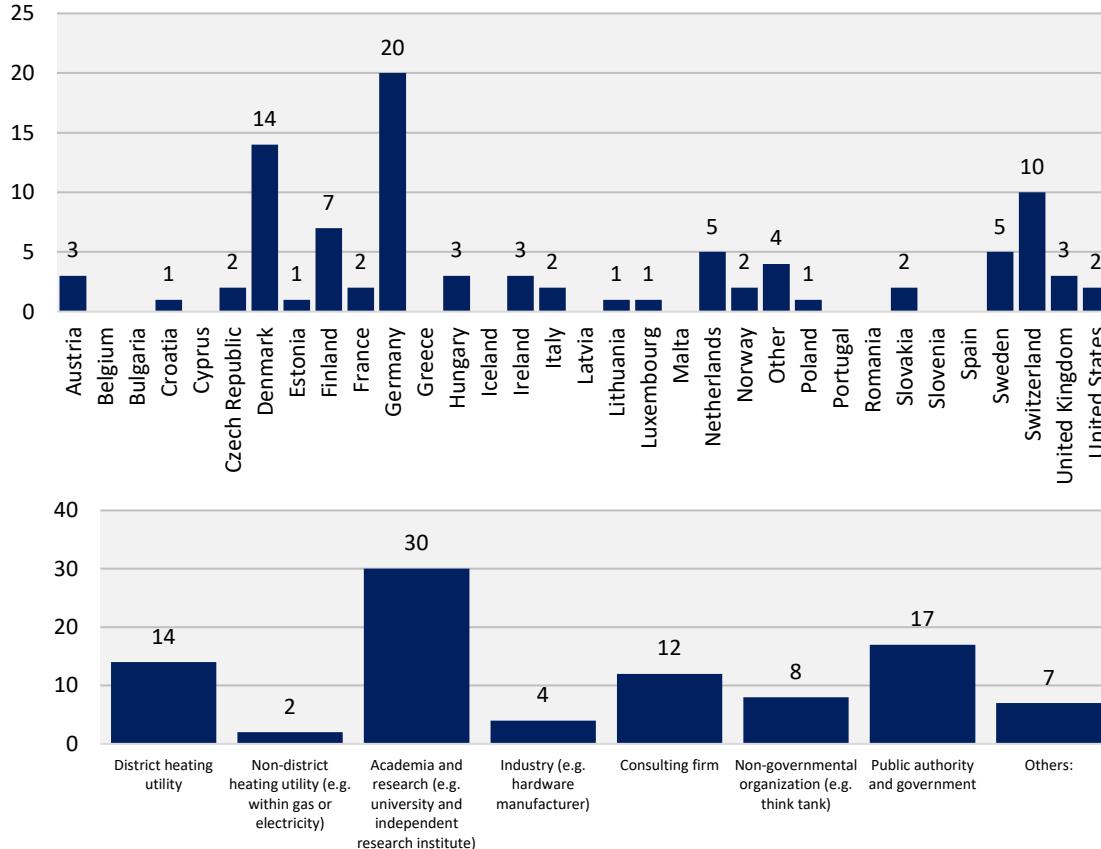
# Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

## Ergebnisse der Literaturanalyse – 48 Barrieren entlang PESTLE

P	Politische Barrieren	E	Wirtschaftliche Barrieren	S	Soziale Barrieren	T	Technologische Barrieren	L	Rechtliche Barrieren	E	Umweltbezogene Barrieren
1)	Kein Fokus politischer Strategien	1)	Hohe anfängliche Investitionskosten	1)	Geringe Akzeptanz bei Verbraucher:innen	1)	Geringe technische Reife	1)	Regulatorische Unsicherheit	1)	Begrenzte Ressourcen
2)	Fehlende langfristige Entscheidungsfindung	2)	Hohe Finanzierungskosten	2)	Geringes Bewusstsein der Verbraucher:innen für Vorteile	2)	Geringe Marktreife	2)	Schwieriger Genehmigungsprozess und hohe Verwaltungslast	2)	Begrenzte Flächenverfügbarkeit
3)	Fehlende Politiken zur Systemintegration	3)	Hohe Installationskosten (z. B. Arbeitsaufwand, Zertifizierung)	3)	Status-quo-Verzerrung (Bevorzugung des Bestehenden)	3)	Wettbewerb zwischen Technologien	3)	Fehlende Standardisierung	3)	Hohe Luftschatdstoffemissionen
4)	Begrenzte finanzielle Unterstützung verfügbar	4)	Hohe Betriebskosten	4)	Herausforderung durch viele Akteure und Interessensgruppen	4)	Lock-in-Effekt und Pfadabhängigkeit	4)	Fehlende Kapazitäten bei Behörden	4)	Eingeschränkter Zugang zum Stromnetz
5)	Komplizierte Förder- bzw. Finanzierungssysteme	5)	Hohe Endverbraucherpreise	5)	Fehlendes Wissen und Qualifikationslücken	5)	Geringe Eignung des Gebäudebestands	5)	Verbote oder Verpflichtungen zur Fernwärme	5)	Begrenzte Brennstoffverfügbarkeit
		6)	Hohe Kosten für Reservekapazität	6)	Sozialpolitische Subventionen für bestimmte Arten von Heizungen	6)	Niedrige Anschlussraten	6)	Keine Regulierung für Drittanbieter	6)	Erdarbeiten problematisch
		7)	Fehlende finanzielle Erfahrung			7)	Eingeschränkte Daten zu Energiequellen	7)	Steuerpolitik (ungleiche Besteuerung von Heiztechnologien)		7)
		8)	Kapital fehlt oder ist nicht verfügbar			8)	Unzureichendes Nachfragermanagement				
		9)	Veraltetes Geschäftsmodell			9)	Unsichere Nachfrage				
						10)	Wärmenetze erfordern neue Infrastruktur				
						11)	Lange Umsetzung				
						12)	Quelle und Senke nicht am gleichen Ort				
						13)	Betriebstemperaturen; Unvereinbarkeit mit EE				

# Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

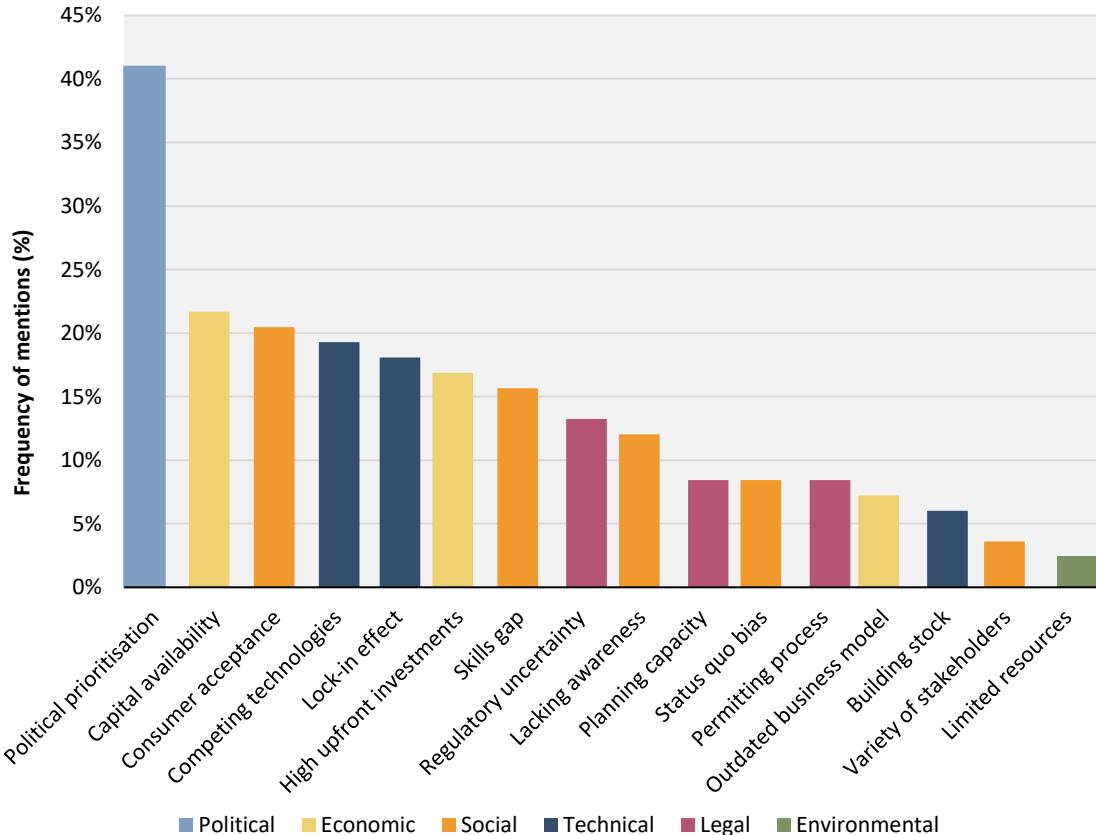
## Ergebnisse der Expertenumfrage – Übersicht Teilnehmende



- 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 Expertenumfrage – Allgemeine Barrieren

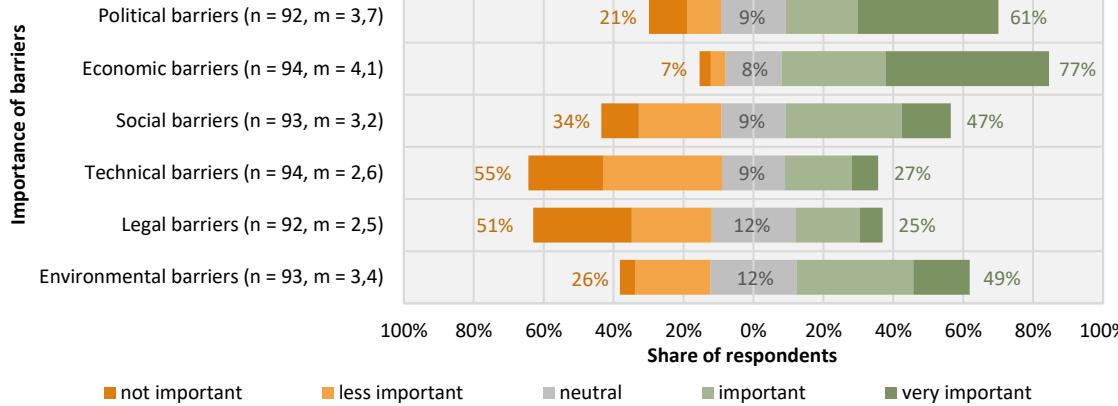


- Frage: „Was sind Ihrer Meinung nach die größten Hindernisse / Barrieren für den weiteren Ausbau der Wärmenetze in Ihrem Land?“ (Freitext)
- Die am häufigsten genannte Barriere ist der **Mangel an politischer Unterstützung und langfristiger Entscheidungsfindung**
- Die Befragten erwähnten:
  - „eine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

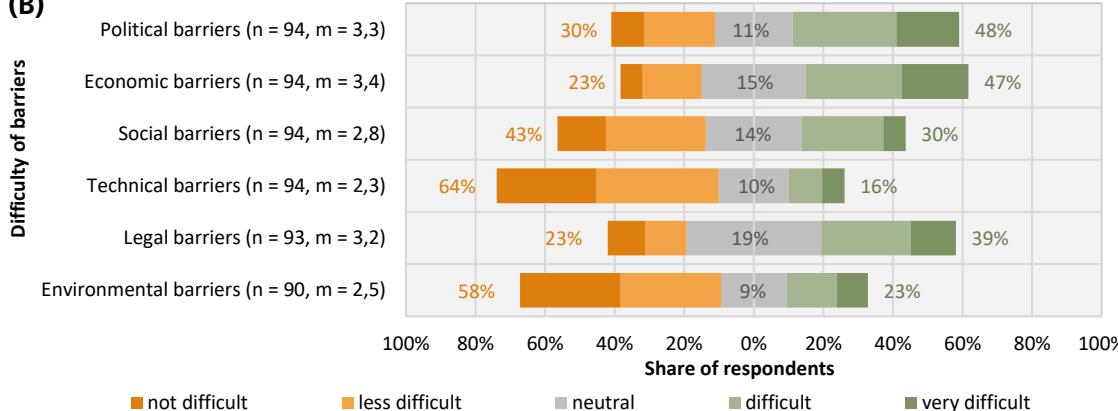
# Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

## Ergebnisse der Expertenumfrage – Relevanz und Herausforderung der Barrieren

(A)



(B)

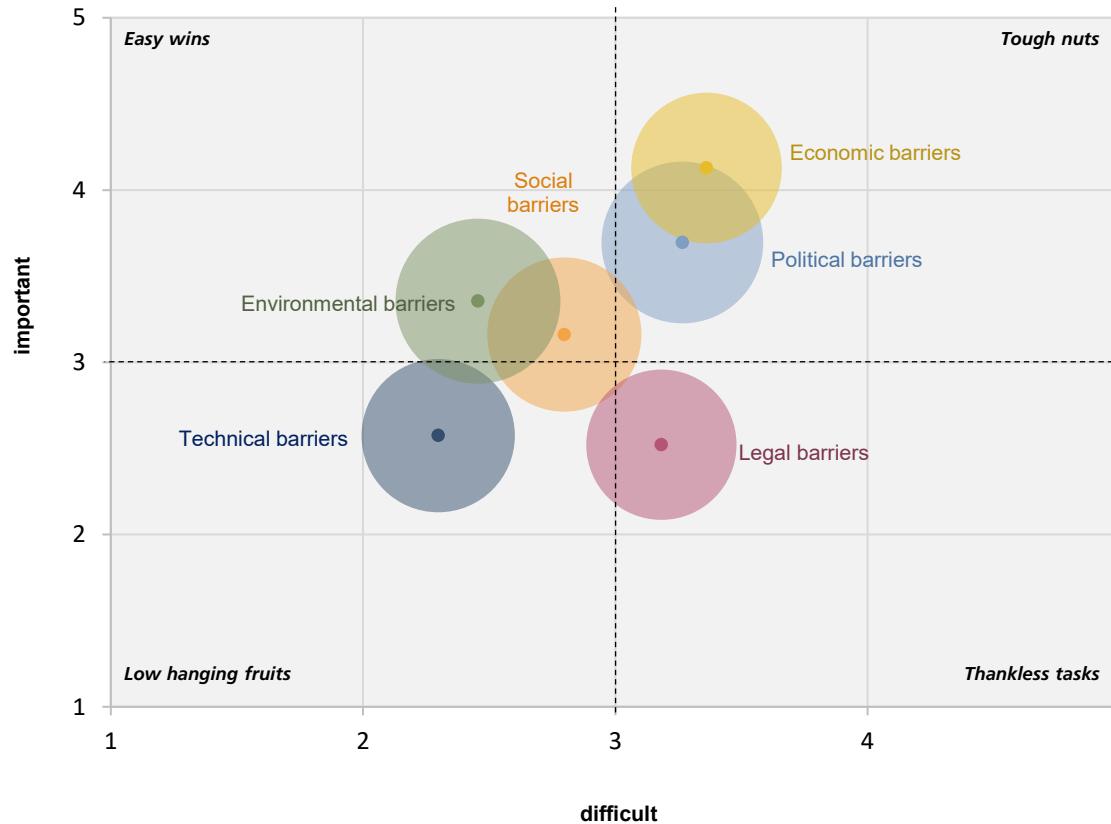


- Frage: „Wie **relevant / herausfordernd** sind Ihrer Meinung nach die folgenden Barrieren für den weiteren Ausbau der Wärmenetze in Ihrem Land?“
- Bewertung mit Likert-Skale: (1) gar nicht relevant / herausfordernd bis (5) sehr relevant / herausfordernd

- 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

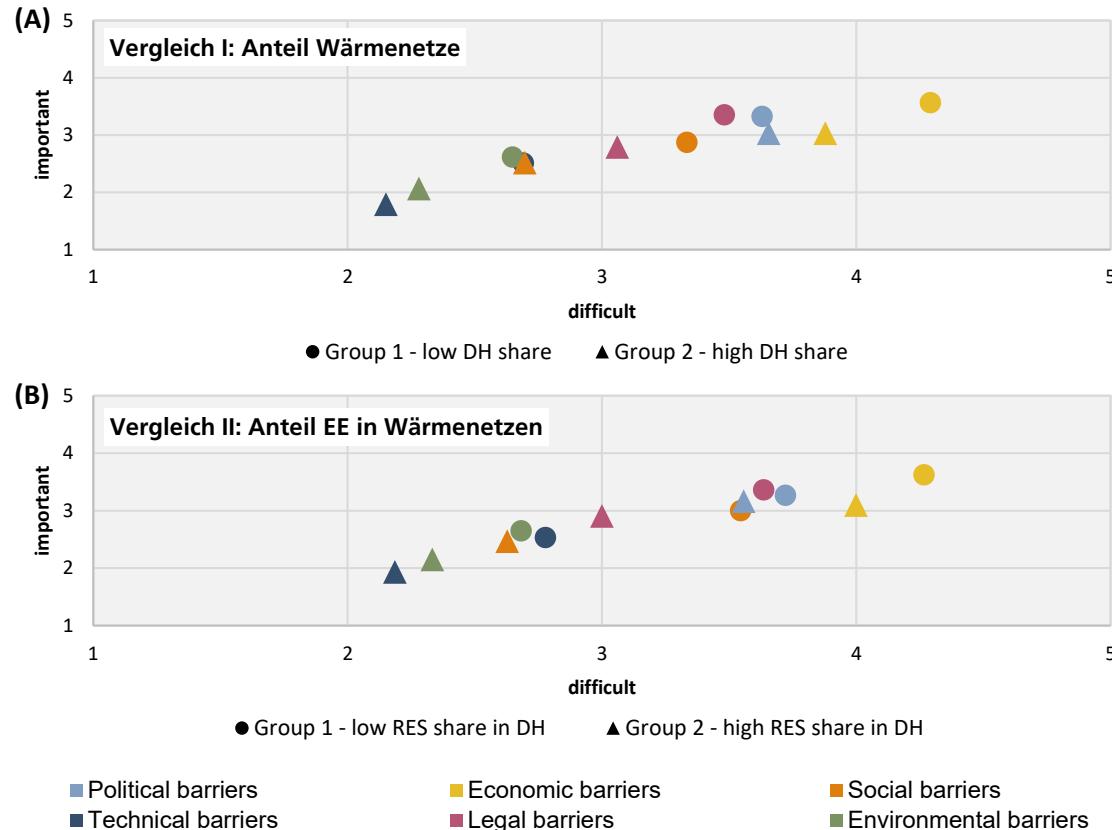
# Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

## Ergebnisse der Expertenumfrage – Relevanz und Herausforderung der Barrieren III

P	Politische Barrieren	E	Wirtschaftliche Barrieren	S	Soziale Barrieren	T	Technologische Barrieren	L	Rechtliche Barrieren	E	Umweltbezogene Barrieren
1)	Kein Fokus politischer Strategien	1)	<b>Hohe anfängliche Investitionskosten</b>	1)	Geringe Akzeptanz bei Verbraucher:innen	1)	Geringe technische Reife	1)	<b>Regulatorische Unsicherheit</b>	1)	Begrenzte Ressourcen
2)	<b>Fehlende langfristige Entscheidungsfindung</b>	2)	<b>Hohe Finanzierungskosten</b>	2)	<b>Geringes Bewusstsein der Verbraucher:innen für Vorteile</b>	2)	Geringe Marktreife	2)	<b>Schwieriger Genehmigungsprozess und hohe Verwaltungslast</b>	2)	<b>Begrenzte Flächenverfügbarkeit</b>
3)	<b>Fehlende Politiken zur Systemintegration</b>	3)	<b>Hohe Installationskosten (z. B. Arbeitsaufwand, Zertifizierung)</b>	3)	Status-quo-Verzerrung (Bevorzugung des Bestehenden)	3)	Wettbewerb zwischen Technologien	3)	Fehlende Standardisierung	3)	Hohe Luftsadstoffemissionen
4)	<b>Begrenzte finanzielle Unterstützung verfügbar</b>	4)	Hohe Betriebskosten	4)	<b>Herausforderung durch viele Akteure und Interessensgruppen</b>	4)	<b>Lock-in-Effekt und Pfadabhängigkeit</b>	4)	<b>Fehlende Kapazitäten bei Behörden</b>	4)	Eingeschränkter Zugang zum Stromnetz
5)	Komplizierte Förder- bzw. Finanzierungssysteme	5)	Hohe Endverbraucherpreise	5)	Fehlendes Wissen und Qualifikationslücken	5)	Geringe Eignung des Gebäudebestands	5)	Verbote oder Verpflichtungen zur Fernwärme	5)	Begrenzte Brennstoffverfügbarkeit
		6)	Hohe Kosten für Reservekapazität	6)	Sozialpolitische Subventionen für bestimmte Arten von Heizungen	6)	<b>Niedrige Anschlussraten</b>	6)	Keine Regulierung für Drittanbieter	6)	Erdarbeiten problematisch
		7)	Fehlende finanzielle Erfahrung			7)	Eingeschränkte Daten zu Energiequellen	7)	Steuerpolitik (ungleiche Besteuerung von Heiztechnologien)		7)
		8)	Kapital fehlt oder ist nicht verfügbar			8)	Unzureichendes Nachfragemanagement	8)	Preisregulierung, die die Kostendeckung behindert		Lärmbelästigung
		9)	Veraltetes Geschäftsmodell			9)	Unsichere Nachfrage				
						10)	Wärmenetze erfordern neue Infrastruktur				
						11)	Lange Umsetzung				
						12)	Quelle und Senke nicht am gleichen Ort				
						13)	Betriebstemperaturen; Unvereinbarkeit mit EE				

# Hemmnisse und Lösungsansätze für Wärmenetze

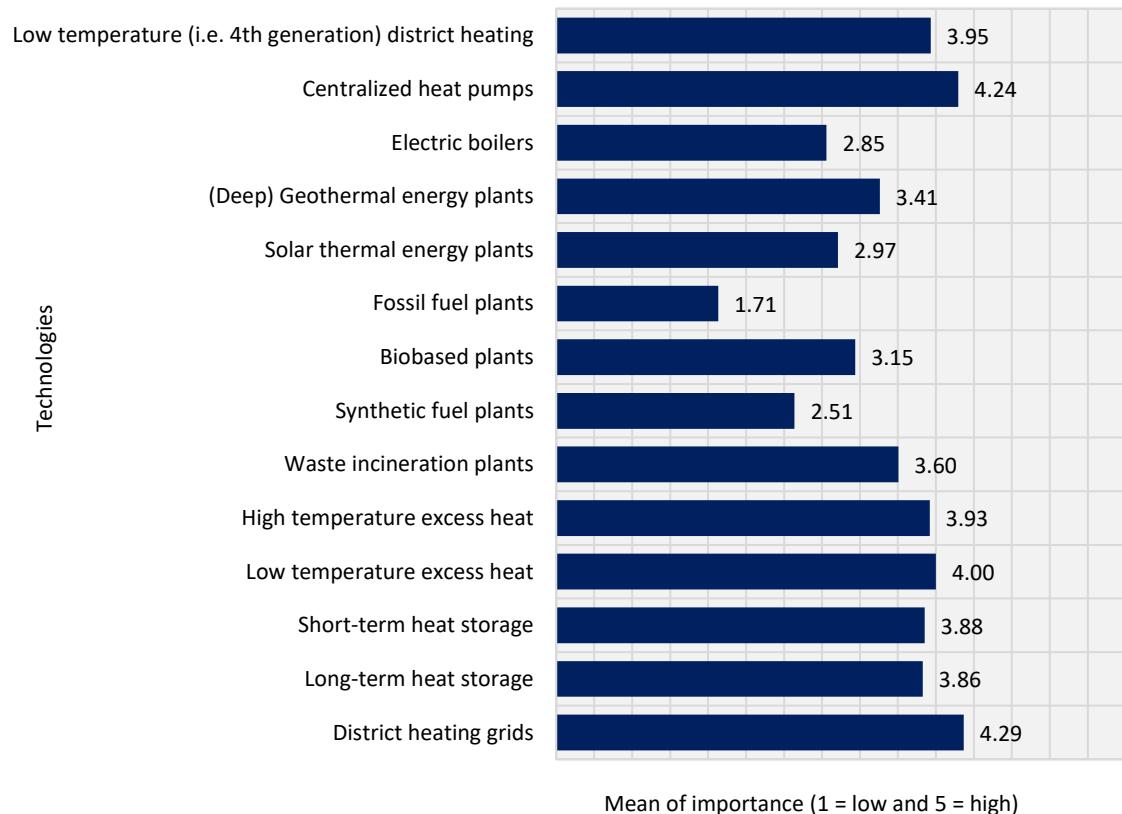
## Ergebnisse der Expertenumfrage – Länderunterschiede



- **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

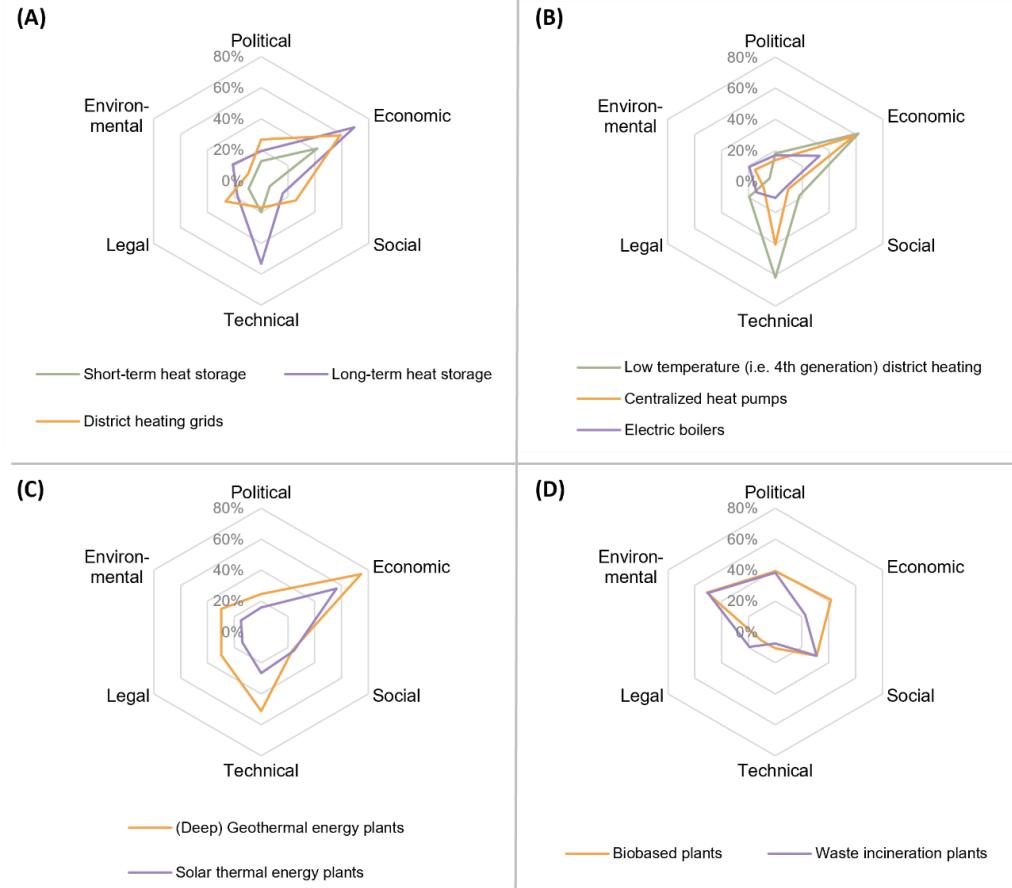
## Ergebnisse der Expertenumfrage – Technologieunterschiede



- 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 Netzinfrastruktur 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
<b>P - Politisch</b>	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
<b>E – Wirtschaftlich</b>	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
	Veraltetes Geschäftsmodell	22, 23
<b>S - Sozial</b>	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
<b>T - Technisch</b>	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
<b>L - Rechtlich</b>	Wärmenetze erfordern neue Infrastruktur, Gas-/Stromsektor nicht	4
	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
<b>E – Umwelt-bezogen</b>	Fehlende Kapazitäten bei Behörden	1, 3, 5, 20
	Verbote oder Verpflichtungen zur Fernwärme	24, 30
	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
<b>S - Sozial</b>	Begrenzte Brennstoffverfügbarkeit	37
	Erarbeiten problematisch	34

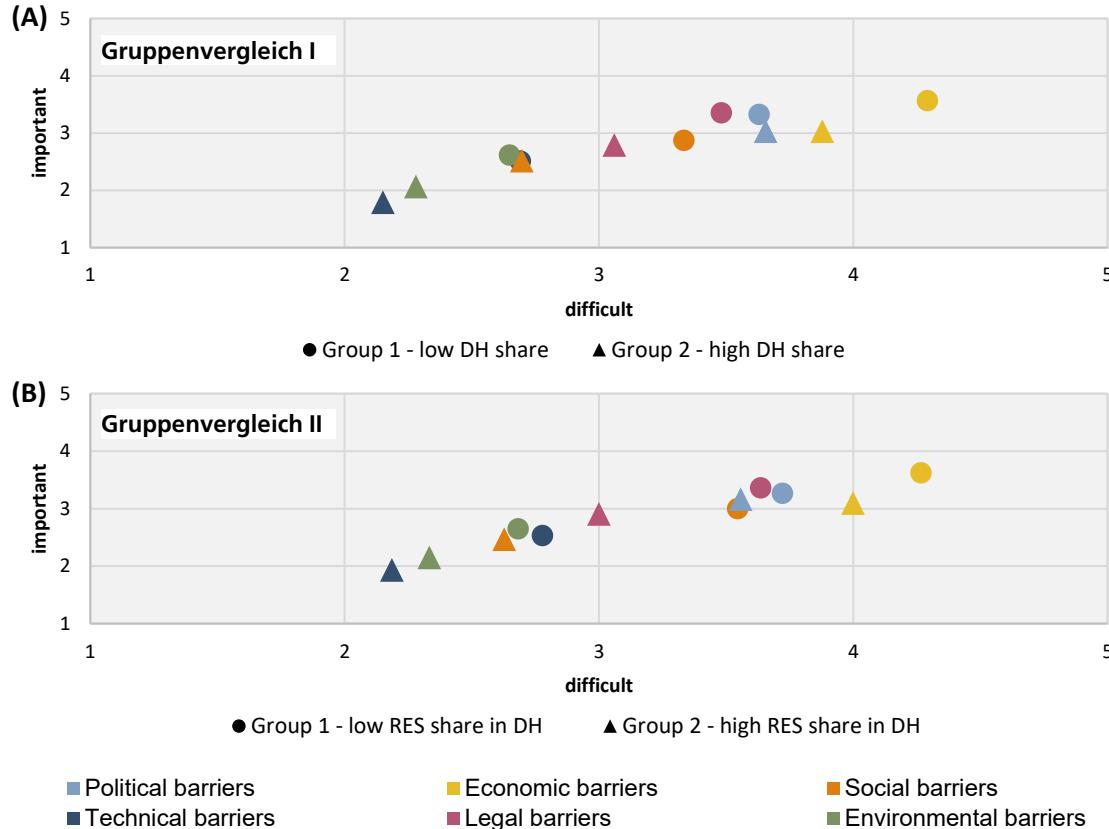
# Anhang

## 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., Mišček, 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->
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., Paardekooper, S., Volt, J., De Groot, M., Krasatskena, A., Popp, D., Beletti, V., Nowak, T., Rothbäller, 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. Lygnrud, K., 2018. Challenges for business change in district heating. *Energ 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. Uddygning med varmelagre i hovedstadsområdet.
34. Viuff, R., 2024. Forurenset jord kan presse fjernvarmeprojekt i Vinderslev [Polluted earth can press district heating project in Vinderslev]. *Dit Kjellerup*.
35. Støckel, 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)