



AVERDUNG



ENDBERICHT:

GUTACHTEN ZUR ANALYSE DER ZUKÜNFTIGEN CO₂- NEUTRALEN WÄRMEVERSORGUNGSOPTIONEN UND POLITISCH-RECHTLICHER HANDLUNGSOPTIONEN IM LAND BREMEN

Hamburg | 30.07.2021



AVERDUNG



Gutachten zur Analyse der zukünftigen CO₂-neutralen Wärmeversorgungsoptionen und politisch-rechtlicher Handlungsoptionen im Land Bremen

Im Auftrag der Freien Hansestadt Bremen, vertreten durch die Bremische Bürgerschaft, diese vertreten durch den Präsidenten der Bürgerschaft

Erstellt von:

HIC Hamburg Institut Consulting GmbH

Paul-Nevermann-Platz 5

22765 Hamburg

www.hamburg-institut.com

Jonathan Claas-Reuther, Felix Landsberg, Christian Maaß, Paula Möhring, Semyon Pavlenko, Dr. Henrik Pieper, Dr. Matthias Sandrock, Dr. Nikolai Strodel

Averdung Ingenieure & Berater GmbH

Planckstraße 13

22765 Hamburg

www.averdung.de

Dr. Helmut Adwiraah, Christoph Bildmann, Daniel Eirich, Lena Mierendorff, Enno van der Linde

Hamburg, 30. Juli 2021

Einleitung

Datengrundlagen

Räumliche Auswertung Wärmebedarf

AP1: Fernwärme

AP2: Nahwärme

AP3: Dezentrale Wärme

AP4: Kälteversorgung

AP5: Umsetzungsstrategie



Einleitung

- Das vorliegende Gutachten hat zum Ziel, Wege und Möglichkeiten aufzuzeigen, welche technischen und politisch-rechtlichen Optionen das Land Bremen hat, um eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung umzusetzen.
- Schwerpunktmäßig wurden die Ausbaupotenziale der leitungsgebundenen Wärmeversorgung (Wärmenetze) und die Potenziale CO₂-neutraler Erzeugungsoptionen untersucht.
- Die Systemintegrationsmöglichkeit von klimafreundlichen Wärmeerzeugungsoptionen in Wärmenetzen wurde für das Land Bremen geprüft und wirtschaftlich eingeordnet.
- Zusätzlich wurde aufgezeigt, welche politischen Handlungsoptionen es auf Landes- und Kommunalebene gibt, um das Ziel der Klimaneutralität im Wärmesektor zu erreichen.



Datengrundlagen

- Im Zuge des Gutachtens wurden folgende Daten genutzt, die teilweise öffentlich verfügbar waren oder erst auf offiziellem Wege angefragt werden mussten:
 - 3D-Gebäudemodelle (LoD2 Datensatz)
 - Straßennetze
 - Wärmeatlas
 - Rasterkarten zum Energiemix
 - Netzdaten Fernwärme
 - Solarkatasterdaten (Bremen & Bremerhaven)
 - Karte der Neubaugebiete in Planung
 - Daten Bestandsnahwärmenetze
 - Umweltkarten
- Herausforderungen:
 - [Sensibler Datenschutz bei Verbrauchsdaten](#), wodurch Datenschärfe geringer ausfällt und Abstimmungsaufwand erhöht ist
 - Abstimmung zwischen Behörden / Klärung der Zuständigkeit notwendig
 - Datenbeschaffung zur Erfassung der lokalen Voraussetzungen mit viel Zeitaufwand behaftet

Räumliche Auswertung Wärmebedarf

- GIS-Auswertung der Wärme(liniendichte)
- Clusterung in leitungsgebundene / dezentrale Versorgungsgebiete

- Basis der räumlichen Auswertung ist der Wärmatlas für Bremen und Bremerhaven¹
 - Bedarfswerte der Städte Bremen und Bremerhaven auf Basis realer Verbrauchsdaten für Strom und Wärme aus den Jahren 2012 – 2016
 - Datenformat: Shapefile, aufgelöst in 100x100m Raster
- Einbezug von Sanierungseffekten auf Basis der Fortschreibung des Wärmeatlas für Bremen und Bremerhaven²
 - Aufteilung der Ergebnisse auf 2 Szenarien
 - **BAU-Szenario** (business as usual)
 - nahezu unveränderte Fortschreibung von Sanierungsraten und -effizienzen
 - **SPAR-Szenario**
 - Erhöhte Sanierungsraten und -effizienzen auf Basis politischer Anstrengungen zur Erreichung der Klimaziele

¹ Eikmeier, B.; Janßen, K.; Wassermann, T.; Meyer, B. (2019): Erstellung eines Wärmeatlas für Bremen und Bremerhaven – Bericht IST Analyse. IFAM, FGRES, Bremen.

² Eikmeier, B.; Janßen, K.; Wassermann, T.; Meyer, B. (2020): Erstellung eines Wärmeatlas für Bremen und Bremerhaven – Fortschreibung Wärmebedarf bis 2050. IFAM, FGRES, Bremen.

Räumliche Auswertung Wärmebedarf

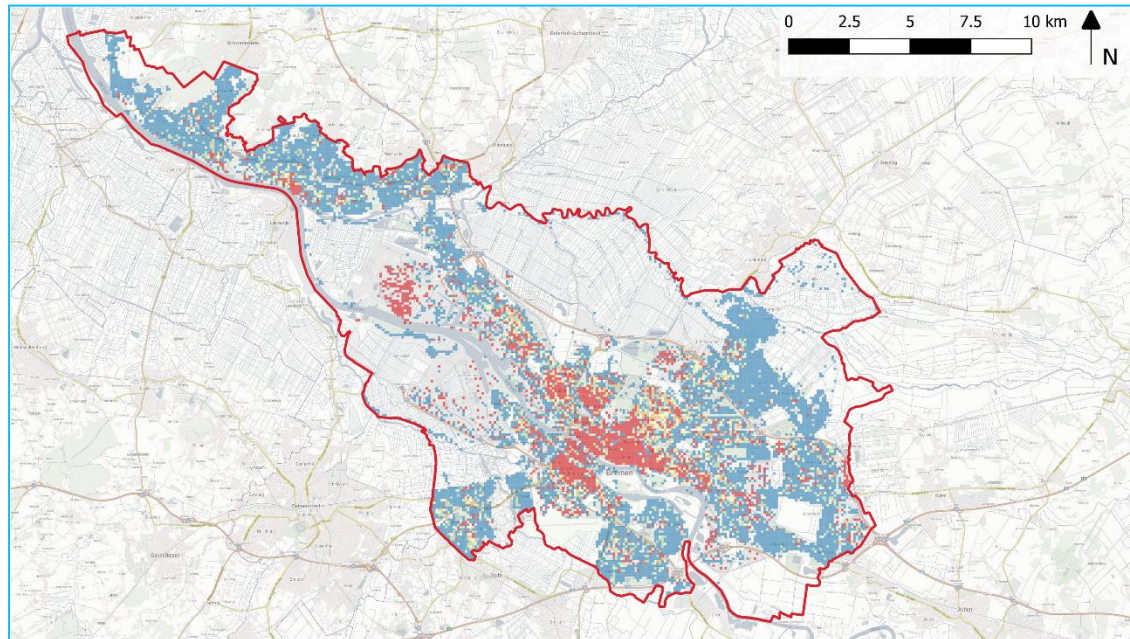


AVERDUNG



- Darstellung der Daten im 100x100m Raster¹

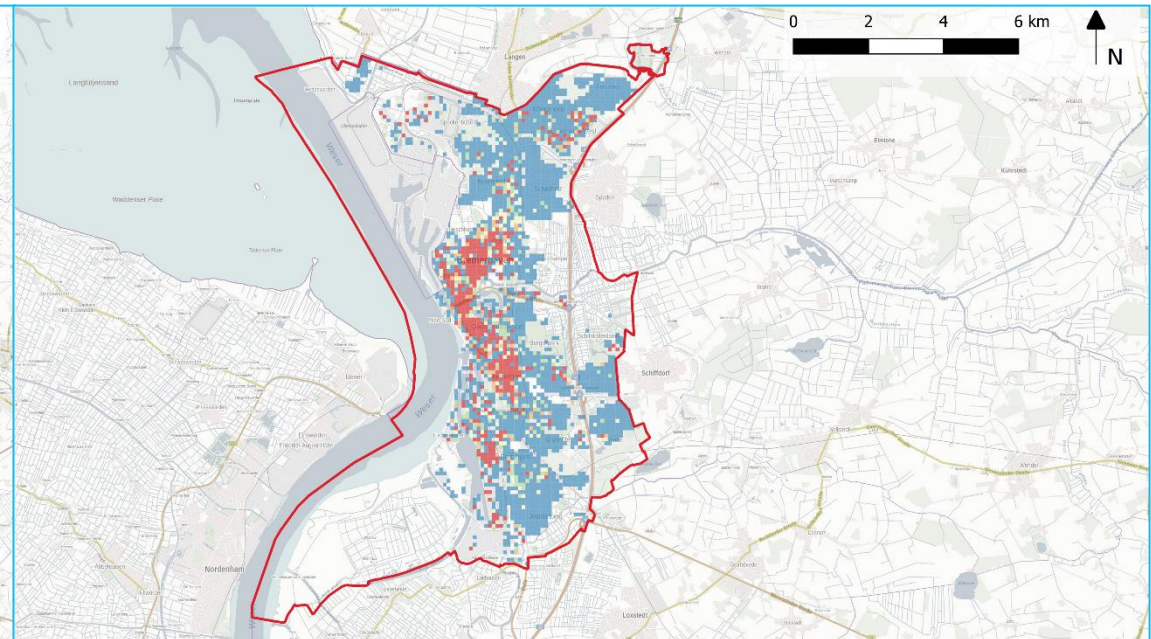
Stadt Bremen



Rasterkarte Wärmebedarf

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Stadt Bremerhaven



Rasterkarte Wärmebedarf

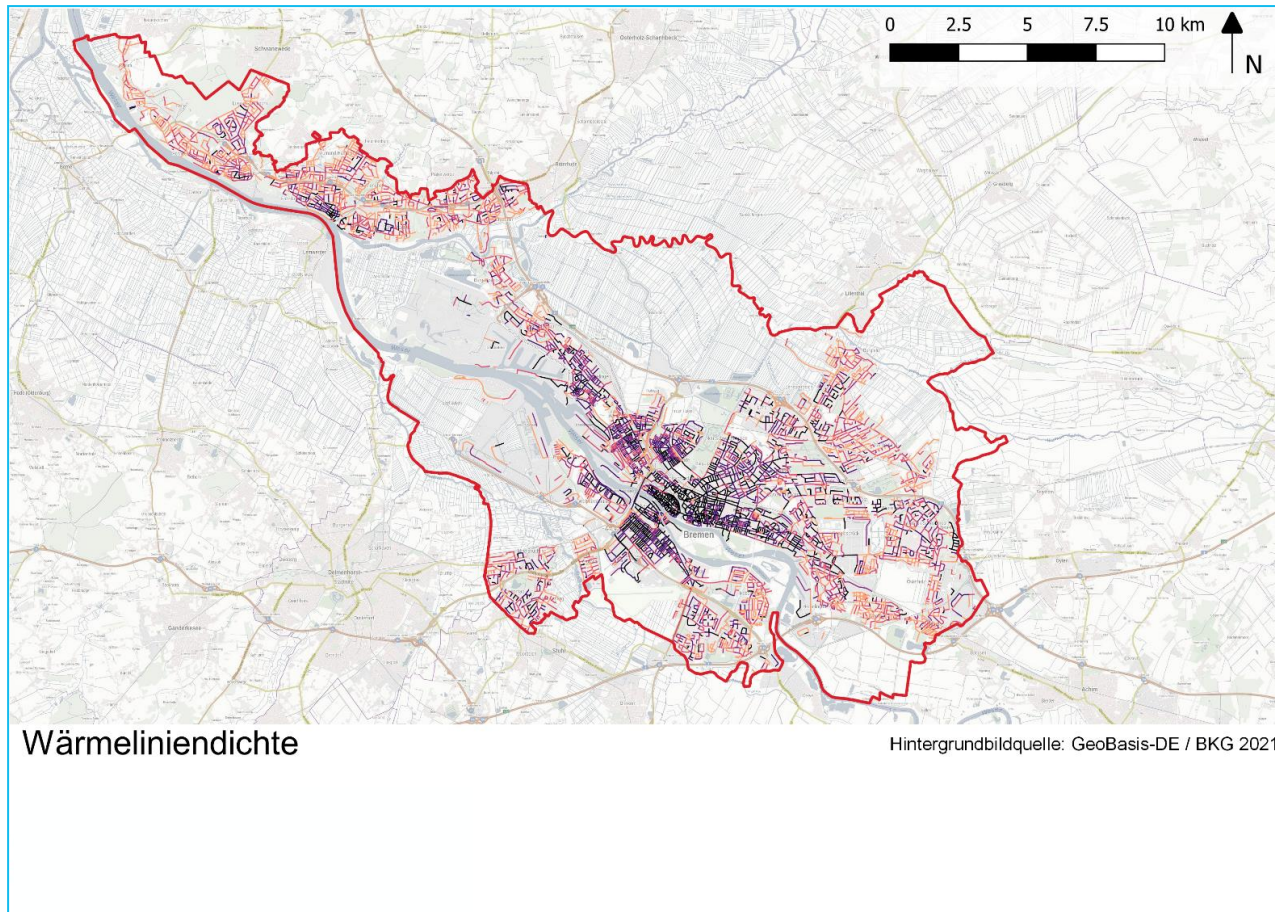
Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

¹ Eigene Darstellung auf Datenbasis von Eikmeier, B.; Janßen, K.; Wassermann, T.; Meyer, B. (2019): Erstellung eines Wärmeetlas für Bremen und Bremerhaven – Bericht IST Analyse. IFAM, FGRES, Bremen.

- Einfach zu erkennen: Wärmedichte (Wärmebedarf Absatz bezogen auf die Grundfläche) **besonders im Kernbereich der Städte** hoch
- Zusätzlich hohe Wärmedichten in Industriebereichen
- Wärmedichte zur Prüfung von Wärmenetzpotenzialen nur bedingt ausreichend
- Wärmeliniendichte (Wärmeabsatz je Straßenmeter) aussagekräftiger, da potenzielle Länge der Leitungen abgebildet werden kann

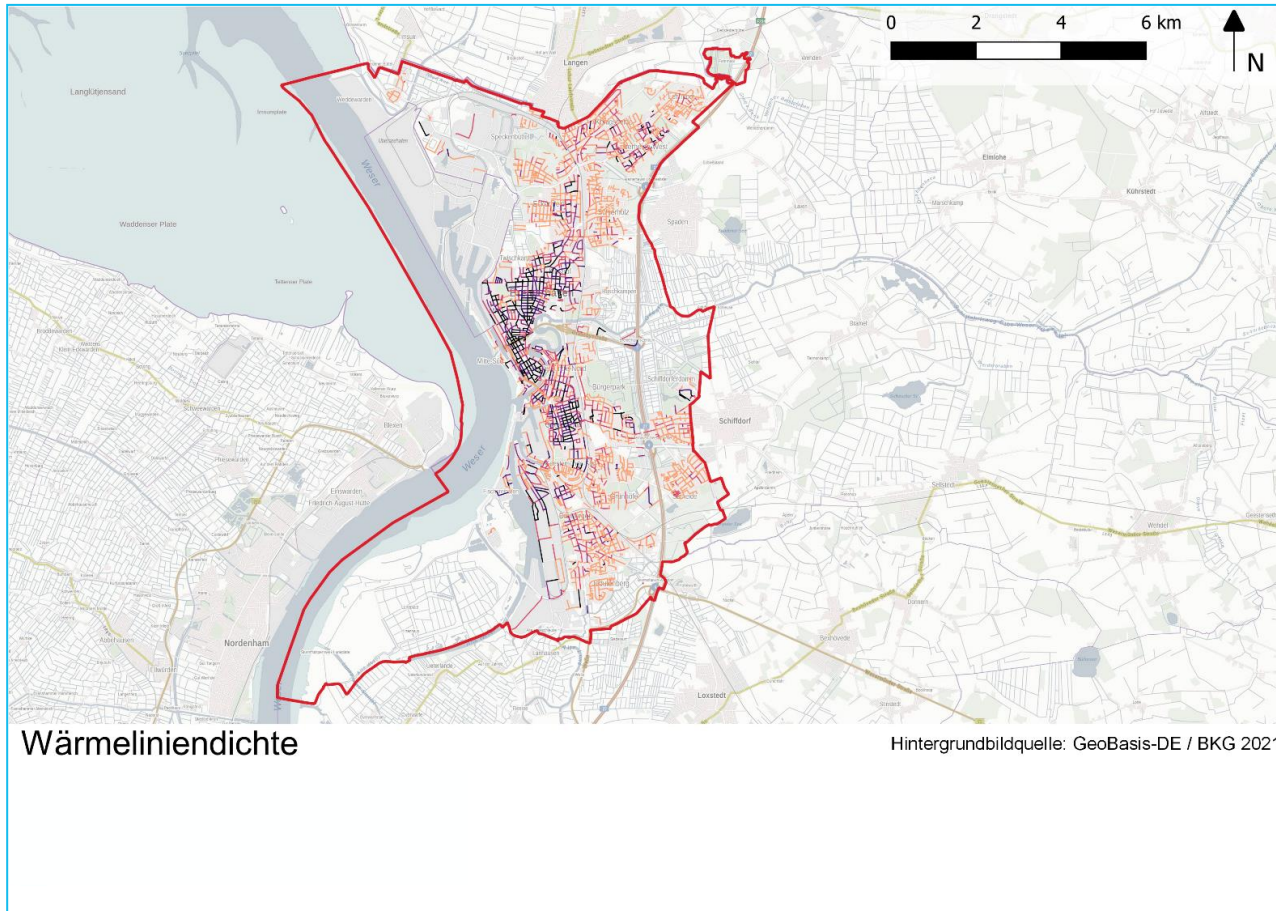
- Berechnung der Wärmeliniendichte:
 - Einbindung der Straßennetze der Städte Bremen & Bremerhaven in GIS
 - Umrechnung der Rasterdaten in Punktformat
 - Erstellung der Straßen in Punktformat
 - Zuteilung des Wärmebedarfs über geografische Analyse zu den Straßen
 - Berechnung der Wärmeliniendichte über Verhältnis von Bedarf zu Straßenlänge
 - Grafische Auswertung der potenziellen Netzgebiete damit möglich

Ergebnis der Wärmelinienrichteberechnung in der Stadt Bremen



- Hohe Wärmelinienrichte vor allem in **Kernbereichen** der Stadt
- Teilweise auch in Industriegebieten
- **Neustadt** und Bereiche südlich der Weser stechen hervor
- **Randbereiche** durch sehr **geringe** Wärmelinienrichte geprägt
- Bremer Norden / **Farge** teilweise auch mit hohen Wärmelinienrichte

Ergebnis der Wärmelinienrichteberechnung in der Stadt Bremerhaven



- Hohe Wärmelinienrichte vor allem in **Kernbereichen** der Stadt
- Teilweise auch in Industriegebieten
- Übergang in die Randbereiche sehr deutlich, kaum fließender Übergang

- Auswertung der Wärmeliniendichte
 - Erstellung einer Skala zur Einordnung der Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen auf Basis der Wärmeliniendichte
 - Einteilung auf Basis von Literatur¹, Handlungsempfehlungen² und eigenen Projekterfahrungen
- Skala als wesentliches Instrument zur Bewertung der Wärmenetzeignung
- Auswertung großer Anzahl von Netzen indikativ möglich

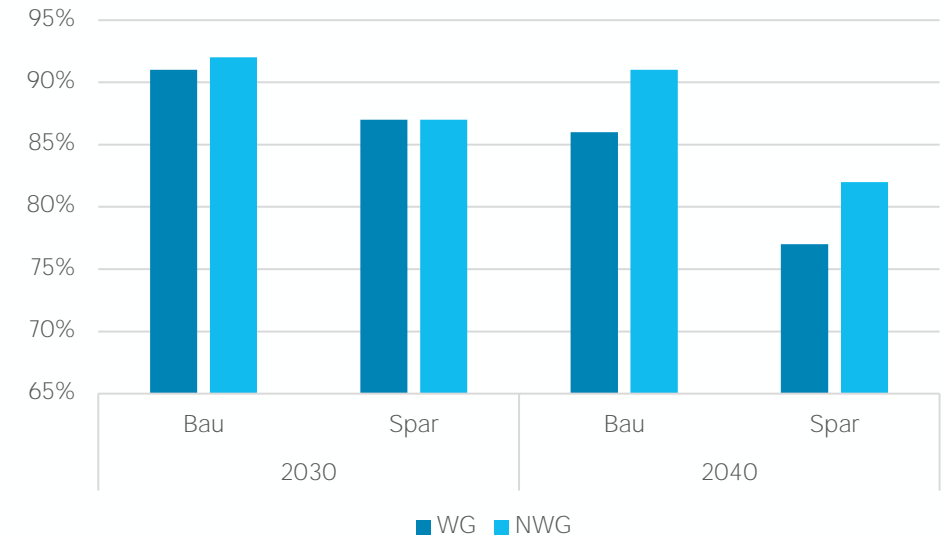
Absatz in MWh/(m*a)	Bewertung
< 0,75	Wärmenetz nicht wirtschaftlich umsetzbar
<= 1,5	Wärmenetz mit günstigen Wärmequellen wirtschaftlich umsetzbar
> 1,5	Wärmenetz wirtschaftlich umsetzbar
> 3	Wärmenetz besonders wirtschaftlich umzusetzen

¹ Knies, J. A spatial approach for future-oriented heat planning in urban areas, Institute for Applied Photogrammetry and Geoinformatics (IPAG), Jade University of Applied Sciences, Oldenburg 2018

² C.A.R.M.E.N. e.V. (2012): Nahwärmenetze und Bioenergieanlagen - Ein Beitrag zur effizienten Wärmenutzung und zum Klimaschutz, CARMEN e.V., Straubing.

- Anwendung der Wärmeliniendichte zur **Identifikation und Auswertung von Wärmenetzen**
 - GIS-basierte Auswertung der Wärmeliniendichte
 - Erstellung von Bereichen, die sich aufgrund ausreichender Wärmeliniendichte für eine detaillierte Auswertung qualifizieren
- Auswertung der Netzgebiete:
 - Ermittlung des Wärmeabsatzes über umgelegten Wärmebedarf der Straßen
 - Ermittlung der Straßenlänge im Netzgebiet über die Gesamtlänge aller Straßen im Netzgebiet
 - Ermittlung der Anzahl & Art der Gebäude über Gebäudedatensatz (LoD2)
 - Länge der Hausanschlussleitungen über Pufferanalyse pauschal auf 20 m angesetzt
 - Trassenlänge ergibt sich aus Summe der Straßenlänge und Summe aller nötigen Hausanschlussleitungen, abzüglich eines Abschlags von 25 % für bestehende Leitungen in Hausverbänden
 - Annahmen zu den Anschlussquoten:
 - Nahwärmenetzgebiete: 95 %
 - Fernwärmenetzgebiete: 80 %

- Szenarienauswertung für 2030 und 2040 auf Basis der Fortschreibung des Wärmeatlas
 - Sanierungseffekte für Wohngebäude (WG) und Nichtwohngebäude (NWG) aus Bericht entnommen
 - Ermittlung der Verteilung von WG und NWG je Netzgebiet auf Basis des Gebäudemodells
 - Anwendung der Sanierungseffekte auf die Netzgebiete anteilig der Bestände an WG und NWG
 - Berechnung der Wärmelinienichte im Netzgebiet auf Basis des geringeren Wärmebedarfs in 2030 / 2040 im Bau und Spar-Szenario



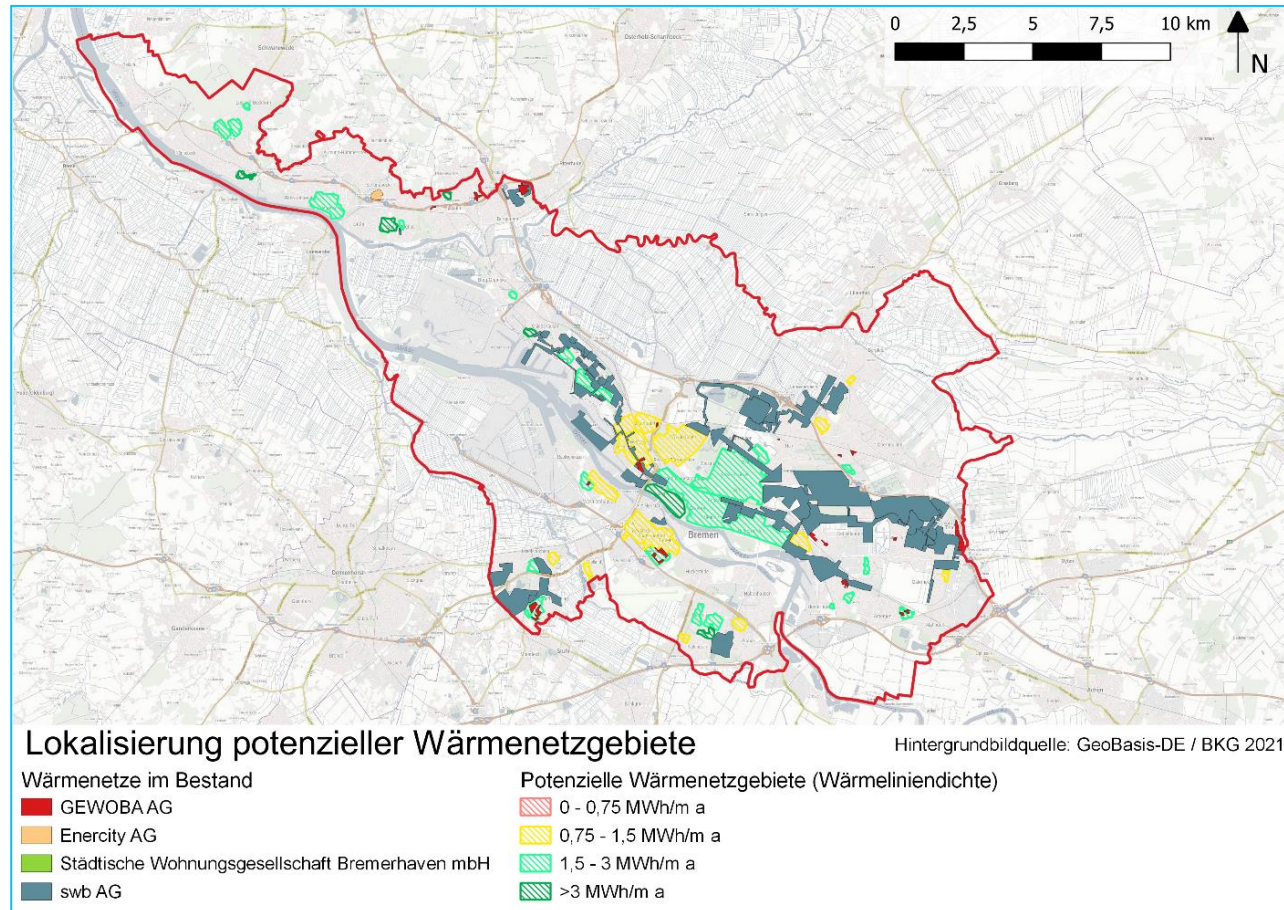
Sanierungseffekte Stadt Bremen. Eigene Darstellung auf Basis von ¹

¹ Eikmeier, B.; Janßen, K.; Wassermann, T.; Meyer, B. (2020): Erstellung eines Wärmeatlas für Bremen und Bremerhaven –Fortschreibung Wärmebedarf bis 2050. IFAM, FGRES.

Räumliche Auswertung Wärmebedarf

- GIS-Auswertung der Wärme(liniendichte)
- Clusterung in leitungsgebundene / dezentrale Versorgungsgebiete

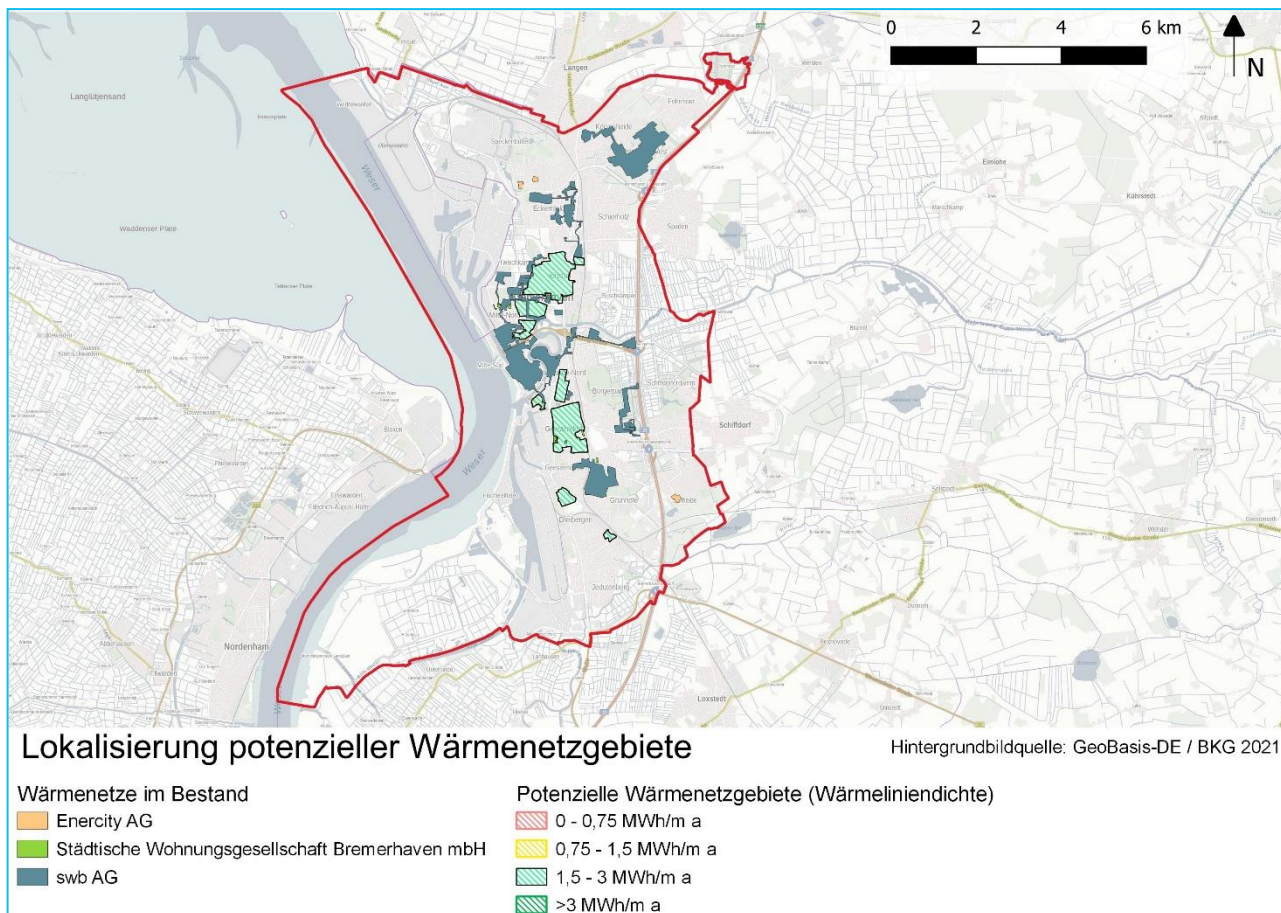
- GIS-basierte Auswertung der Wärmeliniedichte für den IST-Zustand je Netzgebiet



Absatz in MWh/(m*a)	Bewertung	Anzahl der Netze
< 0,75	Wärmenetz nicht wirtschaftlich umsetzbar	0
<= 1,5	Wärmenetz mit günstigen Wärmequellen wirtschaftlich umsetzbar	13
> 1,5	Wärmenetz wirtschaftlich umsetzbar	23
> 3	Wärmenetz besonders wirtschaftlich umzusetzen	6

Netzauswertung				
		IST	Bau 2030	Spar 2030
Bedarf	[TWh/a]	1,31	1,20	1,14
Trassenlänge	[km]	756	756	756
Wärmeliniedichte	[MWh/m a]	1,7	1,6	1,5
Anzahl Netze		42	42	42

- GIS-basierte Auswertung der Wärmelinienichte für den IST-Zustand je Netzgebiet



Absatz in MWh/(m*a)	Bewertung	Anzahl der Netze
< 0,75	Wärmenetz nicht wirtschaftlich umsetzbar	0
<= 1,5	Wärmenetz mit günstigen Wärmequellen wirtschaftlich umsetzbar	0
> 1,5	Wärmenetz wirtschaftlich umsetzbar	8
> 3	Wärmenetz besonders wirtschaftlich umzusetzen	0

Netzauswertung				
		IST	Bau 2030	Spar 2030
Bedarf	[TWh/a]	0,19	0,17	0,16
Trassenlänge	[km]	98	98	98
Wärmelinienichte	[MWh/m a]	1,9	1,7	1,7
Anzahl Netze		8	8	8

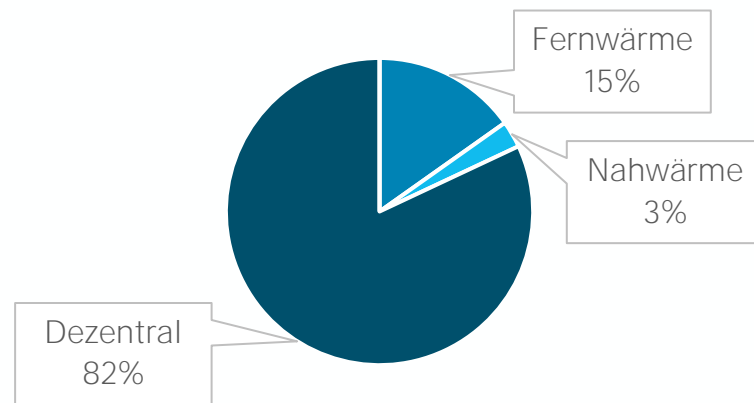
- Kernergebnisse der Netzauswertung
 - Stadt Bremen
 - Großteil der Netze liegt im Bereich der **wirtschaftlichen** bis **besonders wirtschaftlichen Umsetzung**
 - Im Mittel liegen die Werte für alle Netze auch im Spar-Szenario im Bereich der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit
 - Zusätzlicher Bedarf bis **zu 1.300 GWh/a** auf Basis des Ist-Bedarfs
 - Große Gebiete vor allem im Innenstadtbereich / Bereich Bestandsfernwärme
 - Stadt Bremerhaven
 - Alle Netzgebiete liegen im Bereich der **wirtschaftlichen Umsetzung**
 - Zusätzlicher Bedarf bis zu 200 GWh/a auf Basis des Ist-Bedarfs
 - Ausbau der Wärmenetze vor allem um den Bereich des bestehenden Fernwärmenetzes möglich

Aktueller Stand

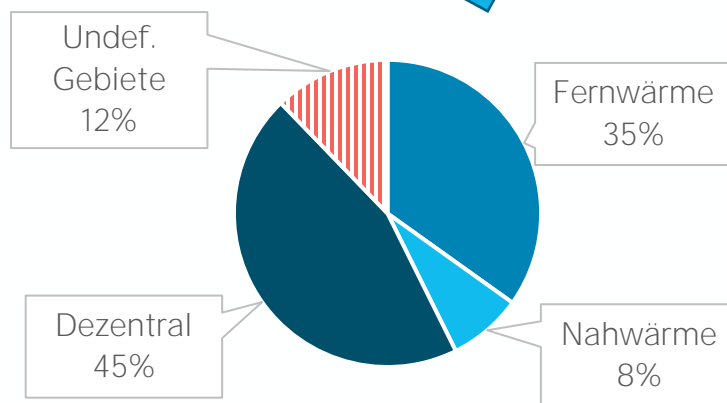
Ausbauphase

Ausbauszenario
Wärmenetz

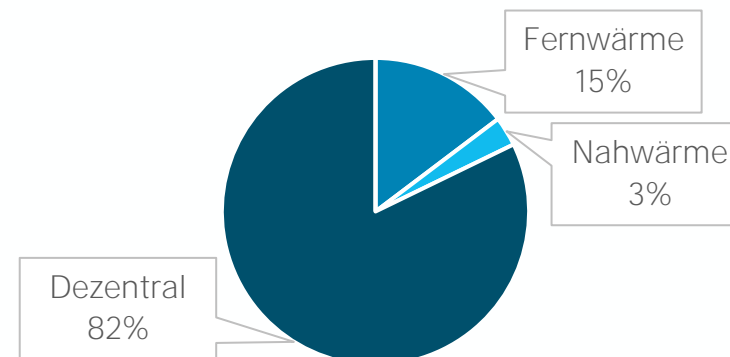
Stadt Bremen



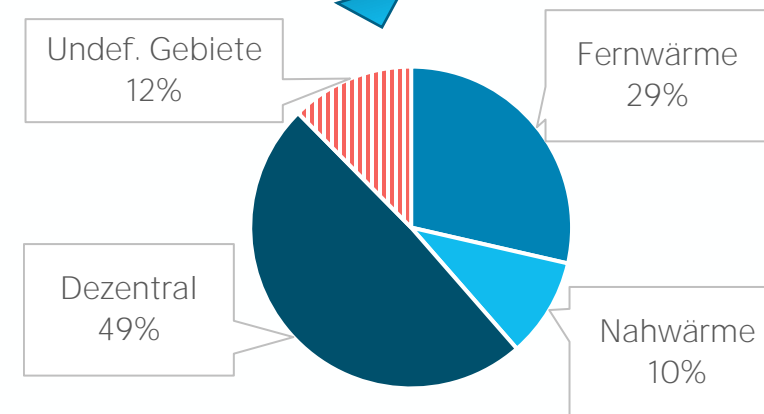
Erweiterung Wärmenetze



Stadt Bremerhaven



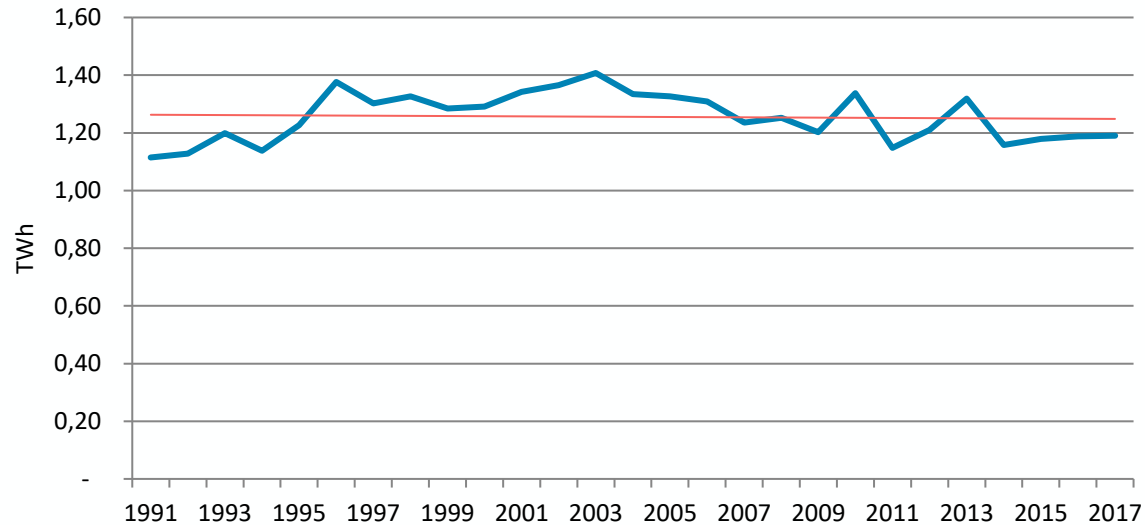
Erweiterung Wärmenetze



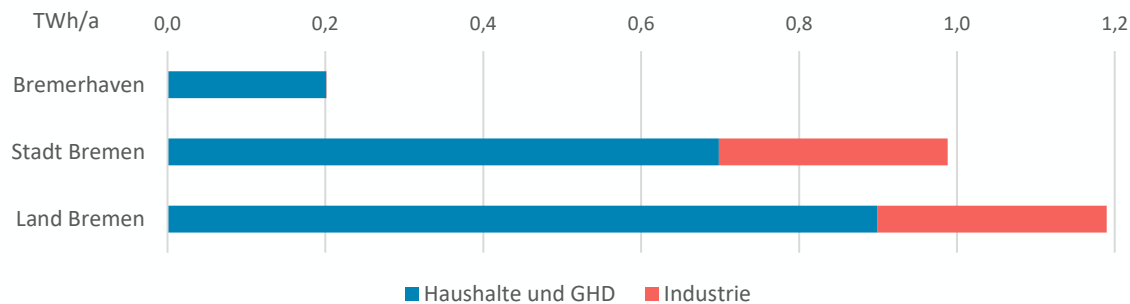
AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

Endenergieverbrauch Fernwärme im Land Bremen 1990 - 2017¹



Fernwärmeabsatz und Abnahmestruktur 2017¹

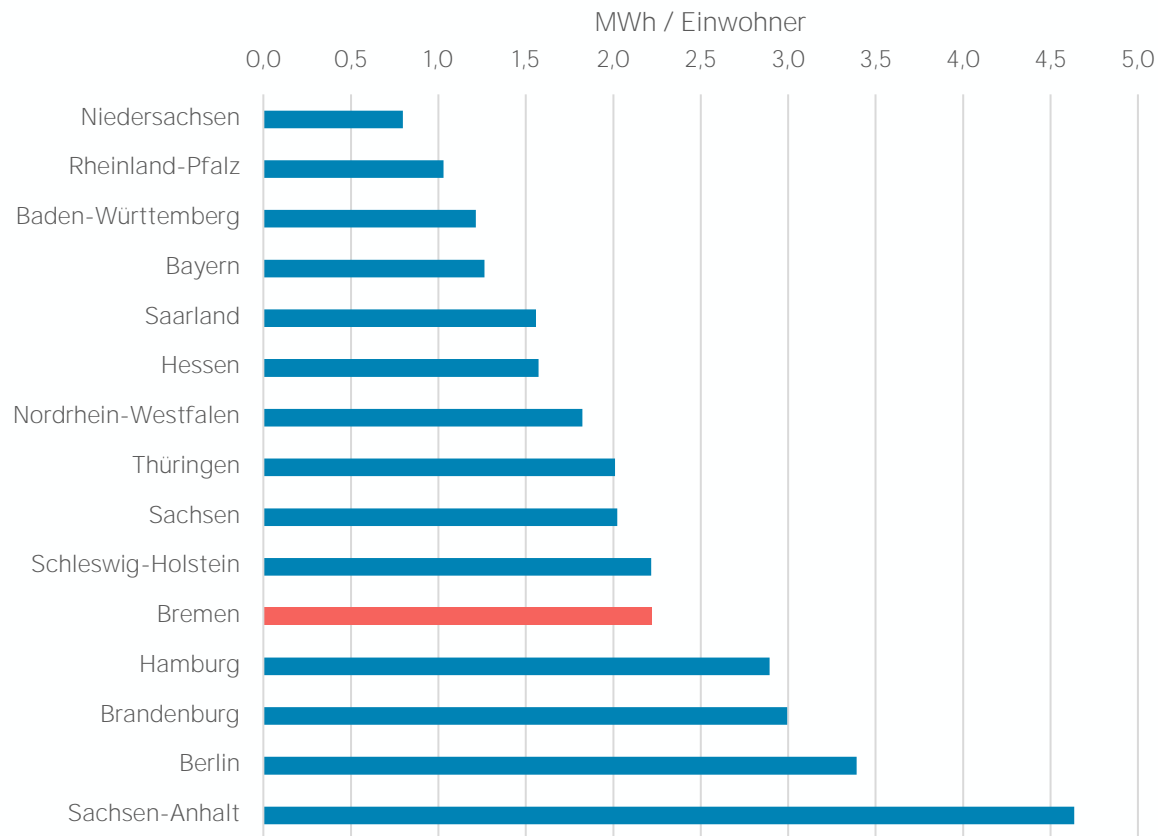


- Der **Fernwärmeabsatz** im Land Bremen **stagniert** seit etwa 20 Jahren bei etwa 1,2 TWh/a.
- Einsparungen durch **Gebäudesanierung** im Kundenbestand werden durch Neukundenakquise **kompensiert**.
- **83 %** des Fernwärmeabsatzes im Jahr 2017 entfällt auf die **Stadt Bremen**, 17 % auf Bremerhaven.
- Nach der amtlichen Statistik erfolgt ca. **76 %** des Fernwärmeabsatzes an **Haushalte und Gewerbe** (GHD).
- **24 %** der Fernwärme wird geliefert an **Industriekunden** in Bremen (insbes. Fahrzeugbau).

¹ Statistisches Landesamt Bremen (2021): Energiebilanz des Landes Bremen 2017.

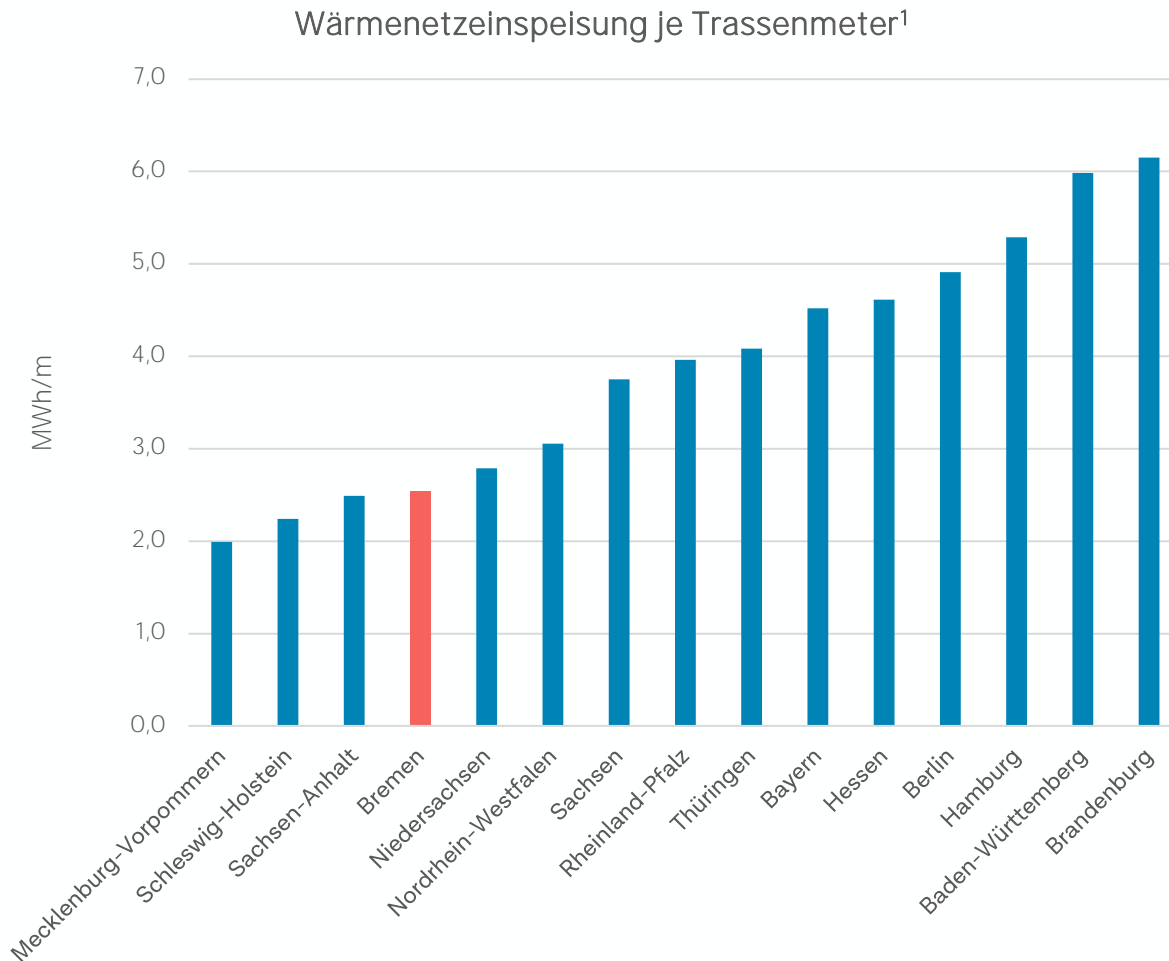
² swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG.

Fernwärmeerzeugung nach Bundesländern¹



- Die jährliche Fernwärmeerzeugung im Land Bremen liegt derzeit bei etwa **2,2 MWh je Einwohner**.
- Im Ländervergleich zeigt sich für Bremen grundsätzlich **Ausbaupotenzial** bei der Fernwärme.
- Die **Stadtstaaten** Hamburg und Berlin weisen höhere spezifische Fernwärmeerzeugung auf. Dies gilt auch für einige **östliche Bundesländer**.
- In **Skandinavien** sind sehr viel höhere Fernwärmeanteile üblich.

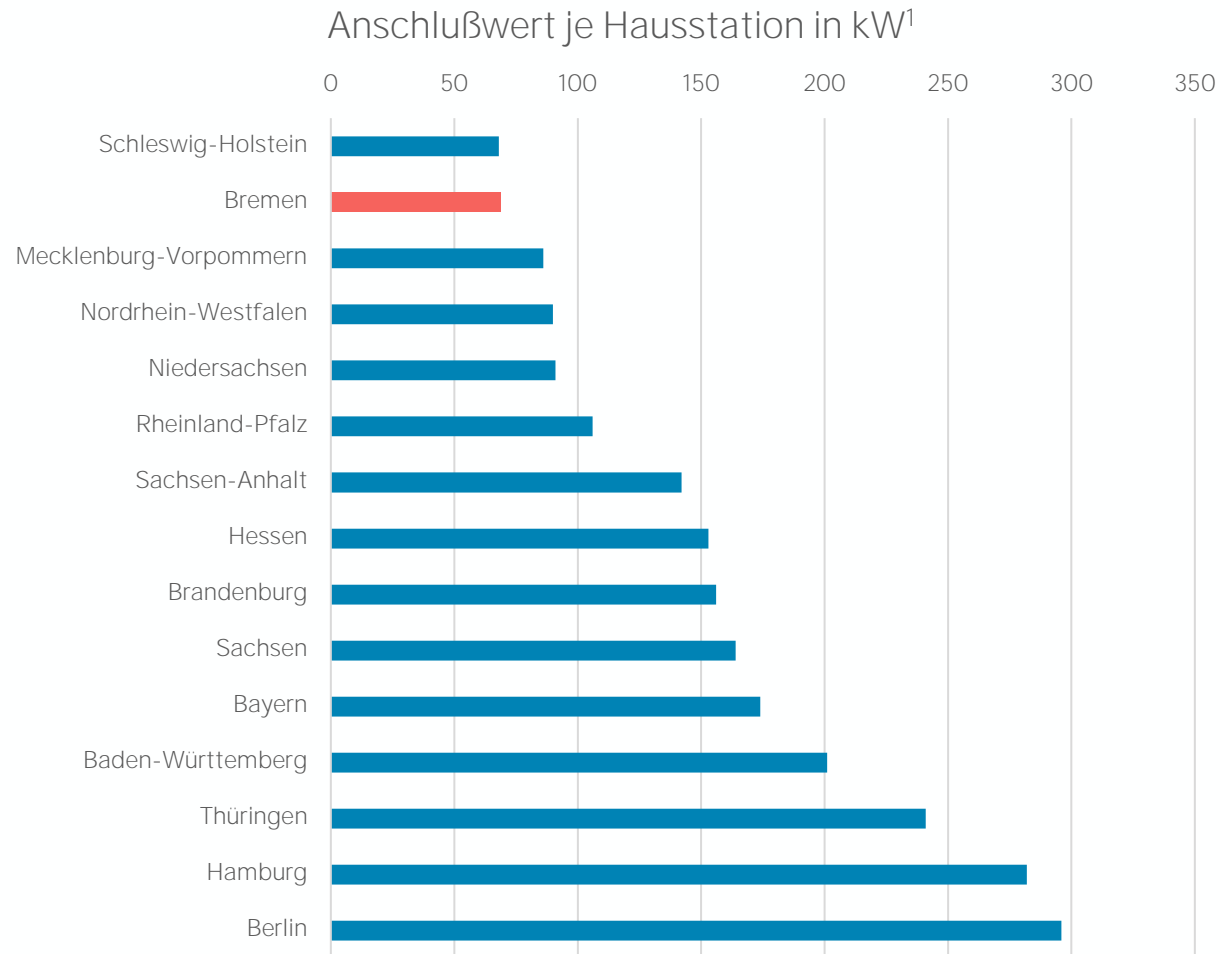
¹ Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2021): Umwandlungsausstoß aus Fernwärmeerzeugung.



- 43 Fernwärmenetze (Nah- und Fernwärme)* werden nach der Statistik des Branchenverbands AGFW im Land Bremen betrieben.¹
- Die gesamte Trassenlänge beträgt 470 km.¹
- Im Vergleich der Bundesländer ist die Wärmeliniedichte der Fernwärme in Bremen unterdurchschnittlich.
- Dies ist eine Herausforderung für die Kostenstruktur.

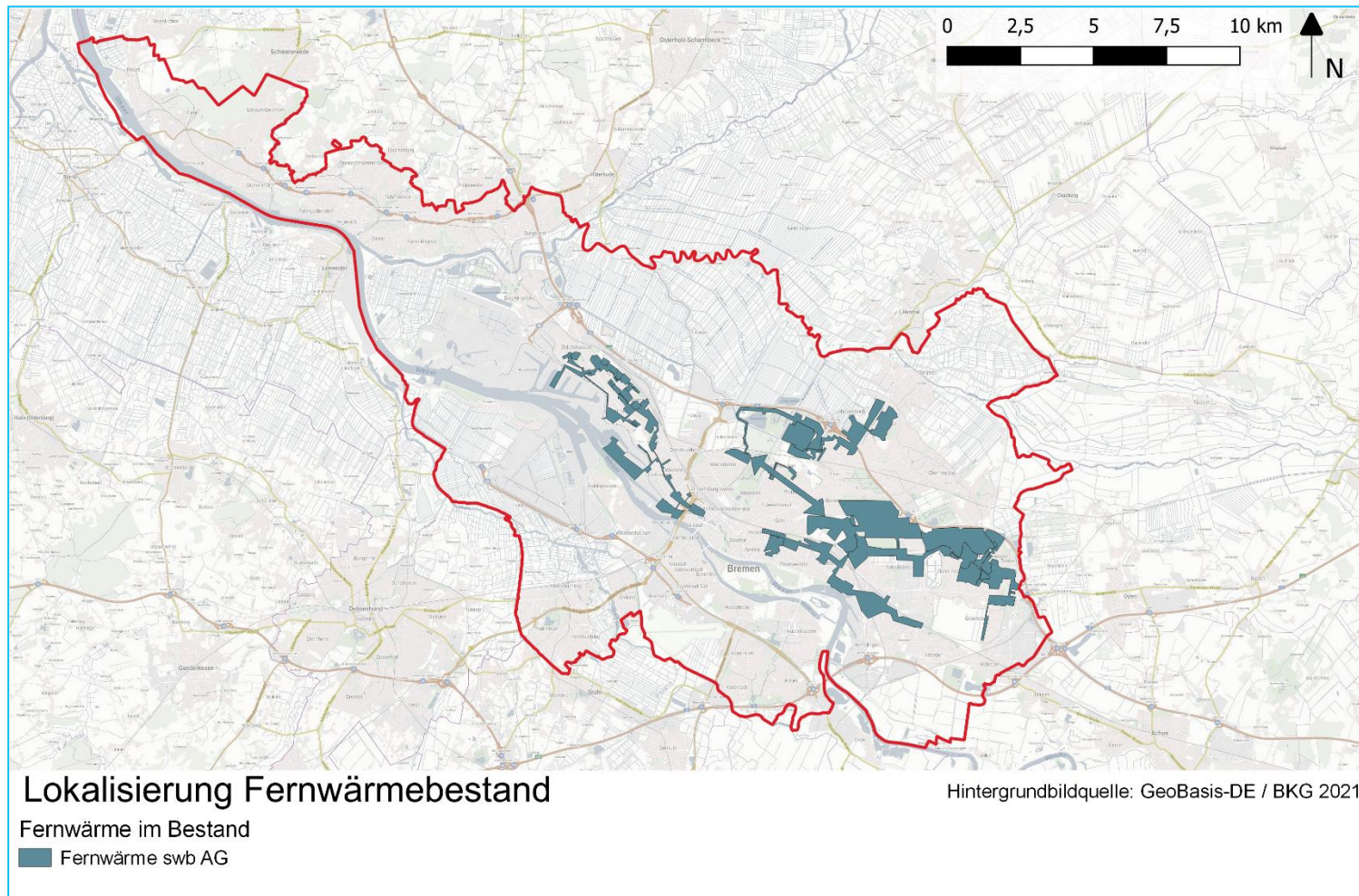
*nach BGH kein Unterschied zwischen Nah- und Fernwärme

¹ AGFW (2020): Hauptbericht 2019. AGFW.



- Das Fernwärmesystem in Bremen zeigt eine sehr **kleinteilige Abnehmerstruktur**.
- Der durchschnittliche Leistungswert einer **Hausanschlussstation** liegt nur bei etwa **69 kW**.
- In **Hamburg** und **Berlin** liegt der mittlere Anschlusswert bei **280 bis 295 kW**.
- Aus **Kostensicht** ist die Kleinteiligkeit der Abnehmerstruktur eine Herausforderung.

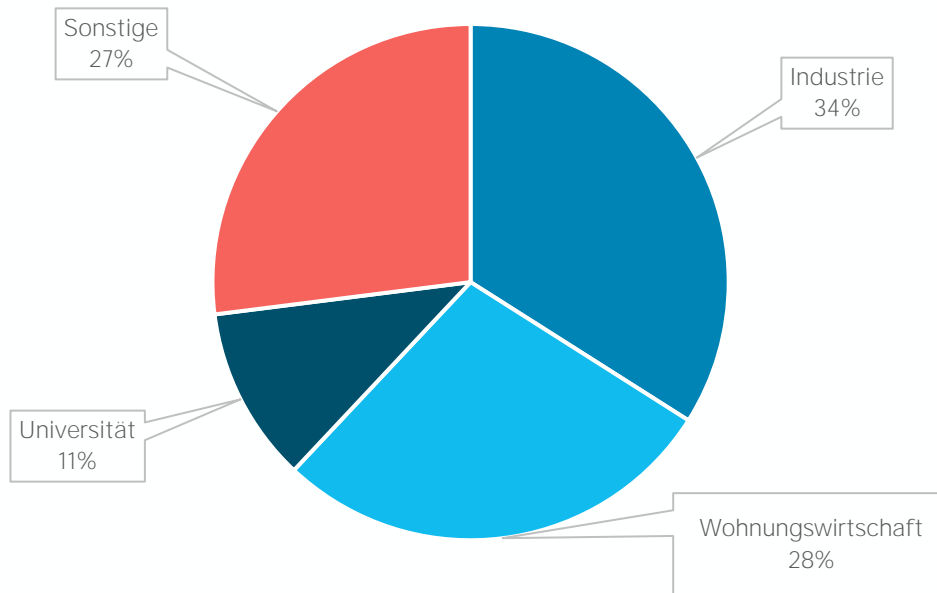
¹ AGFW (2020); Hauptbericht 2019. AGFW.



- Die swb AG ist mit etwa 90 % Anteil an der Fernwärme der bei weitem größte Anbieter in Bremen.
- Die innerstädtischen Netzgebiete der swb in der Stadt Bremen teilen sich auf in die drei Verbundnetze¹
 - Bremen West
 - Bremen Ost
 - Horn-Lehe / Universität
- Daneben bestehen sechs weitere Inselnetze der swb, die im Kapitel Nahwärme betrachtet werden.¹

¹ swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG
Die Daten der Netzgebiete wurden freundlicherweise von der swb AG bereitgestellt und sind online unter <https://www.wesernetz.de/ueber-uns/netzbeschreibung/waermenetz> öffentlich abrufbar

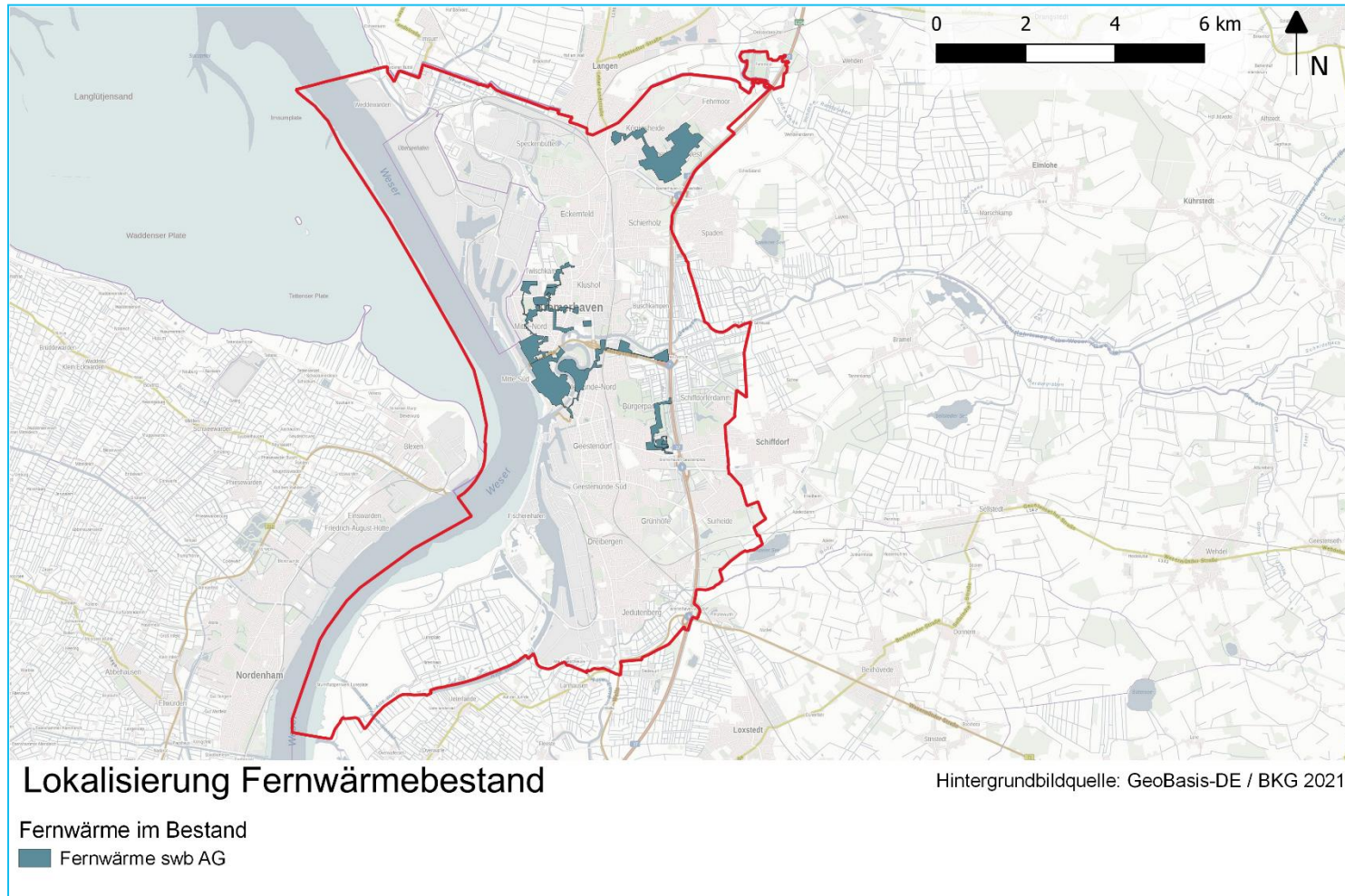
Kundenstruktur der swb in den drei innerstädtischen Bremer Fernwärmenetzen¹



Daten: swb für das Jahr 2017 in den Bestandsnetzen Bremen Ost, West und Uni

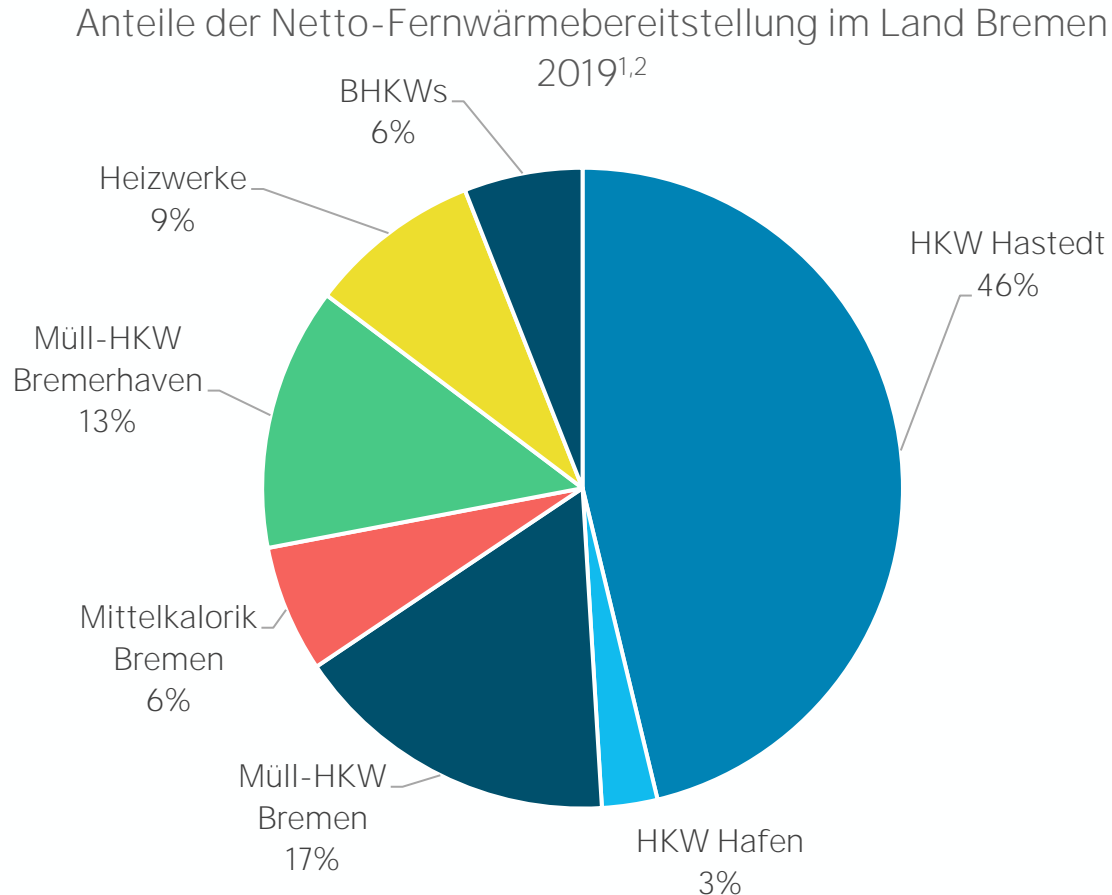
- Die Kundenstruktur der swb AG ist **diversifiziert** und basiert auf wichtigen **Ankerkunden**.
- Größter Abnehmer ist die **Industrie**. Wichtigster Kunde hier: **Daimler**
- **Wohnungswirtschaft** mit etwa 28 % Anteil. Wichtiger Ankerkunde: **Gewoba**
- **Universität** als großer Einzelkunde mit eigenem Verteilnetz
- **Gewerbe, öffentliche Gebäude** der FHB und **private Kunden** mit insgesamt 27 % Anteil am Absatz

¹ swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG



- Auch in Bremerhaven betreibt die swb AG mehrere Fernwärmesysteme.
- **Drei Verbundnetze¹**
 - Leherheide - Seegersweg
 - Mitte - Lehe
 - Bürgerpark - Süd
- Daneben zwei weitere **Inselnetze**

¹ swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG
Die Daten der Netzgebiete wurden freundlicherweise von der swb AG bereitgestellt und sind online unter <https://www.wesernetz.de/ueber-uns/netzbeschreibung/waermenetz> öffentlich abrufbar

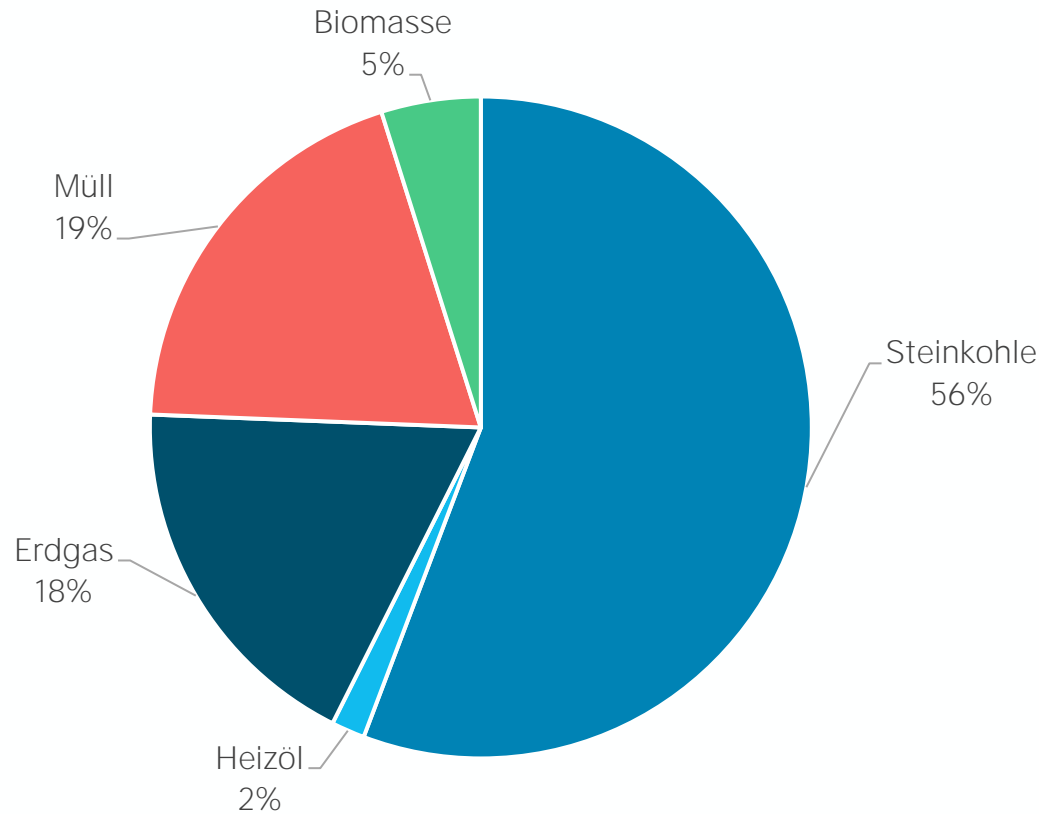


- Das Steinkohle-Heizkraftwerk **Hastedt** ist derzeit **der wichtigste Erzeuger** im System.
- Weitere wichtige **Eckpfeiler** der Fernwärme sind die **Müll-Heizkraftwerke** in Bremen und Bremerhaven.
- Dazu kommt das **Mittelkalorik-Kraftwerk** mit **EBS-Brennstoff**.
- **41 Heizwerke** auf Basis Erdgas zur Deckung der **Spitzenlast** (Heizwerk Vahr) und für **Inselnetze**
- **12 BHKWs** (Erdgas und Biomethan) in den **Inselnetzen**

¹ AGFW (2020): Hauptbericht 2019. AGFW.

² swb AG (2020): Aktualisierte Umwelterklärung 2019. swb AG.

Brennstoffeinsatz zur Fernwärmeerzeugung im Land Bremen^{1,2}

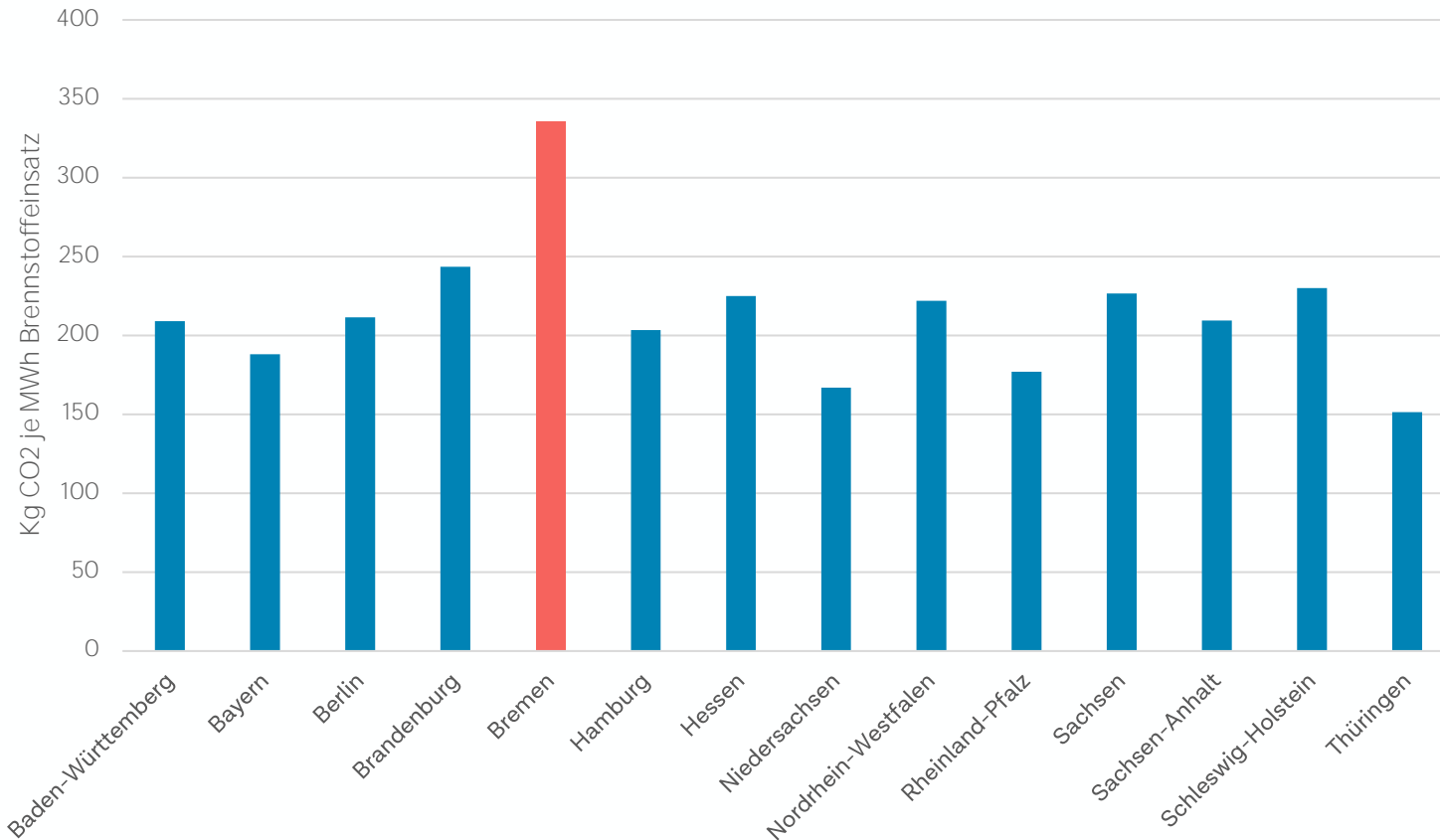


- Die Fernwärme im Land Bremen wird **überwiegend** auf der Basis fossiler Brennstoffe (insbesondere **Steinkohle**) erzeugt.
- Nach der **amtlichen Bilanzierungsmethodik** resultiert ein sehr hoher spezifischer Emissionswert von **427 g CO₂ je kWh** Fernwärme (2017)²
- Die **swb** AG führt einen deutlich geringeren Wert von **98 g CO₂ je kWh** Fernwärme an (2019).
- Der geringe Wert der swb basiert auf der **Bilanzierungsmethodik** der Fernwärmebranche (Allokationsmethode bei KWK, Müll klimaneutral).

¹ AGFW (2020): Hauptbericht 2019. AGFW.

² Statistisches Landesamt Bremen (2021): CO₂-Emission Fernwärme Land Bremen 2017.

Spezifischer CO₂-Wert der Fernwärme im Jahr 2017¹



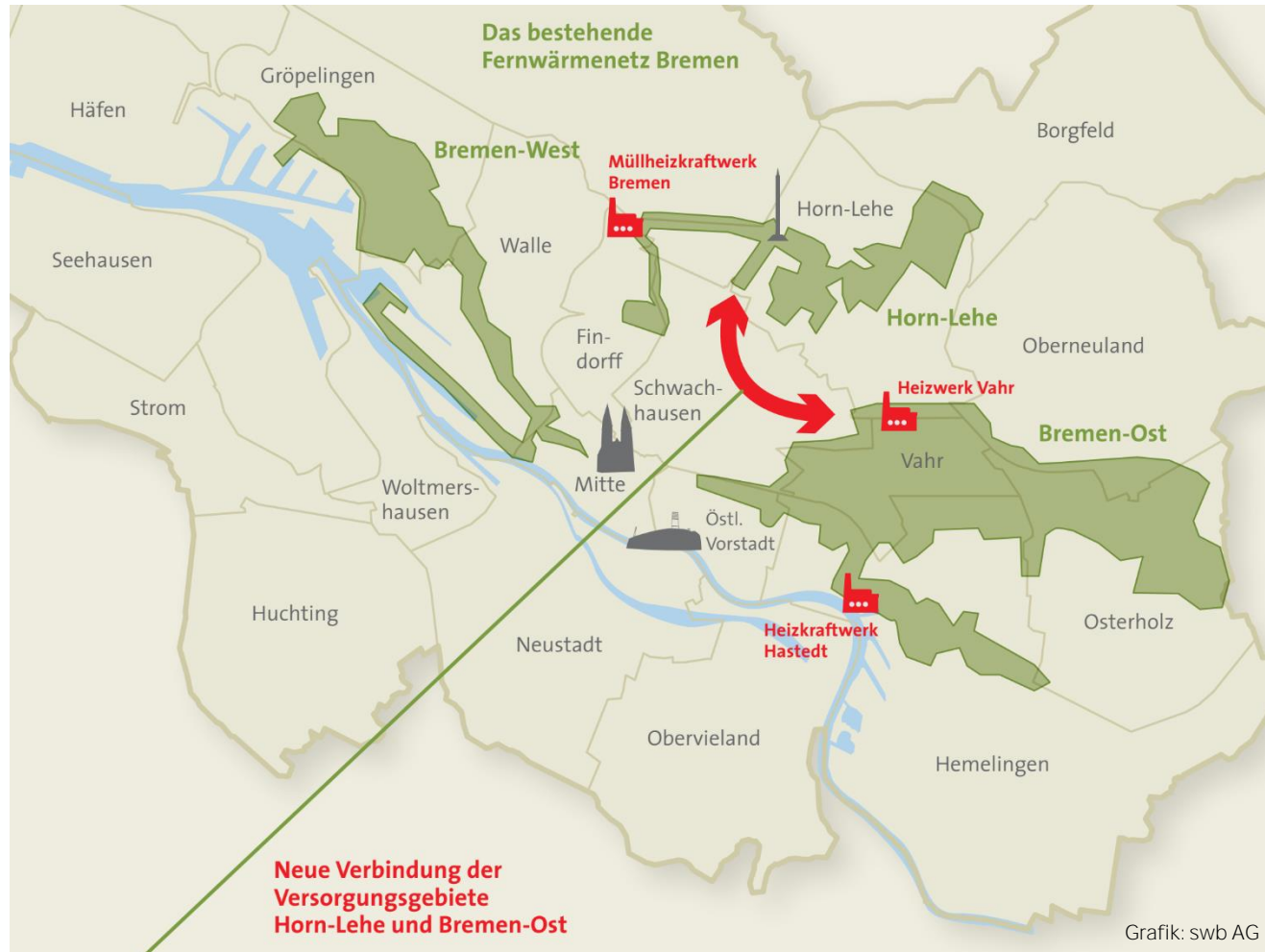
- Im Vergleich der Bundesländer zeigt die Bremer Fernwärme den höchsten spezifischen CO₂-Wert.*

*hier bezogen auf den Umwandlungsausstoß (Brennstoffeinsatz)

¹ Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2021): Umwandlungsausstoß aus Fernwärmeerzeugung.

AP1: Fernwärme

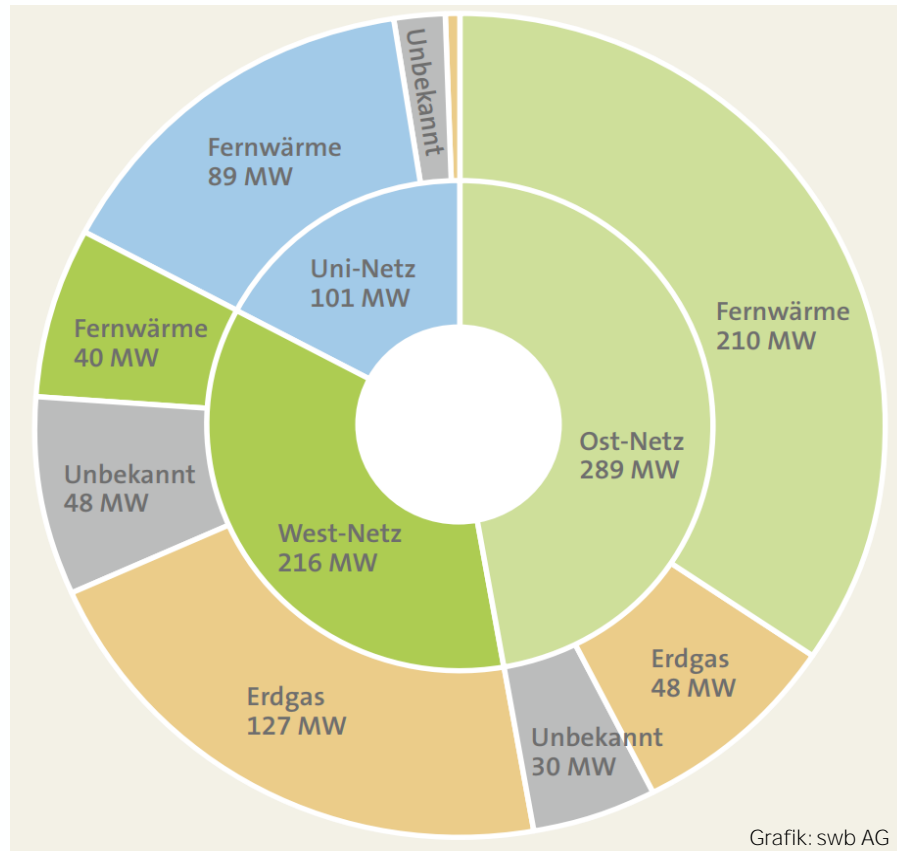
- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- [Netzentwicklungsstrategie der swb AG](#)
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung



- Zwischen den Netzgebieten Uni/Horn-Lehe und Bremen-Ost (Vahr) soll eine **neue Verbindungsstrasse** errichtet werden.
- Die Verbindung erweitert die **Absatzmöglichkeit** für Wärme aus dem **Müll-Heizkraftwerk**.
- Verbesserte **Besicherung** der Erzeugungsanlagen
- Es entstehen **neue Versorgungsgebiete** entlang der Trasse.
- **Investitionskosten** ca. 60 Mio. EUR

swb AG (2021) Fernwärme so nah – Wir bauen für den Klimaschutz. <https://www.swb.de/ueber-swb/unternehmen/nachhaltigkeit/fernwaerme-verbindungsleitung> (04.05.21)

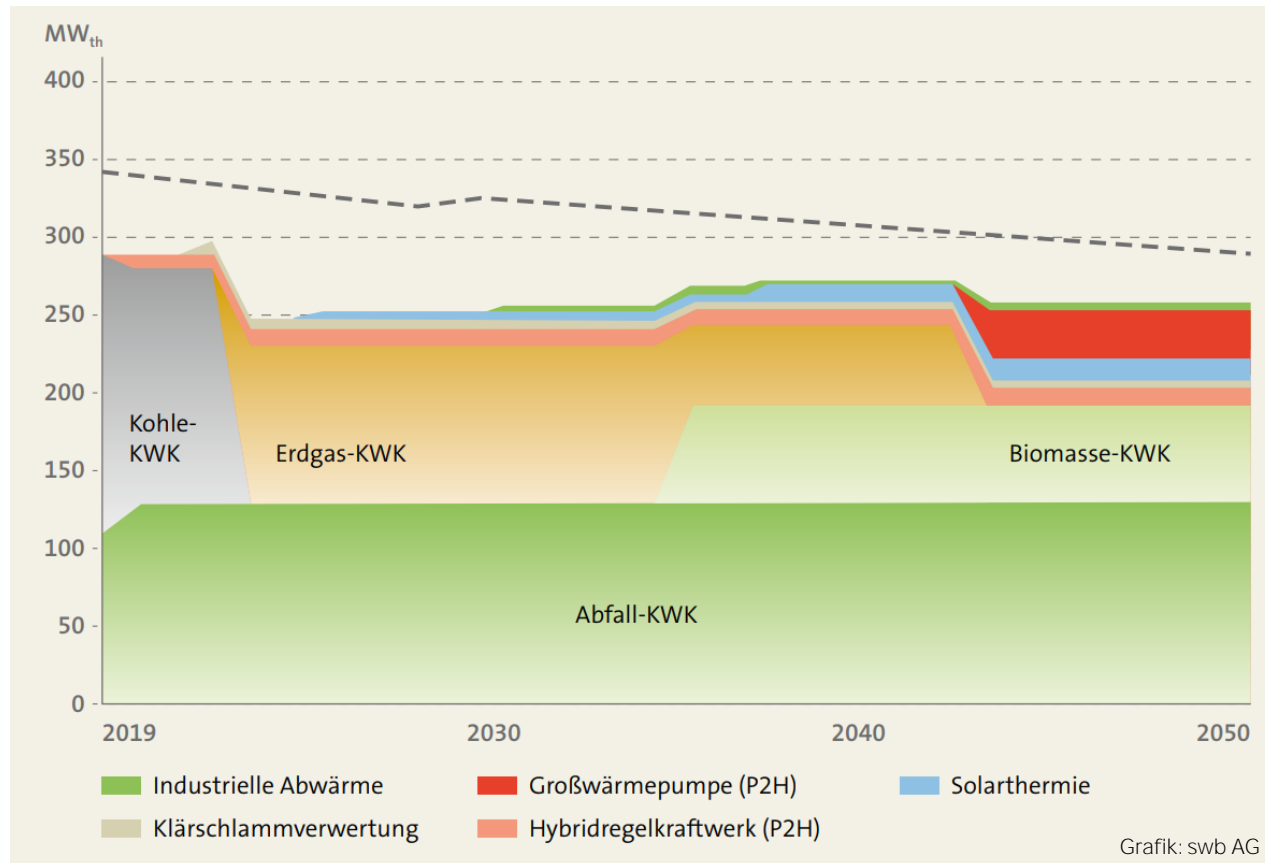
Indikative Wärmeverdichtungspotenziale
innerhalb der bestehenden Heiznetze



- Erhöhung Fernwärmeabsatz durch
 1. Verdichtung der Anschlussquote in den bestehenden Versorgungsgebieten
 2. Erschließung von Ausbaugebieten (Hotspots)
 3. Verdichtung in den Ausbaugebieten
 4. Erschließung von Neubau-Quartieren
- Es ergibt sich ein **theoretisches Absatzpotenzial** von ca. **340 MW** bis 2035 (~509 GWh)
- Theoretisch mögliche Absatzsteigerung > 50%
- **Swb AG plant** eine Erhöhung der Anschlussleistung von ca. **79 MW** bis 2035 (~118 GWh).¹

swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG

Installierte Wärmeleistung zur Fernwärmeerzeugung
(ohne Spitzenkessel)



- Hybrid-Regelkraftwerk (P2H) errichtet
- Stilllegung Block 6 Kohle HKW Hafen in 2021 (Zuschlag BNetzA)
- Verbesserte Ausnutzung der Wärme aus Müllverbrennung
- Beteiligung an Neubau einer Klärschlamm-Monoverbrennung im Industriehafen (KENOW)
- Erdgas-BHKWs mit 93 MW_{th} am Standort Hastedt
- Großflächen-Solarthermie?
- Altholz als Option ab 2035?

swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- [Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung](#)
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

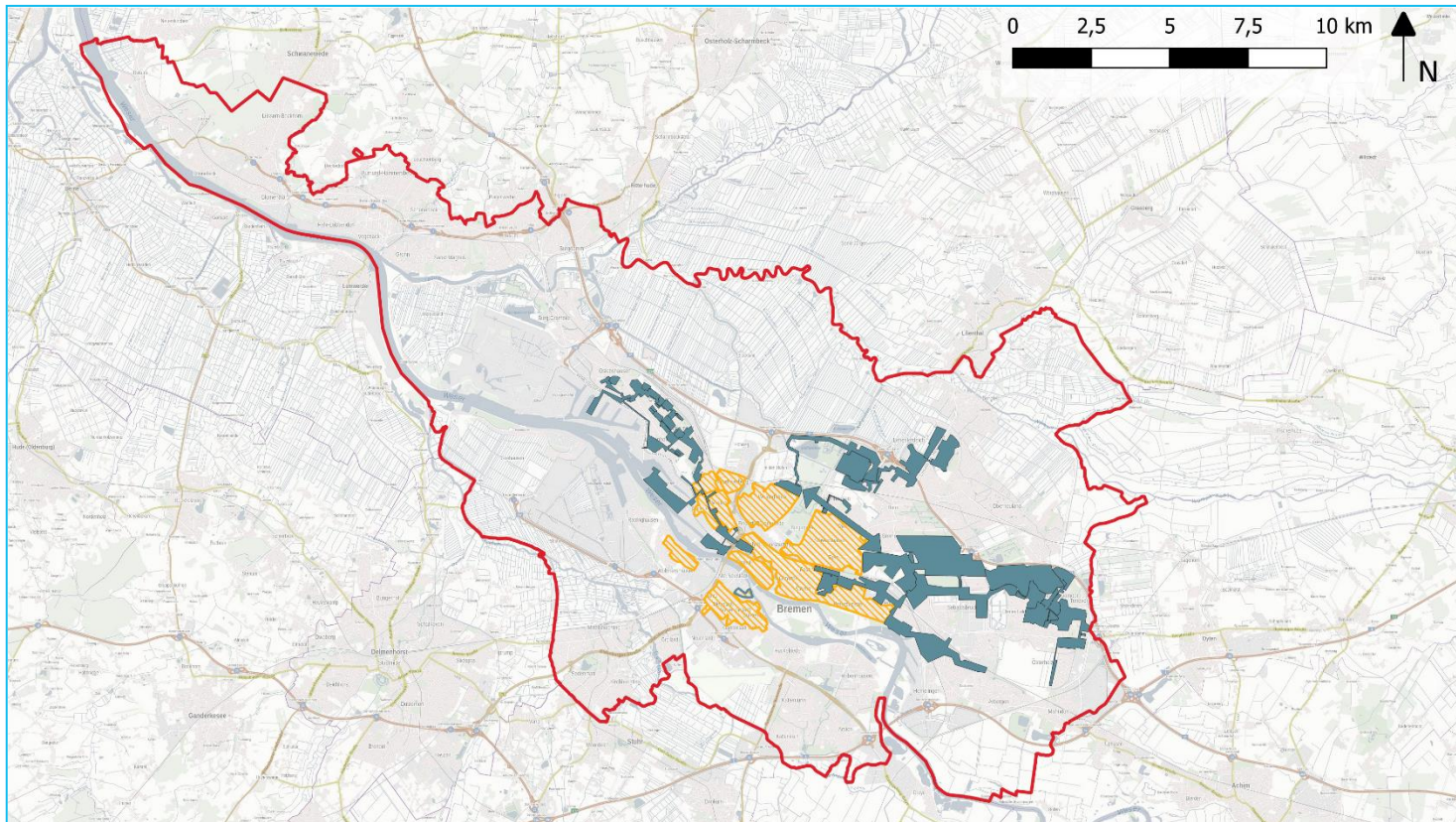
Fernwärme Ausbaubereiche Stadt Bremen



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



Lokalisierung Fernwärmeausbau

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Fernwärme im Bestand

Potenzielle Wärmenetzgebiete

Fernwärme-Anschlussgebiete

■ Fernwärme swb AG

■ Ausbau Fernwärme

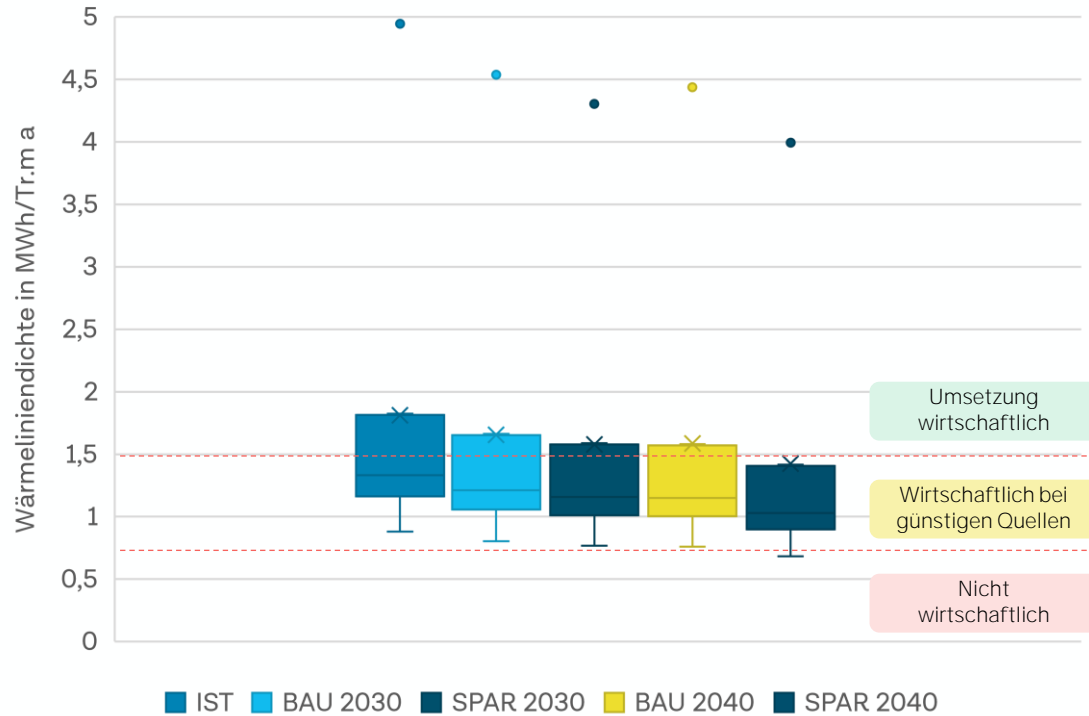
■ Fernwärme-Anschlussgebiete Nahwärmebestand

- Identifikation von insgesamt 8 weiteren Fernwärmenetzgebieten auf Basis der Vorgehensweise im vorigen Kapitel
- Anschluss der **Neustadt** an bestehendes Fernwärmenetz
- Ausbau auch **südlich** der Weser
- Weserquerung z.B. über Fahrradbrücke Überseestadt – Woltmershausen möglich

Fernwärme Ausbaugebiete Stadt Bremen



AVERDUNG



Veranschaulichung der indikativen Wirtschaftlichkeit in der Umsetzung der Netze. (eigene Darstellung)

- Auch unter Beachtung der **Sanierungseffekte** liegen alle Netze im Bereich der **wirtschaftlichen Machbarkeit**
- Ausreißer: Quartier in der Altstadt
 - Ggfs. Datenrasterauflösung von 100x100 m nicht ausreichend, um Quartier abzubilden
 - Neubau in der Altstadt geplant -> Fernwärme von Anfang an in die Planung einbeziehen

		Netzauswertung Ausbauszenario				
		IST	BAU 2030	SPAR 2030	BAU 2040	SPAR 2040
Bedarf	[TWh/a]	0,99	0,90	0,86	0,86	0,77
Trassenlänge	[km]	597				

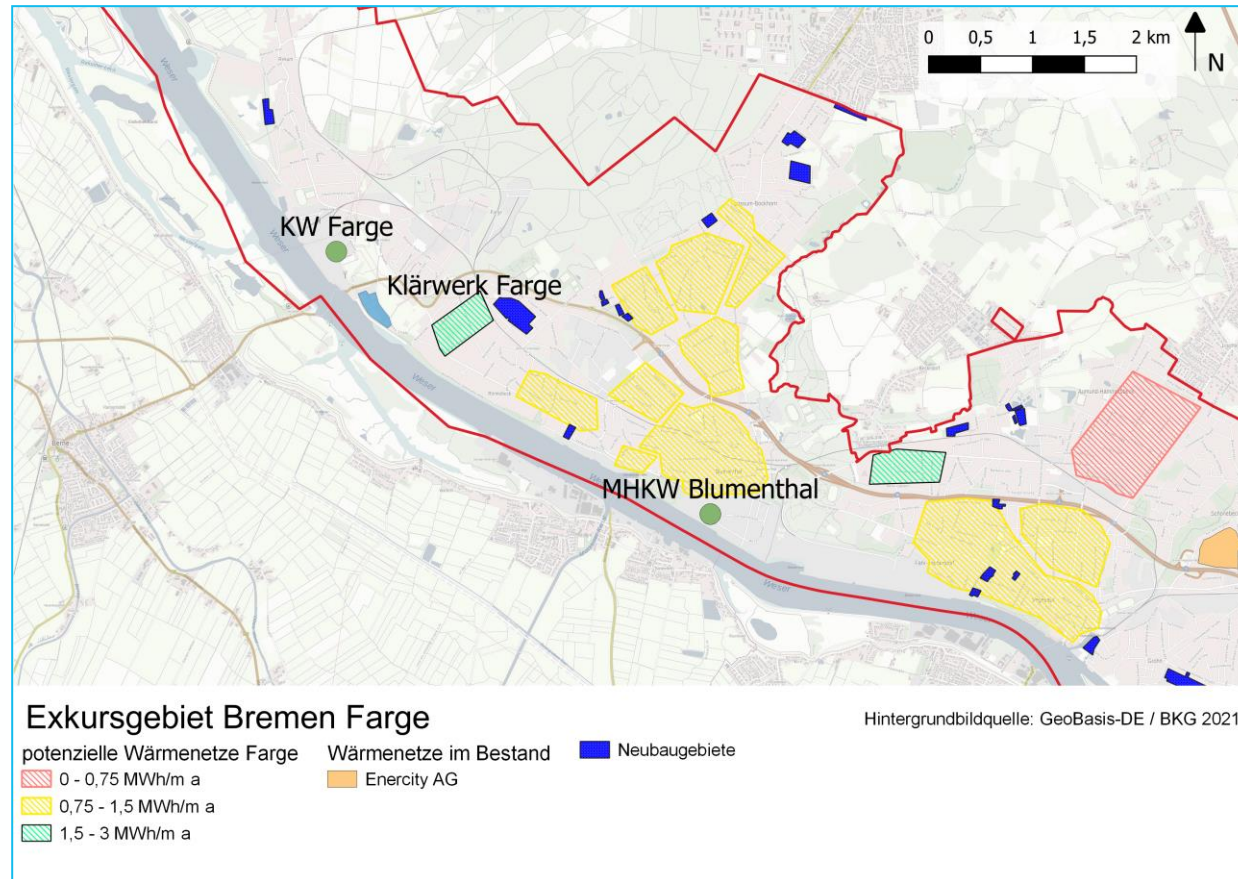
Fernwärme Ausbaugebiete Stadt Bremen - Exkurs Farge



AVERDUNG

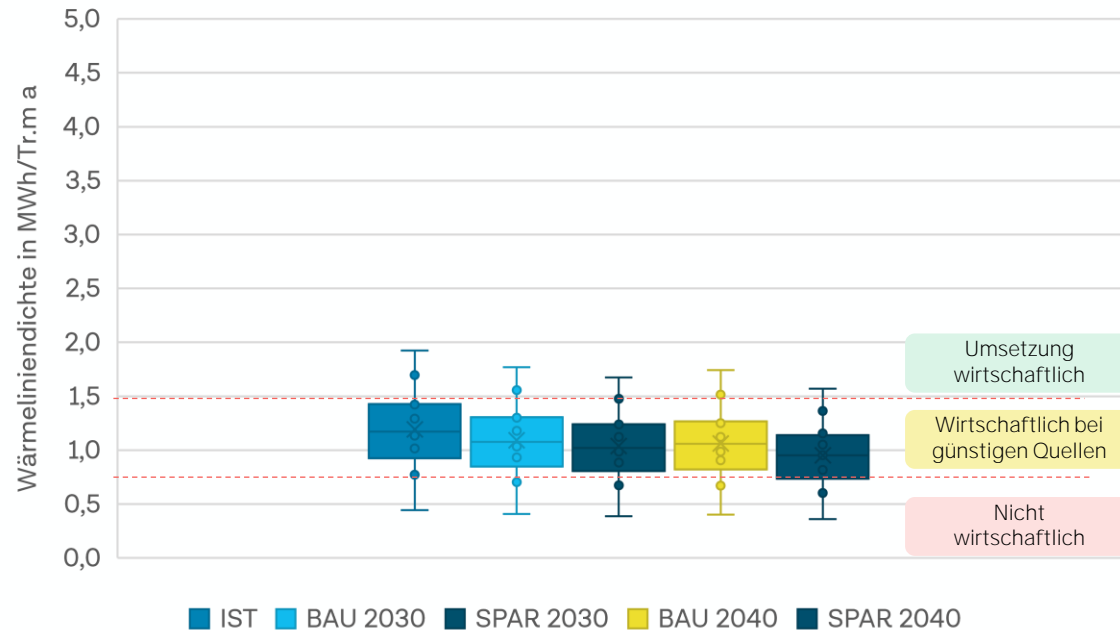


HAMBURG
INSTITUT



- Neben dem Ausbaupotenzial im Bereich des Bestandwärmenetzes wurde zusätzlich untersucht, ob im Zuge der Umstellung des Kraftwerks Farge ein Aufbau eines Fernwärmenetzes im Gebiet Farge sinnvoll sein kann.
- Identifikation von 13 Teilgebieten, die sich für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung eignen können
- Potenziale in der Umgebung:
 - Kraftwerk Farge
 - Klärwerk Farge
 - MHKW Blumenthal
- Vor Anschluss an das Kraftwerk Farge sollte geprüft werden, wie das MHKW Blumenthal in der Wärmeversorgung eingebunden werden kann (ungenutztes Potenzial von bis zu 130 GWh/a).

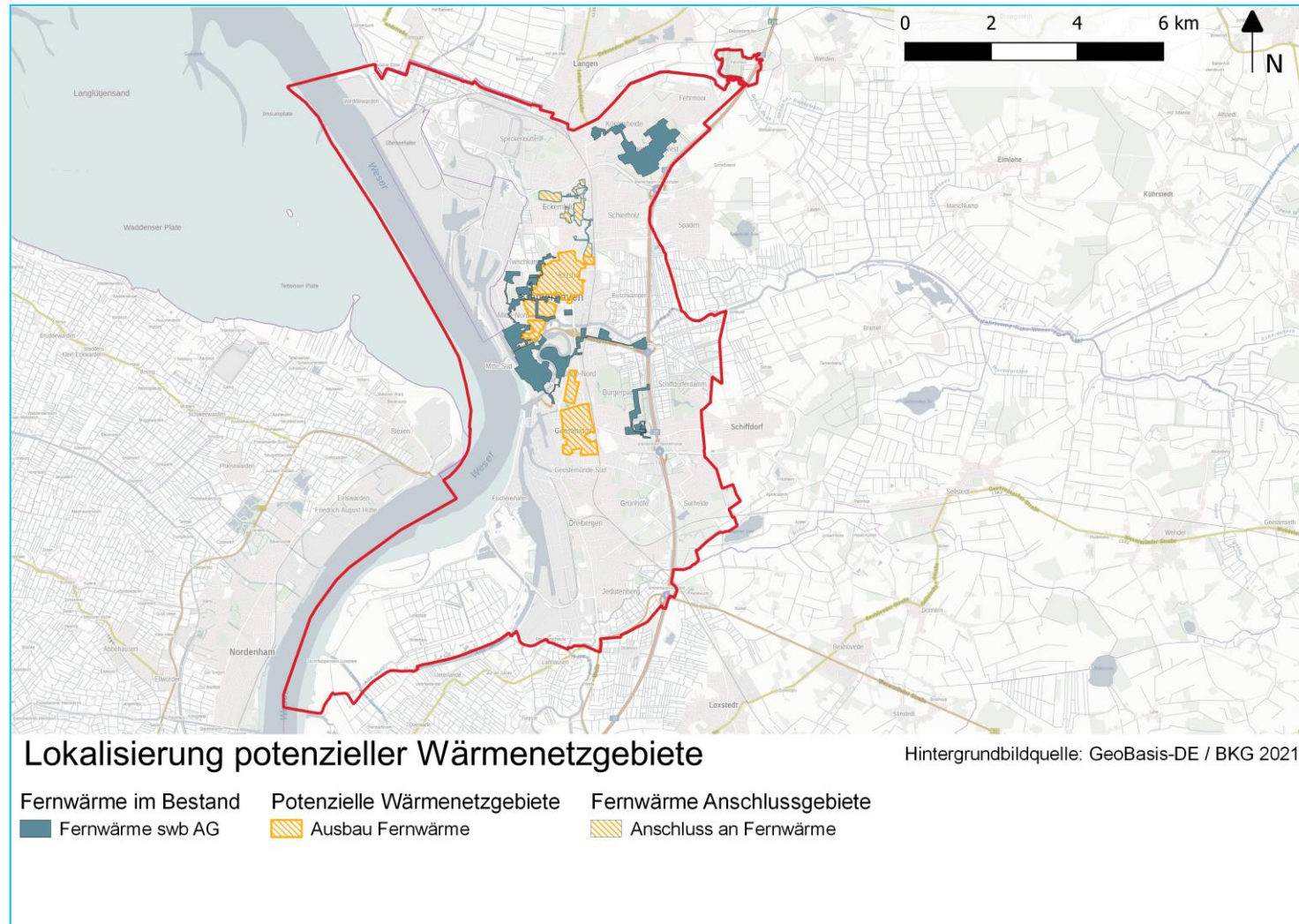
Fernwärme Ausbaugebiete Stadt Bremen - Exkurs Farge



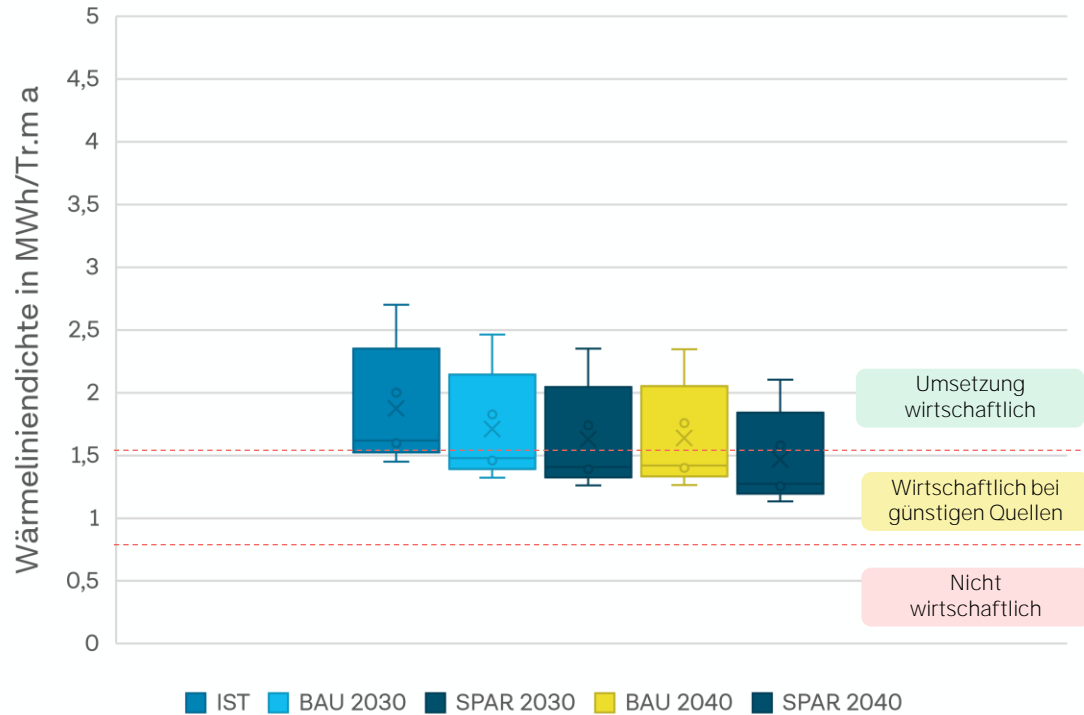
Veranschaulichung der indikativen Wirtschaftlichkeit in der Umsetzung der Netze. (eigene Darstellung)

- In Teilnetzen in Farge ist die wirtschaftliche Umsetzung trotz günstiger Wärmequellen **detaillierter** zu prüfen.
- Im Mittel reicht die Wärmelinendichte von 1,25 MWh/m*a aus, um eine **wirtschaftliche Umsetzung zu ermöglichen**, wenn die Wärmequellen aus der Umgebung günstig nutzbar sind.

Netzauswertung Ausbauszenario Farge						
		IST	BAU 2030	SPAR 2030	BAU 2040	SPAR 2040
Bedarf	[TWh/a]	0,20	0,18	0,17	0,18	0,16
Trassenlänge	[km]	160				



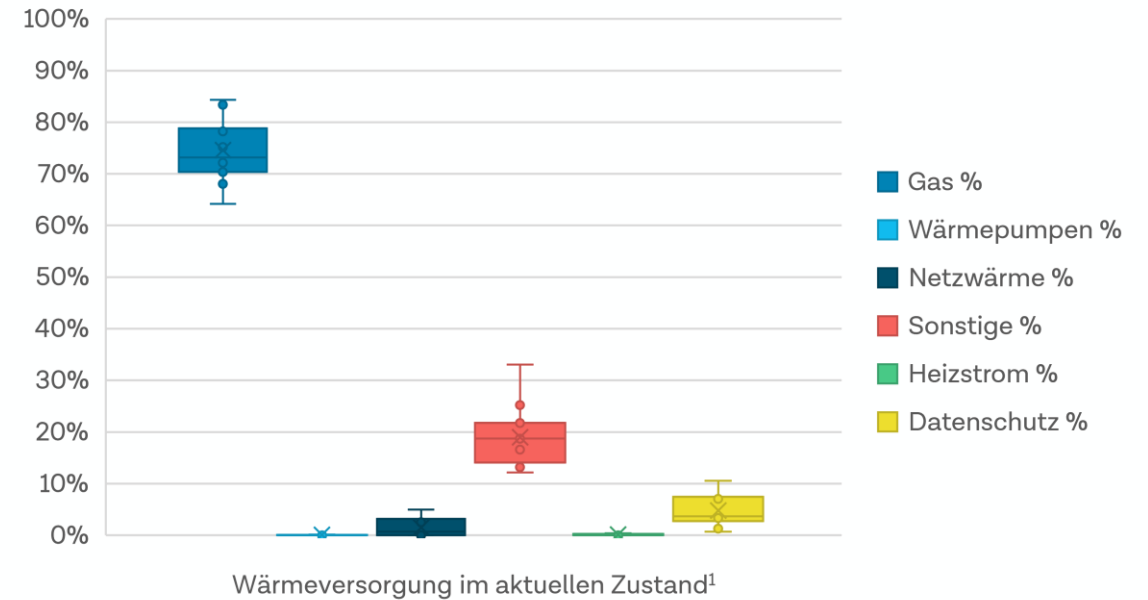
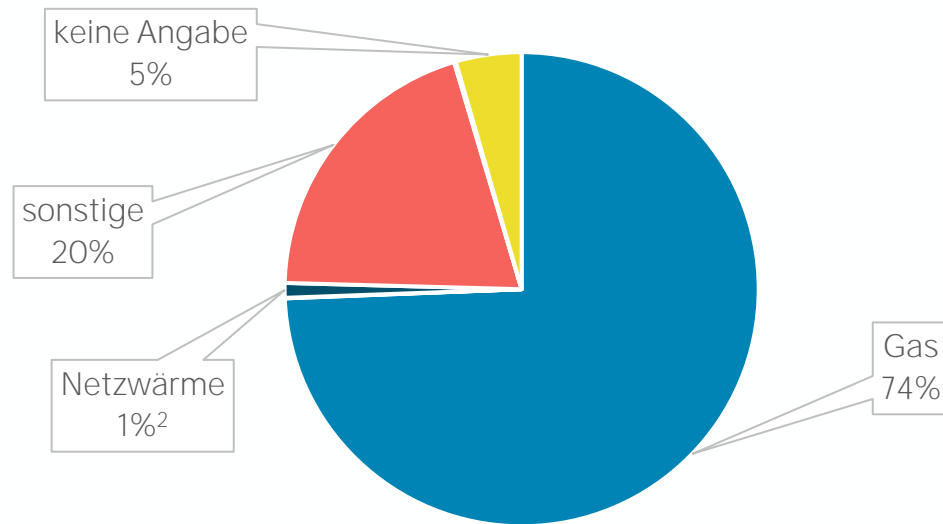
- Identifikation von insgesamt 5 weiteren Fernwärmenetzgebieten auf Basis der Vorgehensweise im vorigen Kapitel
- Anschluss Engenmoor an bestehendes Fernwärmenetz
- Ausbau des bestehenden Netzes in Richtung Norden & Süden
- Anschluss von Gebieten, die sich bereits zwischen den Leitungen des Bestandsnetzes befinden, aber nicht angeschlossen sind



Veranschaulichung der indikativen Wirtschaftlichkeit in der Umsetzung der Netze. (eigene Darstellung)

- Ermittelte Ausbaugebiete liegen deutlich im **wirtschaftlichen Bereich**
- Ausreißer: **Netzbereich Mitte-Nord** – angrenzend zu bestehendem Fernwärmenetz
 - Im Zuge von Verdichtungsmaßnahmen direkt berücksichtigen bzw. beim Ausbau als Priorität setzen
- Auswertung bezogen auf Gesamtnetz unabhängig der Umsetzungszeitpunkte

Netzauswertung Ausbauszenario						
		IST	BAU 2030	SPAR 2030	BAU 2040	SPAR 2040
Bedarf	[TWh/a]	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13
Trassenlänge	[km]	90				



- **Ausbaugebiete** in Bremen und Bremerhaven geprägt durch:¹
 - Gas
 - sonstige Versorgung (vermutlich Ölkessel)
- Wärmepumpen und Heizstrom nicht vorhanden
- Datenschutz: Daten aus Datenschutzgründen nicht zur Auswertung verfügbar

¹ Auswertung basierend auf einem Energiemix im 100x100m Raster, das von der wesernetz GmbH bereitgestellt wurde

² bereits vorhandene Netzwärme im Ausbaugbiet wird auf Grund der Unschärfe der großen Rasterzellen in den Randbereichen mitgezählt

- Der **Ausbaubedarf** auf der Erzeugungsseite ergibt sich aus:
 - Zubau des Fernwärmenetzes (Ausbauszenario)
 - Erschließung neuer Gebiete außerhalb des Bestandsnetzes
 - Anschluss von Nahwärmeinseln
 - Anschluss von bestehenden Wärmenetzen an die Fernwärme
 - Verdichtungsmaßnahmen der swb AG
 - Anschluss von Neubaugebieten an die Fernwärme
- Abzüglich Reduktionseffekte basierend auf der Fortschreibung des Wärmeatlas
 - Bedarfsreduktion durch Sanierungsmaßnahmen

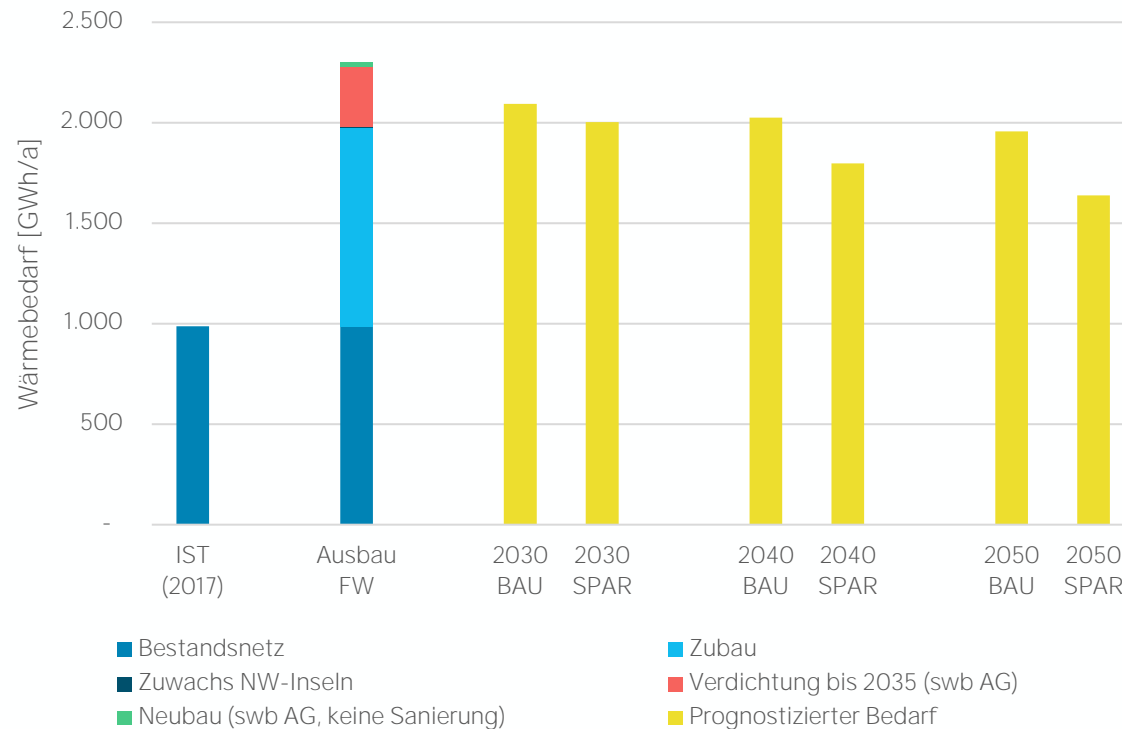
Auswertung Absatzpotenzial Stadt Bremerhaven



AVERDUNG



Auswertung bezogen auf Gesamtnetz unabhängig der Umsetzungszeitpunkte bzw. Ausbaupfade der Netzstruktur



- **Verdichtungspotenzial** in Bestandsnetzen von der swb AG **nicht** vernachlässigbar
- Treibend wird der **Ausbau** der Netze bzw. die Erschließung neuer Netze sein
- **Neubauggebiete** bisher kaum in Planung des Fernwärmeabsatzes relevant

Grafiken basierend auf eigener Auswertung und swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG. Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2021): Umwandlungsausstoß aus Fernwärmeerzeugung.

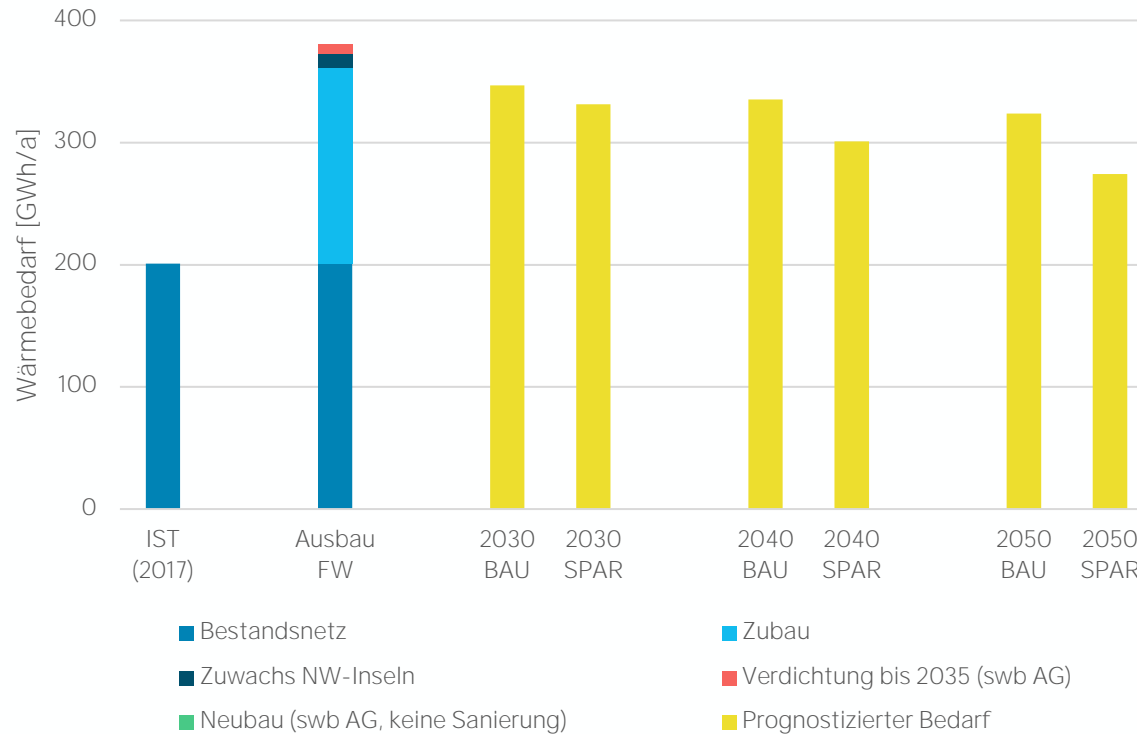
Auswertung Absatzpotenzial Stadt Bremerhaven



AVERDUNG



Auswertung bezogen auf Gesamtnetz unabhängig der Umsetzungszeitpunkte bzw. Ausbaupfade der Netzstruktur



- **Verdichtungspotenzial** in Bestandsnetzen von der swb AG mit sehr geringem Anteil
- Treibend wird der Ausbau der Netze bzw. die Erschließung **neuer Netze** sein
- **Neubauggebiete** im Zuwachs nicht relevant
- Anschluss von bestehenden **Nahwärmeinseln** mit geringem Einfluss auf den Bedarf

Grafiken basierend auf eigener Auswertung und swb AG (2020): Der Weg der Wärme in die Zukunft – Langfristige Wärmestrategie für Bremen und Bremerhaven. swb AG. Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2021): Umwandlungsausstoß aus Fernwärmeerzeugung.

- Wärmewende München 2040¹
 - Stand 2014: 2,2 TWh/a Fernwärmeabsatz
 - Ziel bis 2040: Zubau von 1,2 TWh/a in Ausbaugebieten (vorbehaltlich Ausweitung durch Ergebnisse der Wärmeplanung)
- Perspektive der Fernwärme²
 - **Ausbau der Fernwärme im Typ „Großstadt“ von 26 % auf 48 % Anteil Fernwärme im Bereich Gebäude**
- In der Wärmeversorgung (in Bremen) steht ein **Strukturwandel** bevor.
- Gebiete mit hohen Wärme(linien)dichten in den Kernbereichen der Städte Bremen und Bremerhaven können **wirtschaftlich** an die Fernwärme angeschlossen werden.
- Ausbau von Wärmeinfrastruktur wird den Wärmesektor in den kommenden Jahren prägen, um dezentrale Lösungen zu vermeiden, wenn möglich.

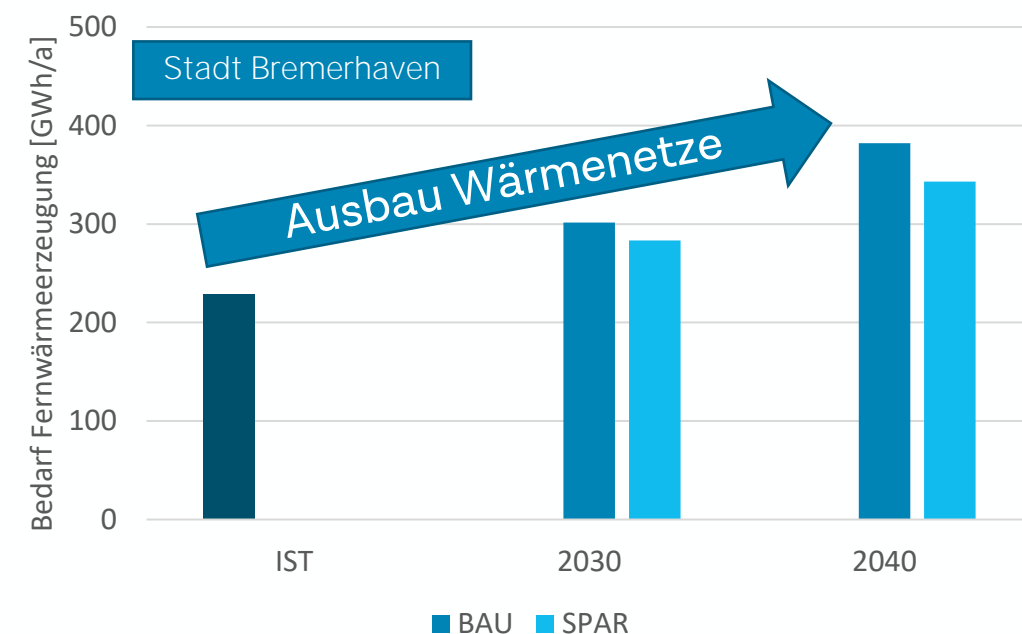
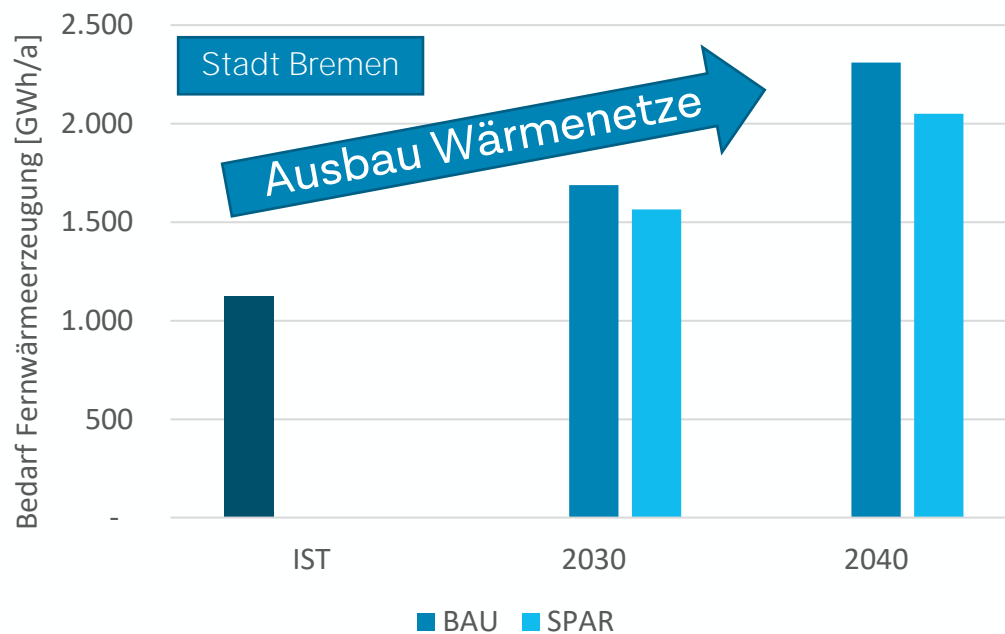
¹ Reinhold, N., Dufter, C., Kleinertz, B., von Roon, S. (2018): Wärmewende München 2040 –Handlungsempfehlungen. Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH.

² Thamling, N., Langreder, N., Rau, D., Wunsch, M., Maaß, C., Sandrock, M., Fuß, G., Möhring, P., Purkus, A., Strodel, N. (2020): Perspektiven der Fernwärme. Prognos AG, Hamburg Institut.

Der Ausbau der neuen Absatzgebiete wird als linear angesetzt.

- Kurzfristig:
 - **Planungsphase der ersten Jahre kann durch Erschließen von „low hanging fruits“ in den ersten Jahren ausgeglichen werden**, wie z.B. den Anschluss von Nahwärmeinseln, die nur eine Anschlussleitung an das Fernwärmenetz benötigen.
 - **Neubaugebiete** werden direkt bei der Umsetzung mit Fernwärmeversorgung gebaut.
 - **Verdichtungsmaßnahmen** können auf Basis der Auswertung der swb AG in den kommenden Jahren schnell umgesetzt werden.
- Langfristig
 - **Kapazitätsplanung** im Handwerk von Anfang an langfristig ansetzen und entwickeln
 - Planung des Materialeinsatzes
 - Frühzeitige **Abstimmung mit Behörden** zum Bau von Leitungen oder Anschluss von Neubaugebieten

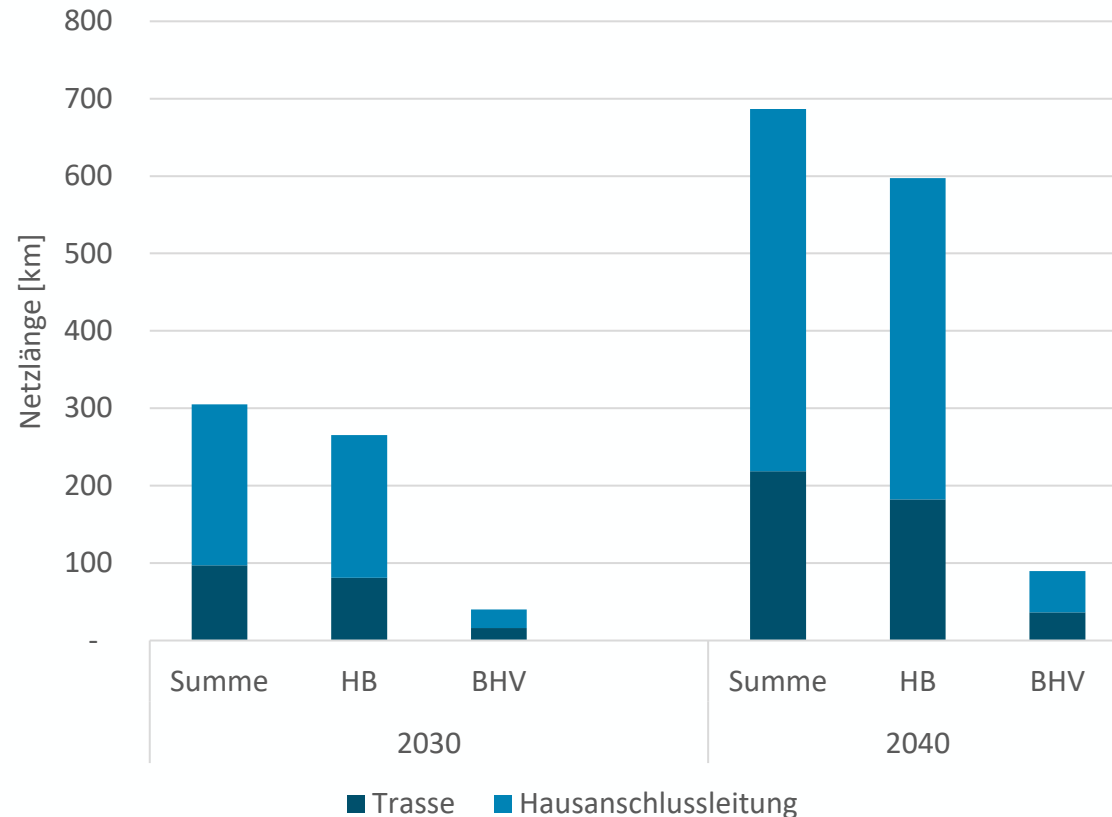
- Der sukzessive Ausbau der Wärmenetze wird in den kommenden Jahren für einen deutlichen Anstieg des Bedarfs an **Erzeugungskapazitäten** sorgen.¹
- Chance: Die neuen Erzeugungskapazitäten können **klimazielform** zugebaut werden.
 - Es muss nicht darauf gewartet werden, dass das fossile System abbezahlt ist, bevor neue klimaneutrale Erzeuger integriert werden.



¹ Der Bedarf an Fernwärmeerzeugung ergibt sich aus dem Ausbau der Netze zuzüglich eines Aufschlags von 14% für die Netzverluste, basierend auf Länderarbeitskreis Energiebilanzen (2021): Umwandlungsausstoß aus Fernwärmeerzeugung ; AGFW (2020): Hauptbericht 2019. AGFW und eigenen Annahmen

- Der quartiersgenaue Netzausbau muss im Rahmen eines Wärmeplans auf Basis gebäude- und straßenscharfer Verbrauchsdaten geplant werden.
- Wenn die Ausbauziele in der Fernwärme erreicht werden sollen, muss ab 2022 ein linearer Ausbau über 2030 bis 2040 stattfinden.
 - Einteilung von Kapazitäten gleichmäßig verteilbar
 - Finanzierung / Geldfluss besser einteilbar
- In den ersten Jahren Erschließung von Gebieten, die wenig Planungsvorlauf benötigen
 - Bestehende Verdichtungspläne
 - Anschluss bestehender Nahwärmegebiete an das Fernwärmenetz
 - Anschluss von Neubaugebieten an die Fernwärme
 - Erschließung von Gebieten im Bereich bereits erschlossener günstiger Quellen (z.B. MHKW Uni-Lehe)
- **Notwendig: Wärmeplanung**
 - Ermittlung von netzscharfen Ausbauplänen

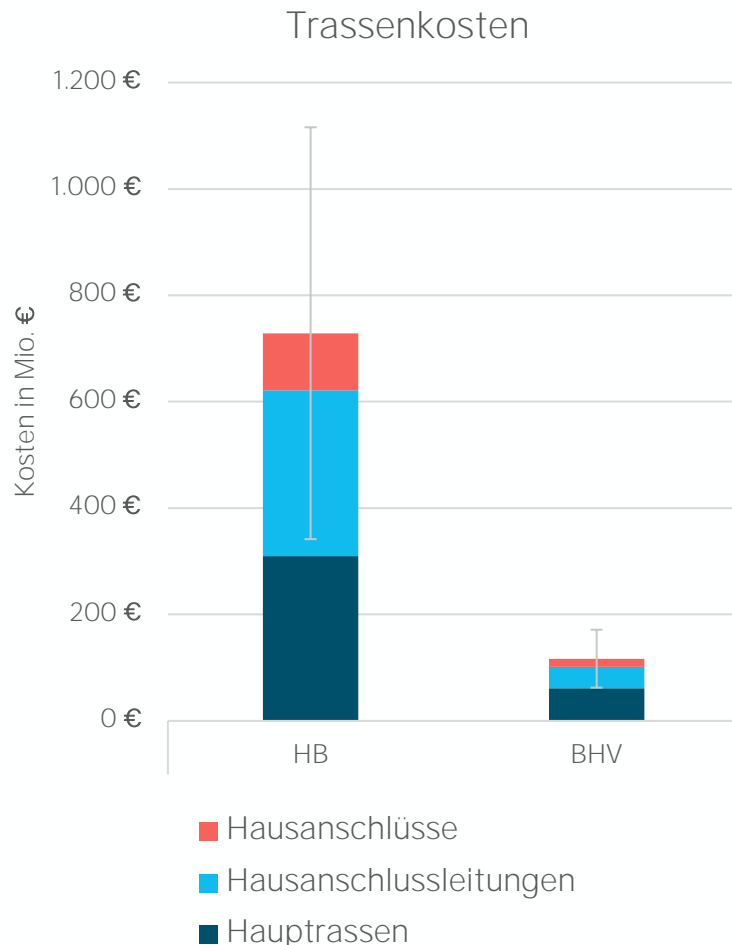
- Der nötige **Ausbau** an Leitungen ergibt sich auf Basis der **GIS-Auswertung** der ermittelten Ausbaugebiete und unter den folgenden Annahmen:
 - Abschlag auf die Straßenlänge durch optimierte Verlegung
 - Hausanschlusslänge über 20 m Pufferzone ermittelt
 - Abschlag auf Hausanschlussleitungen für:
 - Bestehende Hausverbünde
 - Anschlusslänge von weniger als 20 m durch günstige Lage der Häuser und Anschlussstationen
- Im Rahmen einer **Wärmeplanung** sollten einzelne Ausbaugebiete analysiert werden, um Daten zu validieren und Anschlusslängen detailliert auszuarbeiten
 - Gebäudescharfe Auswertung der Hausanschlusslängen
 - Gebäudescharfe Zuordnung von Verbräuchen zu den Leitungen zur Dimensionierung



- Ausbau der Fernwärmeleitungen, der nach GIS-Analyse nötig ist, um neue Gebiete und **Absatzmöglichkeiten** zu erschließen
- Bremerhaven mit deutlich geringerem Ausbaubedarf bzw. Ausbaumöglichkeiten
- Bis 2030 müssen erste **Meilensteine** im Ausbauplan erreicht werden.
- Bis 2040 ist ein **massiver Ausbau** der Netze notwendig.
- Netzausbau muss durch politische Maßnahmen gestützt und gefördert werden, um die die anvisierten Netzausbauten umzusetzen.

Verbindungsleitungen zwischen Netzabschnitten und Erzeugungseinheiten sind in der Auswertung nicht einbezogen.

- Trassenkosten:
 - Auf Basis der ermittelten Trassenmeter
 - Kosten für Trassenverlegung unter der Straße als Hauptleitung
- Hausanschlussleitung:
 - Auf Basis der ermittelten Hausanschlusslängen
 - Kosten für Verlegung als Hausanschluss zwischen Straße und Übergabestation
- Hausübergabestationen
 - Auswertung der Gebäudeanzahl und Gebäudetypen zur Ermittlung der Abnahmeleistung im Netzgebiet
 - Anpassung der spezifischen Kosten an Leistungsgröße der Hausanschlüsse
 - Kostenermittlung über spezifische Kosten und Gebäudeanzahl



- Kosten sind mit sehr hohen **Unsicherheit** von $\pm 50\%$ besetzt
- **Einzelfallprüfung** der Standortbedingungen für jedes Netz bzw. jede Trasse notwendig, um die Ausbaurkosten besser einschätzen zu können
- Netzausbaurkosten in der Stadt Bremen befinden sich im Bereich um 730 Mio. €
- Netzausbaurkosten in der Stadt Bremerhaven befinden sich im Bereich um 120 Mio. €
- Förderung im Rahmen des BEW (Bundesprogramm effiziente Wärmenetze)
 - 40 % Förderquote
 - Kosten können stark verringert werden

Netzausbaurkosten basierend auf Prognos, Hamburg Institut (2020): Perspektive der Fernwärme. AGFW. und eigenen Berechnungen

AP1: Fernwärme

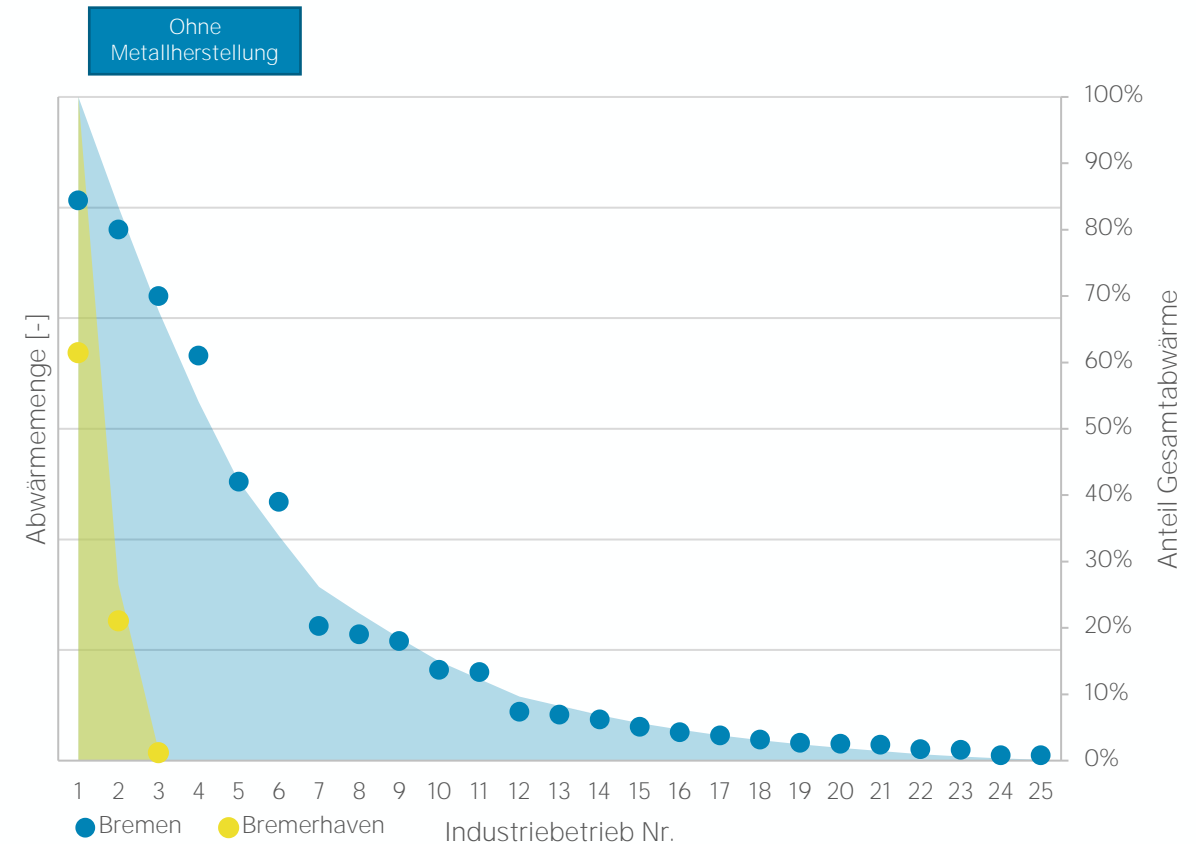
- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- [Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme](#)
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

- **Industrie:** GIS-Auswertung des Wärmebedarfs auf Basis des Wärmeatlanten
- Es wurden die folgenden Abwärmefaktoren für die ermittelten Branchenbereiche angesetzt.¹ →
- Das **Temperaturniveau** der Abwärme wurde vernachlässigt, da hierzu aus den Betrieben keine Daten vorliegen.
- Die Auswertung gibt die Größendimension einer möglichen Abwärmennutzung in der Fernwärme an, kann einen **Abwärmeatlas** mit einer betriebsspezifischen Auswertung der Abwärmemenge und des Temperaturniveaus jedoch nicht ersetzen.
- **Kühlhäuser** bieten weiteres Abwärmepotenzial, das sich auf Basis des Wärmebedarfs nicht auswerten lässt.

Sektorbezeichnung	Abwärmefaktor
Metallerzeugung und -bearbeitung	0,19
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	0,12
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	0,10
Maschinenbau	0,16
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	0,31
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	0,17
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik	0,15
Herstellung von sonstigen Waren	0,08

¹ Brückner, S. (2016): Industrielle Abwärme in Deutschland. Technische Universität München.

- Das Abwärmeaufkommen liegt **konzentriert** auf einige Betriebe vor.
- Schon bei Erschließung der Abwärme in **9 Betrieben** in der Stadt Bremen können **80 %** des Potenzials gehoben werden.
- In Bremerhaven konnten **2 Betriebe** identifiziert werden, die den überwiegenden Anteil an der Abwärmemenge stellen.



- Identifikation von:
 - 19 Rechenzentren in der Stadt Bremen
 - 3 Rechenzentren in der Stadt Bremerhaven
- Aussagen zu einzelnen Rechenzentren nicht möglich, da wenig Daten veröffentlicht werden
- Top-Down-Ansatz:
 - Anteil Rechenzentren am deutschen Stromverbrauch 2016 rund 3,5 % auf Basis eines europäischen Ansatzes bzw. 18 TWh¹
 - Nach Informationen aus der Praxis ist der Bedarf bei 2,3 % anzusetzen²
- Konservativer Ansatz von 2,3 % Anteil am Strombedarf
 - 11,9 TWh Stromverbrauch der Rechenzentren in Deutschland
 - Bei 65 % Nutzung der Abwärme ergeben sich 7,7 TWh Abwärmepotenzial
 - Aufgeteilt auf 451 Rechenzentren in Deutschland – 17 GWh Abwärmepotenzial je Rechenzentrum

¹ Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., Moreno, D. (2020): Accessible urban waste heat. ReUseHeat.

² EEHH (2021) Abwärmenutzung in Rechenzentren: bisher zu wenig Regularien und Ansätze für den nachhaltigen Betrieb. EEHH. <https://www.erneuerbare-energien-hamburg.de/de/news/uebersicht/details/6569.html> (15.04.2021)

- Abwärme kann in der Regel auf einem Niveau von 25 – 35° C genutzt werden¹
- **Temperaturhub** des Rücklaufs über Wärmepumpe bei Abkühlung der Wärmequelle um 10 K
- Maximal **22 GWh/a** nutzbar im Fernwärmenetz
- Die Auslastung der **Rechenzentren** liegt zwischen 60-80 % bezogen auf die Leistung
 - High performance: 80 % Auslastung – 7.000 VLH
 - Konventioneller Server: 60 % Auslastung – 5.250 VLH

Temperatur Wärmequelle [°C]	Netztemperatur 90/60° C COP	Fernwärmepotenzial je Rechenzentrum [GWh/a]
25	3,4	24
30	3,7	23
35	3,9	22

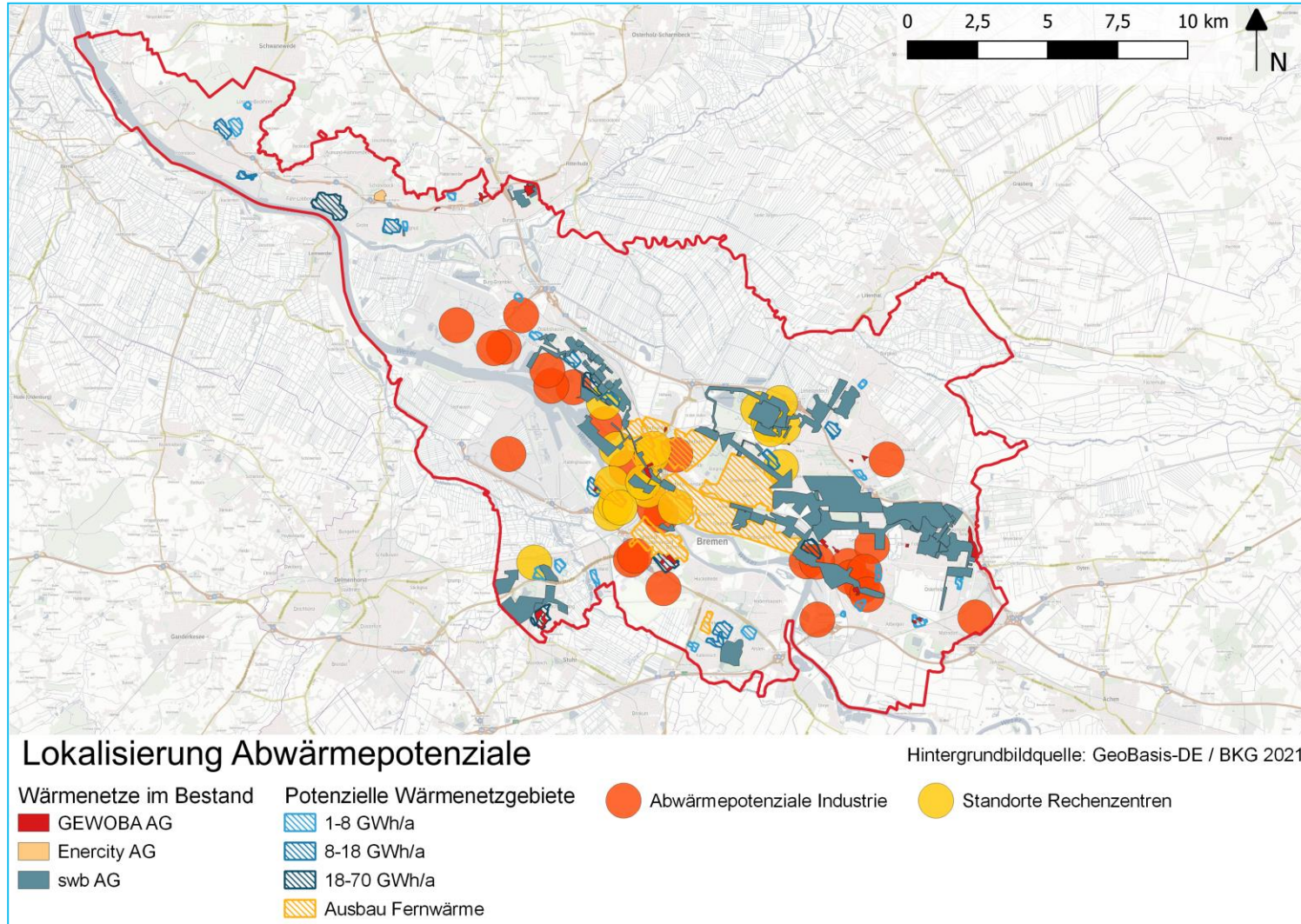
		Stadt Bremen	Stadt Bremerhaven
Anzahl Rechenzentren	[-]	19	3
Potenzial je Rechenzentrum	[GWh/a]	22	22
Gesamtpotenzial Abwärmennutzung	[GWh/a]	418	66

¹ Persson, U., Averfalk, H., Nielsen, S., Moreno, D. (2020): Accessible urban waste heat. ReUseHeat.

Abwärmepotenziale Industrie & Rechenzentren Stadt Bremen



AVERDUNG



- Industrie: GIS-Auswertung auf Basis des Wärmeatlanten
- Rechenzentren: Anwendung von Branchenwerten
- Rechenzentren in **Kernbereichen** der Stadt
- Industrie teilweise innerhalb vorhandener **Netzgebiete** oder **Ausbaugebieten**

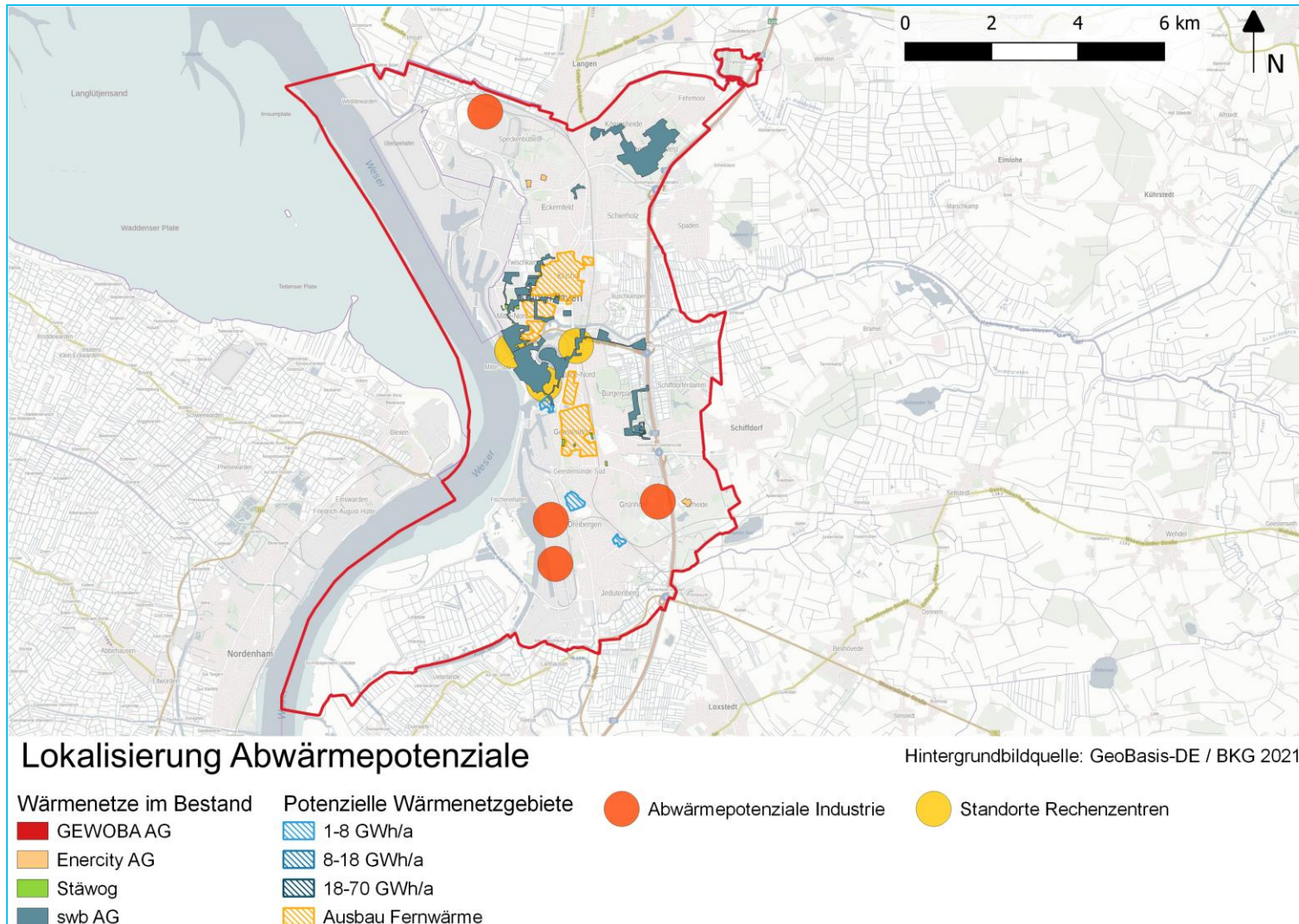
Abwärmepotenziale Industrie & Rechenzentren Stadt Bremerhaven



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



- Industrie: GIS-Auswertung auf Basis des Wärmeatlanten
- Rechenzentren: Anwendung von Branchenwerten
- Rechenzentren in **Kernbereichen** der Stadt
- Industrieabwärme eher in **Randbereichen**

- Nutzung von Abwärme aus **Umspannwerken** in Schweden und Dänemark bereits umgesetzt
 - Schweden: Beheizung von 2.200 Haushalten mit Abwärme aus der Umspannung¹
 - Dänemark: Beheizung einer Schule²
- Potenzial abhängig von der **Leistung** der Station²
 - 132-165 kV ~ 1 GWh/a
 - 400 kV ~ 4,3 GWh/a
 - Bis zu 50 GWh/a in Dänemarks größtem Umspannwerk
- Potenzial in Bremen und Bremerhaven ist vorhanden, im Bestand aber schwierig erschließbar
- **Abwärmennutzung** bei **Ausbau des Stromnetzes** von Anfang an mitdenken

Stadt Bremen		Stadt Bremerhaven	
	Abwärmepotenzial		Abwärmepotenzial
Umspannwerk Blockland (220/110 kV)	1 GWh/a	Lehe (110 kV)	1 GWh/a
Umspannwerk Niedervieland (380/110 kV)	4 GWh/a	Wulsdorf (110 kV)	1 GWh/a
Umspannwerk Hansalinie	Im Bau		

¹ Börje, J. (2021): Swedish TSO Svenska kraftnät deploys heat recovery at new power substation. <https://stockholmdataparks.com/2021/04/23/swedish-tso-svenska-kraftnat-deploys-heat-recovery-at-new-power-substation/> (05.04.2021)

² Petrovic, S., Bühler, F., Radoman, U. (2019) Power transformers as excess heat sources. In Proceedings of ECOS 2019: 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems

- Klärwerk in Bremerhaven bereits im Gewerbegebiet Luneplate eingeplant
- **Vorteile:** höhere JAZ (Jahresarbeitszahl) als z.B. bei Flusswasserwärmepumpen erreichbar, da **höhere Temperaturen** im Abwassernetz²
 - Winter: 10-15°C
 - Sommer: bis zu 24°C
- Auskopplung bestenfalls hinter **letzter Reinigungsstufe**
 - Kein Einfluss der Kühlung auf biologische Klärprozesse im Klärwerk
 - Weniger Verunreinigungen und geringerer Wartungsaufwand für Wärmetauscher

Klärwerksstandorte Bremen		Seehausen	Farge
Duchflussmenge ¹	[m ³ /Tag]	130.000	16.000
Durchflussmenge jährlich	[mio. m ³]	47,4	5,8
Spez. Wärmekapazität	[kWh/m ³ K]		1,163
Temperatursenkung	[K]	6	
Nutzungsgrad	[%]	70	
Wärmemengenpotenzial im Abwasser	[GWh/a]	231	28
JAZ			3
Strombedarf WP	[GWh/a]	115	14
Nutzbares Wärmepotenzial	[GWh/a]	346	42

¹ hanseWasser (2021): Kläranlagen. <https://www.hansewasser.de/wir-fuer-bremen/daseinsvorsorge-fuer-die-stadt/klaeranlagen/> (25.03.2021)

² Die Abwassertemperaturen wurden für dieses Gutachten freundlicherweise von Hansewasser zur Verfügung gestellt

- Bremen: Arcelor Mittal
 - Ermittlung des Potenzials über hotmaps Tool¹
 - Aufteilung der gesamtdeutschen Stahlproduktion über die gemeldeten Emissionen des Stahlwerks
 - Ermittlung des Abwärmepotenzials über spezifische Abwärmekennwerte der Stahlproduktion
 - Standort Mittelsbühren bis zu 608 GWh/a auf über 100°C nutzbar
 - Nach Absprache mit der swb AG sind 40 MW bzw. 350 MWh realistisch²
- Bremerhaven: Raguse & Voss Metallgießerei
 - Ermittlung über Mitarbeitendenanzahl und Branchenkenwert
 - In 2018 61 Beschäftigte³
 - Wärme HAT-Prozesswärme 1.891 MWh/Mitarbeiter⁴
 - Potenzial zur Abwärmenutzung 22 GWh/a⁵

¹ HotMaps (2021): <https://www.hotmaps.eu/map> (22.04.2021)

² Der Austausch erfolgte nach Vorstellung des Zwischenberichts bei den Netzbetreibern zum Abgleich der Zwischenergebnisse mit Erfahrungen aus der Energiewirtschaft

³ Raguse +Voss Metallgießerei GmbH (2020): Jahresabschluss zum Geschäftsjahr 2018

⁴ Blesl, M., Kempe, S., Ohl, M., Fahl, U., König, A., Jenssen, T., Eltrop, L. (2009): Wärmetlas Baden-Württemberg. IER Universität Stuttgart

⁵ Brückner, S. (2016): Industrielle Abwärme in Deutschland. Technische Universität München

- **Wasserstoffnutzung** bzw. dessen Erzeugung durch große Elektrolyseure wird in den nächsten Jahren großen Einfluss auf das Energiesystem haben und einen hohen Bedarf an (erneuerbarem) Strom fordern.
- Aus Systemsicht gilt es dabei die entstehende **Abwärme** so sinnvoll wie möglich einzusetzen und z.B. über das Fernwärmesystem im Wärmesektor zu nutzen und fossile Erzeugung abzulösen.
- Umsetzung bereits in Rotterdam konkret geplant¹:
 - 550 MW Elektrolyse Leistung im Hafengebiet
 - bis 2030 Versorgung von bis zu 550.000 Haushalten angesetzt
 - bis 2050 sollen bis zu 1 Mio. Haushalte mit Abwärme aus dem Hafen (inkl. Chemieindustrie) versorgt werden

¹ Solarsserver (2021) <https://www.solarsserver.de/2021/02/15/rotterdam-regionale-waerme-aus-gruenem-wasserstoff/> (04.06.2021)

- Bremerhaven: Elektrolyseabwärme bereits im Gewerbegebiet Luneplate eingeplant
- Bremen: Wasserstoff bzw. Elektrolyse wird zukünftig eine große Rolle einnehmen
- Pläne der swb AG¹
 - Stufe 1, 2021: 24 MW Elektrolysekapazität
 - Stufe 2, 2024-2026: bis zu 100 MW Elektrolysekapazität
 - Stufe 3, 2028: bis zu 300 MW Elektrolysekapazität am Standort Mittelsbüren
 - Stufe 4, 2030: Erweiterung Elektrolysekapazität
 - Stufe 5, 2038: CO₂-neutrale Produktion bei ArcelorMittal Bremen
 - bis zu 4,3 TWh an Wasserstoff benötigt²
- Potenzial wird sehr wahrscheinlich deutlich größer ausfallen
 - Norddeutsche Wasserstoffstrategie: mind. 5 GW Elektrolysekapazität im Norden
 - **Bremen als Standort prädestiniert** durch:
 - Möglichkeit der Abwärmenutzung
 - Stahlproduktion
 - Räumliche Nähe zur erneuerbaren Stromerzeugung

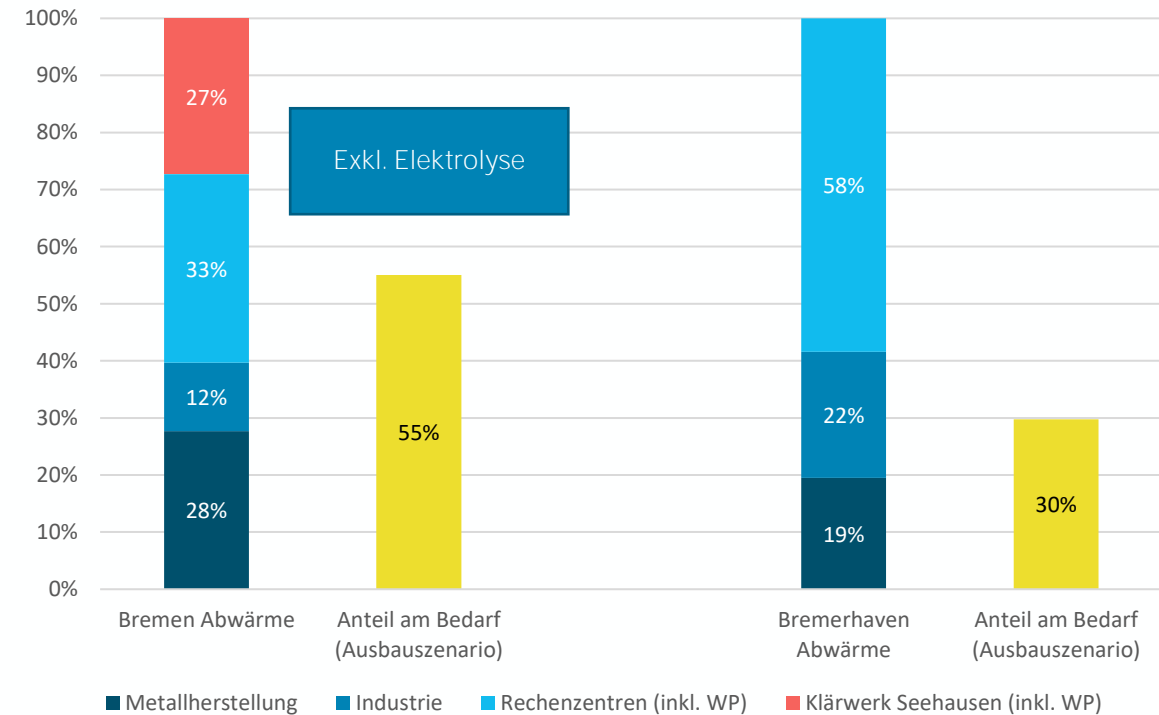
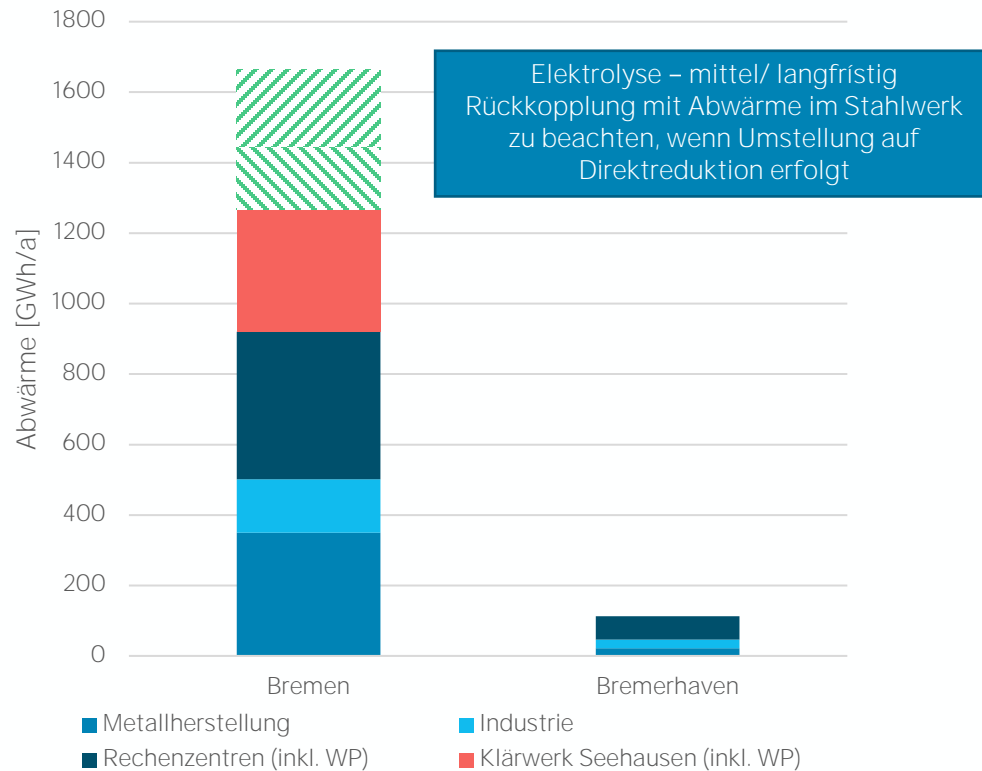
¹ swb AG (2021): Wasserstoffstrategie H2- in Bremen liegt der Schlüssel. <https://www.swb.de/ueber-swb/unternehmen/nachhaltigkeit/wasserstoff/elektrolyseur> (22.04.2021)

² Zwischenbericht der Enquetekommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“

- Bei der Umwandlung werden 20 % zur **Abwärmenutzung** angesetzt.
- Bei Betrieb mit Grünstrom sind bis 2030 rund 3.000 VLH anvisiert bei Kopplung an Erzeugungsprofil von Wind & PV ¹
- Schon 2030 bis zu 180 GWh/a als Abwärme zur Verfügung bzw. 20 MW übers Jahr bei Glättung des Profils über Pufferspeicher
- Entwicklung bis 2040:
 - Szenario 1: Bei 500 MW in 2040 über 4.000 VLH 400 GWh/a bzw. 45 MW übers Jahr bei Glättung des Profils über Pufferspeicher
 - Wasserstoffszenario: Bei 1 GW in 2040 über 4.000 VLH 400 GWh/a bzw. 90 MW übers Jahr bei Glättung des Profils über Pufferspeicher
- **Chance** für Bremen, Wasserstoff und **grüne Fernwärme** zu vereinen und in Kombination mit dem Stahlwerk eine Vorreiterrolle einzunehmen

¹ NOW GmbH (2018): Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme

Zusammenfassung der Abwärmepotenziale



- Einordnung nur nach **Größenordnung** und geografischer Lage möglich
- Anbindungsoptionen und **Temperaturniveaus** der Abwärme sollten **detailliert** erarbeitet werden
- Kühlung bzw. Einbindung ins Wärmenetz von **Umspannwerken** bei Planung von Stromnetzen prüfen

- **Thermische Abfallverwertung** hat bereits jetzt **großen Anteil an der Fernwärme** (siehe Bestandsaufnahme swb AG)
- Bremen:
 - MHKW Uni-Lehe 29 % Jahresnutzungsgrad, 205 GWh/a Fernwärmebeitrag¹
 - MKK Hafen 29 % Jahresnutzungsgrad, 79 GWh/a Fernwärmebeitrag¹
 - HKW Blumenthal (nicht an Fernwärmenetz angeschlossen, offenes Potenzial bis zu 130 GWh/a)²
- Bremerhaven:
 - MHKW BEG Bremerhaven 36 % Jahresnutzungsgrad, 200 GWh/a Fernwärmebeitrag³

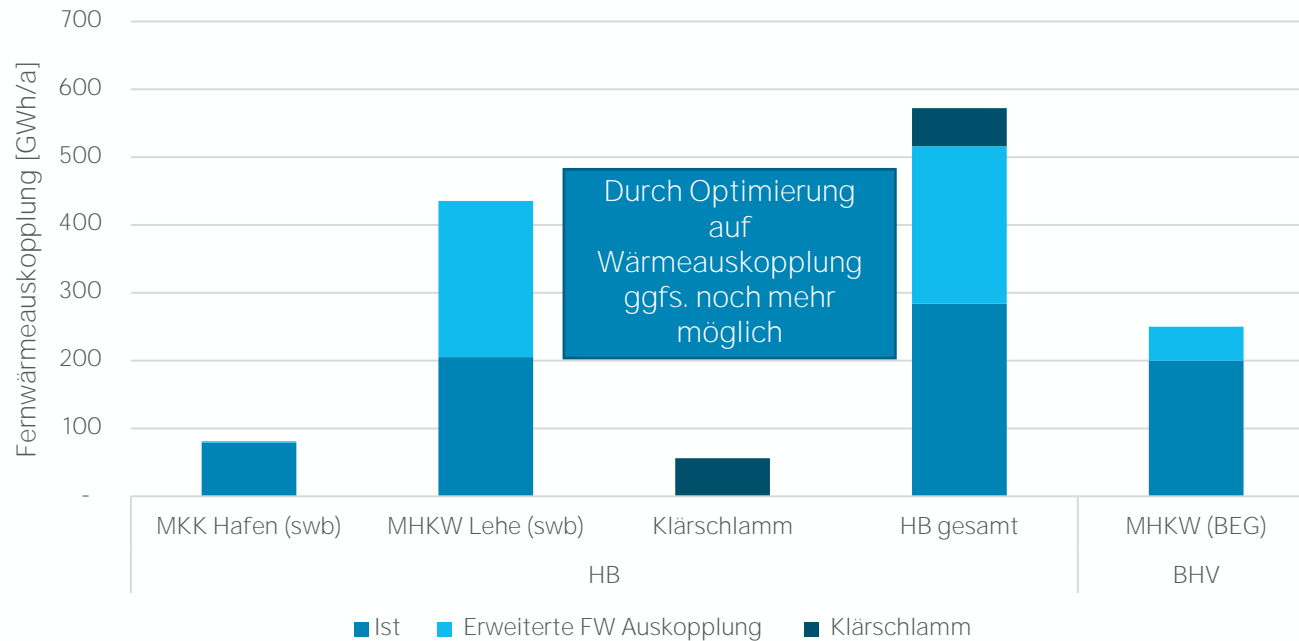
¹ swb AG (2020): Aktualisierte Umwelterklärung 2019. swb AG.

² Auskunft per Mail am 22.04.2021

³ Makonnen, A. (2020): Abfallwirtschaft – Beitrag als Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz ; Vortrag anlässlich der 4. Sitzung der **Enquetekommission “Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“**

- **Ausbau** der Fernwärmeauskopplung an allen bestehenden Standorten geplant:

- MHKW Uni-Lehe: zukünftig bis zu 435 GWh/a¹
- MKK Hafen: 81 GWh/a¹
- MHKW BEG Bremerhaven: bis zu 250 GWh/a²



- **Neubau:** Klärschlammverbrennungsanlage mit Durchsatz von 55.000 t_{TM}/a (1/3 der TM in Niedersachsen)³

Weiteres Potential: Wärmepumpe zur Nutzung der Abwärme im Rauchgas

- COP von bis zu 5,5 erreichbar
- Nutzung von Abwärmeströmen, die bisher nicht verwendet werden

¹ Auskunft per Mail am 15.04.2021

² Makonnen, A. (2020): Abfallwirtschaft – Beitrag als Kreislaufwirtschaft zum Klimaschutz ; Vortrag anlässlich der 4. Sitzung der **Enquetekommission “Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“**.

³ Gewerbeaufsicht des Landes Bremen (2020): Genehmigung nach BimSchG – KENOW GmbH & CO. KG Klärschlammverwertungsanlage.

Praxis

- [Rauchgasnutzung](#) als [Wärmequelle für Wärmepumpen](#) bietet weiteres Potenzial.
- Umsetzungen vor allem in Skandinavien:
 - Fiborna, Helsingborg, SWE
 - RENOVA in Göteborg, SWE
 - Vestforbrænding, DK
 - Amager Bakke, Kopenhagen, DK
 - Malmö, 2x 10 MW_{th}, DK
 - Linz, 15 MW_{th}, CHE
- Besonders [feuchter](#) Müll (z.B. Klärschlamm) eignet sich, um durch [Rauchgaskondensation](#) Wärme zurückzugewinnen
- Abfall mit hohem Gewerbeanteil in der Regel eher trocken
- 20-25 % der [Fernwärmeauskopplung](#) über Wärmepumpe und Rauchgaskondensation möglich

Recht

- Rechtliches Hindernis bisher: Kondenswasser aus [Hausmüllverbrennungsanlagen](#) darf nicht in ein Gewässer eingeleitet werden¹
- Entwurf zur Novellierung der 17. BImSchV beinhaltet bereits [Anpassung](#), die eine Anpassung im MHKW ermöglicht
- Alternativ: keine Einspeisung, sondern Rückführung in das [Speisewassersystem](#) (MVB Borsigstraße, Hamburg)

¹ Anhang 33 der Gewässerverordnung

Umsetzung

- Bei Einsatz von 10 % der ungenutzten Energieströme im MHKW könnten 100 GWh/a Abwärmennutzung realisiert werden
- Überschlägige Verteilung der Energie:
 - 60 % im Rauchgas
 - 40 % im Kondenswasser
- COP von bis zu 5,5 realisierbar¹
- **Fernwärmeeinspeisung** von über 100 GWh/a realistisch umsetzbar
- **Rechtliche Hindernisse** in Planung zu beachten
- Kopplung an MHKW Prozess bedingt Grundlastbetrieb
 - Wärmespeicherung zur Flexibilisierung der Einsatzmöglichkeit

¹ Moser, S., Tichler, R., Mayrhofer, J., Goers, S. (2017): FutureDHSsystem Linz. Energie Institut JKU Linz, AIT, Linz AG

- **Energiewirtschaftliche Kriterien**

- Entfernung zum Fernwärmenetz
- Geografische Lage, Ausrichtung (z.B. Hangflächen)
- Sinnvolle hydraulische Einbindung in das Fernwärmenetz
- Bodenpreis

- **Akzeptanzbezogene Kriterien**

- Konfliktpotenzial **Anwohner**: Wie ist die Entfernung und Ausrichtung zur nächsten Wohnbebauung oder Erholungsnutzung?
- Konfliktpotenzial **Gewerbe**: Gibt es eine direkte Flächenkonkurrenz zu anderen gewerblichen Nutzungen?
- Konfliktpotenzial **Naturschutz**: Wie ist der ökologische Wert der Flächen? Bestehen ökologische Aufwertungspotenziale und Ausgleichsmöglichkeiten?
- Konfliktpotenzial **Landwirtschaft**: Kann eine bestehende landwirtschaftliche Nutzung fortgesetzt werden, ggf. auf Ausweichflächen?
- Verfahrensbezogene Kriterien
 - Wo wird ohnehin gerade geplant?
 - An welche Planvorhaben kann ein Freiflächen-**Solarthermieprojekt** „angedockt“ werden?

- **Rechtliche Kriterien:**

Gibt es bestehendes Planrecht, z.B. ungenutzte Festsetzungen in Flächennutzungs- und Bebauungs-Plänen für PV-Flächen oder ungenutzte Gewerbe- und Industriegebiete in der Gemeinde?

- Wo kann Planrecht geschaffen werden?
- Wo gibt es rechtliche Ausschlussgründe für einzelne Flächen?
- Wo verfügt der Projektträger über Flächen in seinem Eigentum?

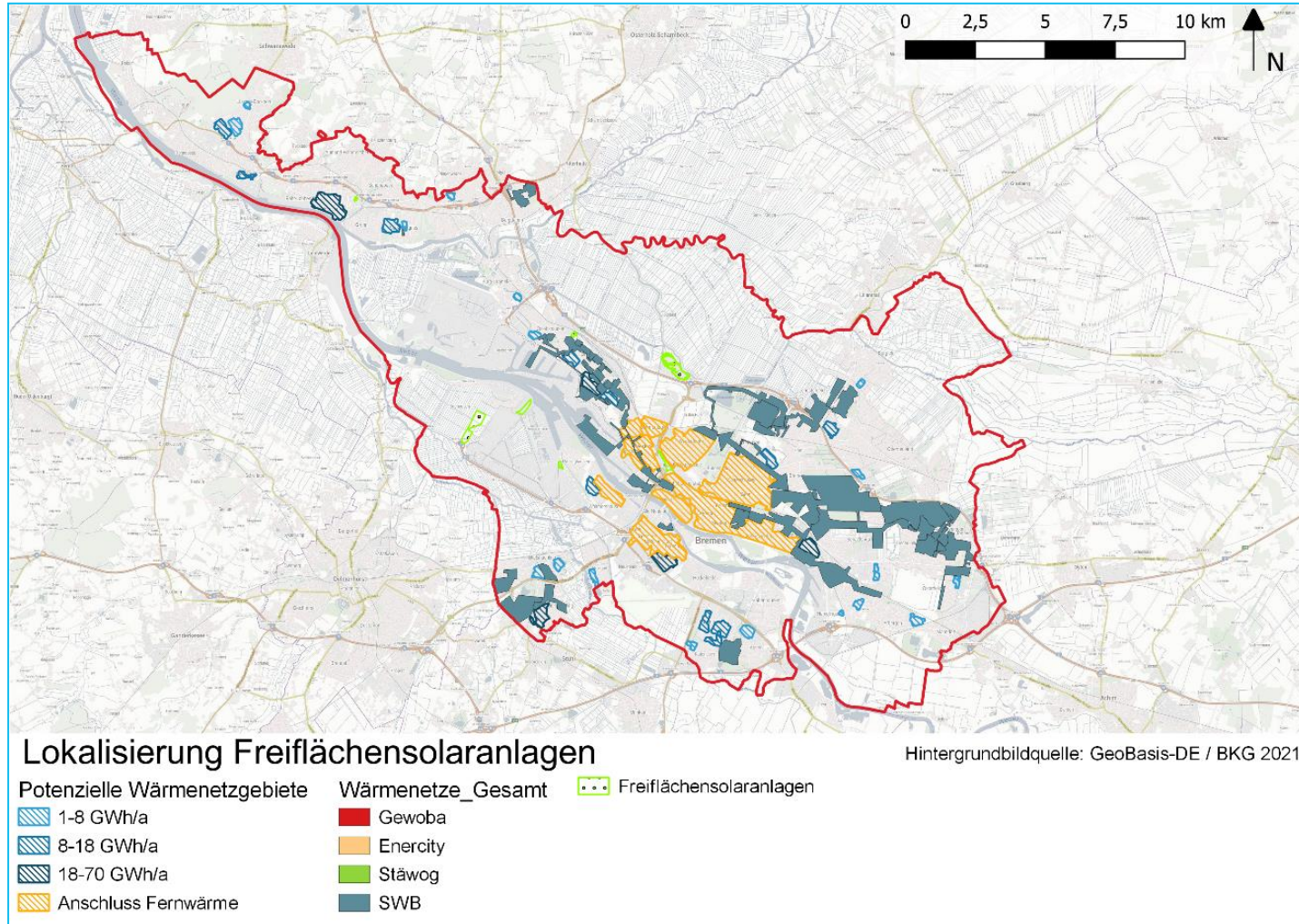
- In der Regel aus **ökologischer** Sicht **unproblematische** Flächen:

- Vorbelastete Konversionsflächen aus militärischer, gewerblicher oder ehemals wohnungsbaulicher Nutzung mit hohem Versiegelungsgrad
- Flächen entlang großer Verkehrswege (z.B. Autobahnen, Schienenwege)
- Intensiv bewirtschaftete Ackerflächen
- Deponien und Halden

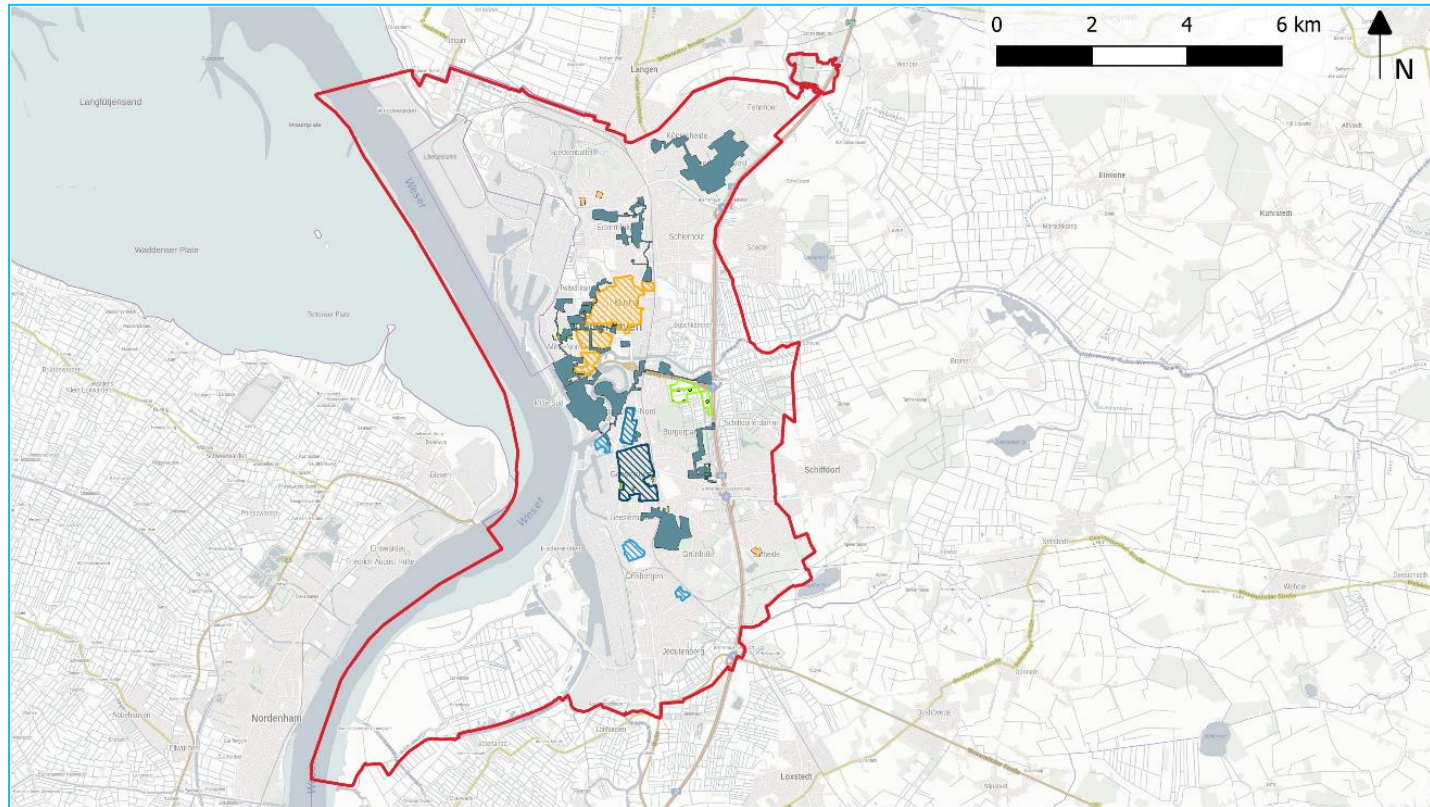
- In Absprache mit der Umweltbehörde wurde auf Basis des Berichts zur Integration von Solarenergie in die niedersächsische Energielandschaft, der vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz in Auftrag gegeben wurde, eine Reihe an Raumwiderständen für die Ermittlung von Solarthermiefreiflächenanlagen ermittelt:

Sehr hoher Raumwiderstand	Hoher Raumwiderstand	Mittlerer Raumwiderstand	Geringer Raumwiderstand
<ul style="list-style-type: none"> Naturschutzgebiete Nationalparks Biosphärenreservate: Kernzone FFH-Gebiete Wasserschutzgebiete Zone I Gewässerrandstreifen Gewässer und Nordsee Wälder und Forsten Infrastruktur (Schienen, Straßen, Autobahnen) Flughäfen Topografie (Hangneigung und Ausrichtung) Verschattungsflächen um Wälder und Gehölze 	<ul style="list-style-type: none"> Biotopverbund: Funktionsräume Wald und halboffene Landschaft (wenn kein Ackerstandort) Landschaftsbildbewertung sehr hoch (obere 33 %) Extensivgrünland Ackerland (hohe bis äußerst hohe Bodenfruchtbarkeit) Vorkommen gegenüber PV-FFA empfindlicher Vogelarten außerhalb von Schutzgebieten Rast- und Nahrungsflächen überwinternder nordischer Gastvögel Hochwasser-Gefahrengebiete (HQ100 und HQ häufig) 	<ul style="list-style-type: none"> Landschaftsschutzgebiete Biosphärenreservate: Pflege- und Entwicklungszone Historische Kulturlandschaften Niedersachsens Landschaftsbildbewertung mittel (mittlere 33 %) Wasserschutzgebiete Zone II Vogelschutzgebiete ohne PV-FFA sensible Arten Ackerland innerhalb des Biotopverbundes 	<ul style="list-style-type: none"> Ackerland auf ertragsarmen Böden außerhalb der genannten Flächenkategorien Landschaftsbildbewertung gering (untere 33 %) Wasserschutzgebiete Zone III A und B Grünland außerhalb der genannten Flächenkategorien
<div style="background-color: #e67e22; color: white; padding: 10px; border-radius: 15px; display: inline-block;">Ausschlussbereich</div>			

- Nach Absprache mit der Umweltbehörde sind Potenziale nur da anzusetzen, wo dem Vorhaben nur höchstens ein **geringer Raumwiderstand** entgegensteht.
- Weitere angelegte Kriterien:
 - Ausschluss von kleinen Flächen unter 5 ha
 - Ausschluss von Gewerbegebieten
 - Ausschluss von schmal Randstreifen, da Hydraulik problematisch
- Freiflächen aus dem Solaratlas konnten aus folgenden Gründen nicht weiter verfolgt werden:
 - Flächen zu klein angesetzt
 - Flächen überschneiden sich mit Gewässern
 - Überlagerung von Kleingärten
 - Überlagerung von Flughafen & sonstiger bestehender Infrastruktur



- GIS-Auswertung auf Basis
 - Solarkataster
 - FNP
 - Vorgaben der Umweltbehörde zu Naturschutzbelangen
- Stadt Bremen: 86 ha bzw. 172 GWh/a (Annahme $200 \text{ kWh/m}^2_{\text{Freifläche}}$)
 - Synergie mit Klärwerk in Seehausen zur Klärschlamm-trocknung



Lokalisierung Freiflächensolaranlagen

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

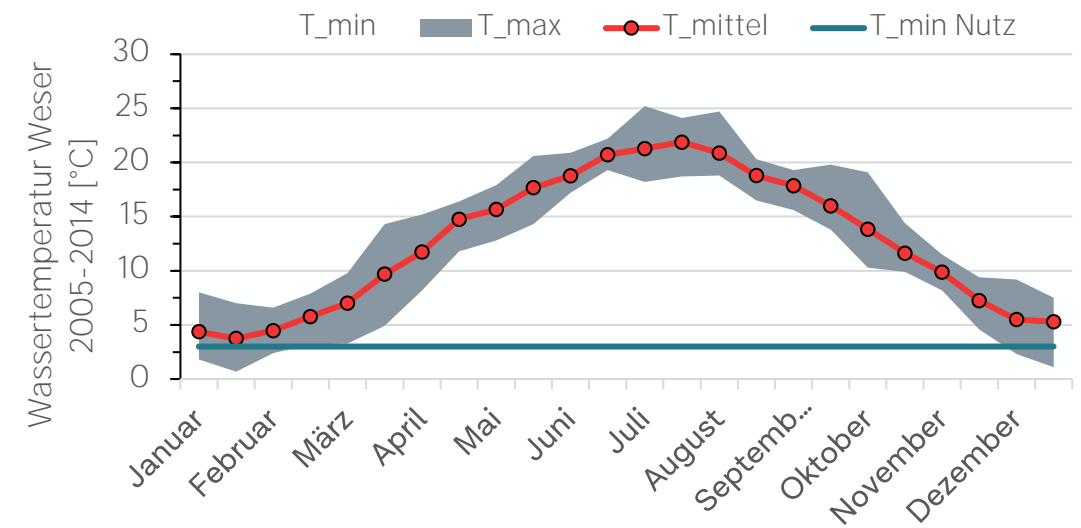
Potenzielle Wärmenetzgebiete	Wärmenetze im Bestand	Freiflächensolaranlagen
1-8 GWh/a	Gewoba	Freiflächensolaranlagen
8-18 GWh/a	Enercity	
18-70 GWh/a	Stawog	
Anschluss Fernwärme	SWB	

- GIS-Auswertung auf Basis
 - Solarkataster
 - FNP
 - Vorgaben der Umweltbehörde zu Naturschutzbelangen
- Stadt Bremerhaven: 24 ha bzw. 48 GWh/a (Annahme $200 \text{ kWh/m}^2_{\text{Freifläche}}$)
- Große Flächen im Bereich des **MHKW** besonders interessant
 - Direkte Netzanbindung senkt Kosten zur Einbindung

- Flächen der swb AG in Ausschlussgebieten nicht als Potenziale erfasst
- Nur wenige Flächen unbeplant / konform mit Anforderungen der Umweltbehörde
- **Lösungsansätze:**
 - Flächensuche im **Dialog** gestalten
 - **Multicodierung** von Freiflächen als Möglichkeit, Naturschutzaspekten gerecht zu werden
 - Ermittlung von **Konversionsflächen** im Rahmen der Dekarbonisierung (Öltanks / Kohleumschlagsplätze)
 - Stadtplanerische Ansätze zur **Ausweisung** von Flächen
- Konkurrenz durch **MHKWs** und **Abwärme**
 - **Saisonale Speicher** zur Einbindung notwendig

- **Technische Bedingungen:** Wasserdurchfluss und -temperatur im Jahresverlauf, mind. 3-5 °C Entnahmetemperatur (quasi nie unterschritten)
- **(Genehmigungs-)Rechtliche Bedingungen:**
 - Schutz von Gewässereigenschaften und Fischen
 - Je Gewässerabschnitt beträgt der Gesamtentzug bezogen auf Referenzabfluss der Weser **max. 3 K**
 - Je Wärmepumpen-Anlagenstandort **max. 1 K**
 - Bezogen auf Entnahmestrom: **Differenz zwischen Entnahme und Einleitung max. 10 K**
- Temperatur-Jahresverlauf (Mittelwerte sowie Minimal- und Maximalwerte 2005 bis 2014)¹
 - Winter: Dezember bis Februar
Ø ΔT 3,9 K
 - Übergang: März und November
Ø ΔT 7,5 K
 - Rest: April bis Oktober
Ø ΔT 10 K (durch rechtl. Vorgaben)
- Mittlerer Durchfluss \dot{q} : 294 m³/s

Wesertemperaturen in den letzten 10 Jahren ganzjährig ausreichend!



¹ Daten der Messstation Hemelingen, online verfügbar unter http://undine.bafg.de/weser/guetemesststellen/weser_mst_hemelingen.html (02.04.2021)

- **Grundlast:** Auslastung Flusswärmepumpe 90 % (etwa 7.900 Volllaststunden VLH)
- **Mittellast:** Auslastung Flusswärmepumpe 40 % (etwa 3.500 VLH)
- Je WP à 10 MW_{th}: ca. 35 bis 80 GWh/a Wärmeerzeugung bei max. 0,13 % Entnahme aus Weser

Entnahmemenge		Entzugs- potenzial P _{Weser} [MW]	Wärmeleistung P _{WP} (COP 2,5) [MW _{th}]	Wärme- potenzial [GWh/a] 7.900 VLH	Wärme- potenzial [GWh/a] 3.500 VLH
% Gesamt- abfluss MNO=294 m ³ /s	absolut [m ³ /s]				
0,06%	0,18	3	5	39,42	17,52
0,13%	0,37	6	10	78,84	35,04
0,19%	0,55	9	15	118,26	52,56

Entnahmerate sollte max. 5 % betragen (Einhaltung rechtl. Bedingungen)

Stand der Technik: 10 MW_{th}

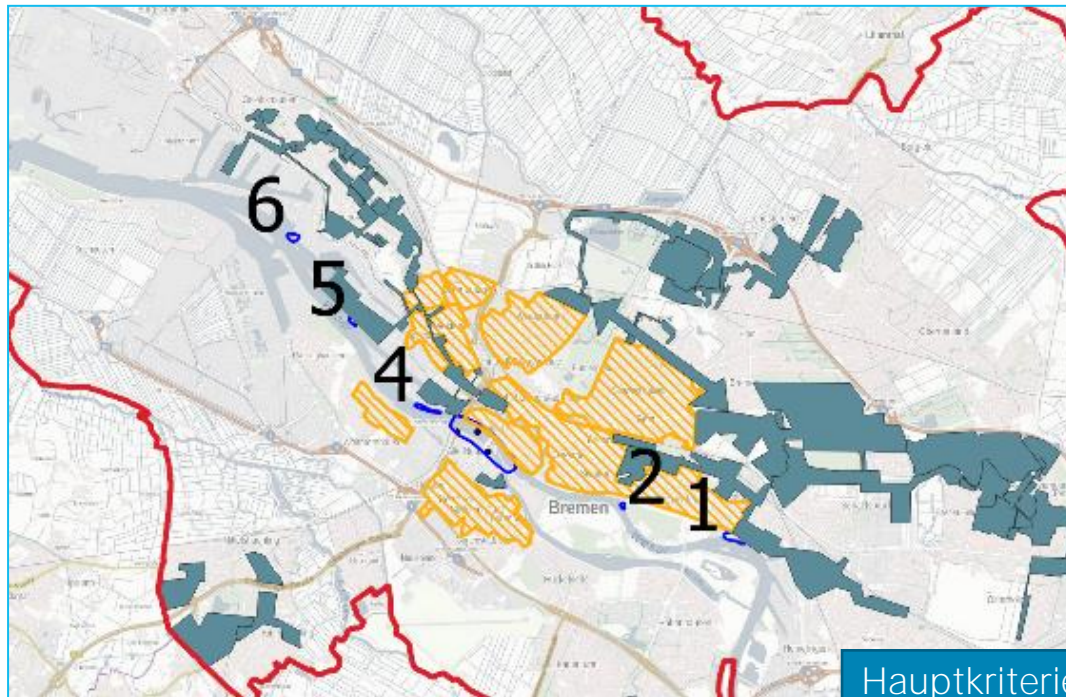
Mögliche Entnahmestellen Flusswasser-WP: mehrere Weser-Wärmepumpen installierbar



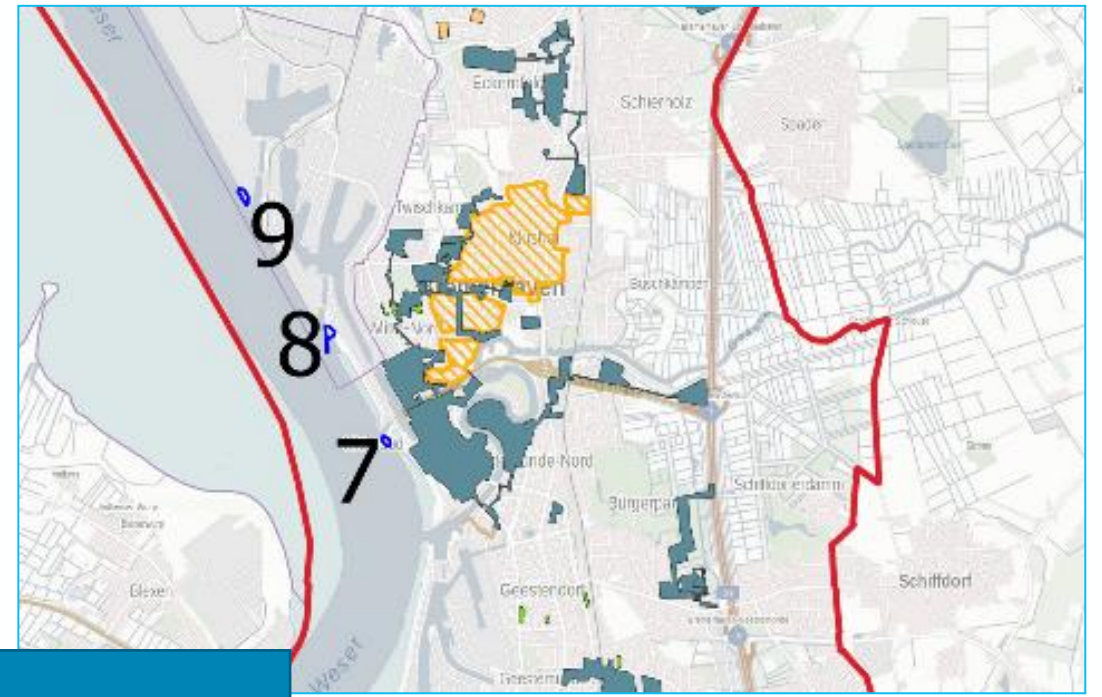
AVERDUNG



- **Bremen:** etwa 6 mögliche Entnahmestellen im Bereich des FW-Gebiets; **Entnahmetiefe etwa 2-3 m neben Fahrrinne , in Fahrrinne: bis 10 m**



- **Bremerhaven:** etwa 3 mögliche Entnahmestellen; Wassertiefe nur in Fahrrinne ausreichend (**Tiefe 5 bis 10 Meter**)



Hauptkriterien:

- ausreichende Wassertiefe
- Anbindung Wärmenetz (Ausbau)
- Aufstellfläche an Land



- Weser ist bis auf wenige Ausnahmen ganzjährig nutzbar
- **Umweltrechtliche Einschränkungen** greifen erst weit oberhalb des integrierbaren Potenzials
- Rückkühlung der Weser tendenziell mit positivem Effekt auf Gewässerqualität
- **Entnahmestellen** in Reichweite zu bestehenden Netzen und Ausbaugebieten
 - Vorteile bei Nutzung bestehender Wasserentnahmestellen
 - z.B. Kühlwasserentnahme Hastedt
- Zukunftsweisende Technologie mit **langfristiger Perspektive**

- Auswertung nur auf Basis von Landes- und Landkreisdaten möglich
- Biomasse, die zur energetischen Verwertung **technisch** zur Verfügung steht
 - Wirtschaftliches Potenzial durch begrenzte lokale Märkte nur durch Detailuntersuchungen ermittelbar
- **Konkurrenz** zu anderen Biomassenutzungen
 - Umsetzungsplanung muss aktuelle Konkurrenznutzungen in der Region einbeziehen
- Einsatzbereich in **Spitzen- und Mittellast**
 - Aufgrund hoher Verbrennungstemperaturen vor allem zur Dekarbonisierung von Industrieprozessen geeignet
 - Biomasse sollte in der Fernwärme nur bei technischer Notwendigkeit zum Einsatz kommen
 - Gute Eignung zum Temperaturhub im Netz
 - Grundlast sollte durch Abwärme / MHKW gedeckt werden, um technisch begrenztes Potenzial an Biomasse nicht auszureizen

Ertragsdaten

Theoretisches
Potenzial

Bergungsrate / Nutzung
vor Ort

Technisches
Potenzial

Verkaufsbereitschaft /
Preis

Verfügbares
(wirtschaftliches)
Potenzial

- Wiedervernässung von trockengelegten Mooren und Kultivierung von Halmgut
- Globaler Effekt:
 - Natürliche Senke für CO₂ bei Wiedervernässung
- Lokale Effekte:
 - Verbesserung des Wasserhaushalts
 - Kühlung der Umgebung durch Verdunstung
 - Wirtschaftliche Auslösung der Flächen aus der landwirtschaftlichen Nutzung
 - EU-Förderung in der Diskussion



Grafik: 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.¹

¹ 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V. (2021): <https://www.paludikultur-niedersachsen.de/impressum.html> (04.06.2021)

- Möglicher **Schilfertrag** im Mittel 25 MWh/ha a (Heizwert: 5 kWh/kg TM)¹
- **Torfabbau** in Niedersachsen in 2012 auf 11.500 ha²
- **Technisches** Potenzial von bis zu 287 GWh/a durch Schilfgewächse alleine auf **Torfabbauflächen**, die im Rahmen von Klimaschutzprojekten wiedervernässt werden könnten



Grafik: 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V.³

¹ Dahms, T., Oehmke, C., Kowatsch, A., Abel, S., Wichmann, S., Wichtmann, W. (2017): Halmgutartige Festbrennstoffe aus nassen Mooren. Greifswald Moorzentrum

² Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2016): Programm niedersächsische Moorlandschaften

³ 3N Kompetenzzentrum Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie e.V. (2021): <https://www.paludikultur-niedersachsen.de/impressum.html> (04.06.2021)

Potenziale Biomasse



AVERDUNG



Umstellung Kraftwerk Farge zu beachten

	sonstige Biomasse				
	Altholz ^{1,2} [GWh/a]	Industrierestholz ^{1,2} [GWh/a]	Ungenutzter Holzzuwachs ^{1,2} [GWh/a]	Bio und Grünabfälle ^{1,2} [GWh/a]	Paludikultur nach Torfabbau [GWh/a]
NDS	4.030	860	4.110	800	287
Bremen	392	NV	NV	51	-
Summe	4.422	860	4.110	851	287

- Landesscharfe Auswertung
- Biomasseenergie, die zur energetischen Verwertung nach Aufbereitung **technisch** zur Verfügung steht
- **Konkurrenz** zu anderen energetischen Biomassenutzungen ist zu beachten
- Einsatzbereich in Spitzen- und Mittellast

¹ Agentur für Erneuerbare Energien (2013): Bioenergie in den Bundesländern – Teilkapitel Niedersachsen

² Agentur für Erneuerbare Energien (2013): Bioenergie in den Bundesländern – Teilkapitel Bremen

Potenziale Biomasse (Stroh)



AVERDUNG



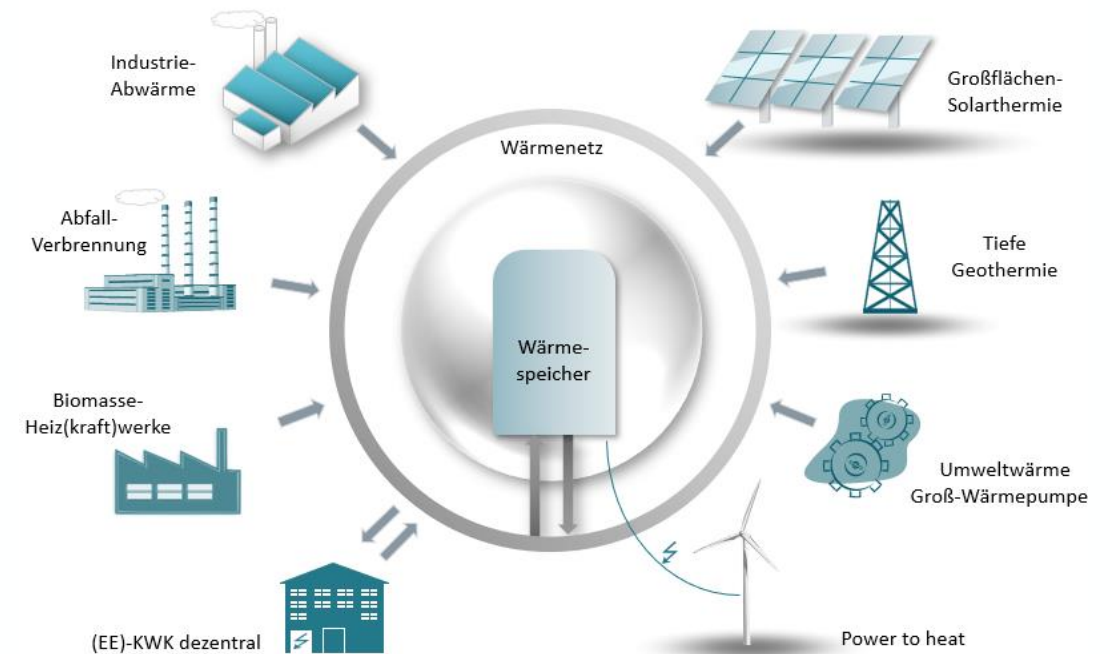
Stroh, nachhaltiges Potential¹

	Min.	Max.	Mittlerer Anteil NDS _{max}
	[GWh/a]	[GWh/a]	
Bremerhaven	61	66	1%
Bremen	934	1.047	13%

- **Landkreisscharfe** Auswertung der an Bremerhaven und Bremen angrenzenden Landkreise (inkl. Rotenburg (Wümme))
- Biomasse, die im Sinne einer ausgeglichenen Humusbilanz nachhaltig von den Feldern in den Energiesektor überführt werden kann
- Min. / max. auf Basis **unterschiedlicher Bilanzierungsmethoden** (dynamisch und statisch)
- **Konkurrenz** zu anderen energetischen Biomassennutzungen ist zu beachten
- Einsatzbereich in Spitzen- und Mittellast

¹ Zeller, S., Weise, C., Hennenberg, K., Reinicke, F., Schaubach, K., Thrän, D., Vetter, D., Wagner, B. (2011): Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung landwirtschaftlicher Reststoffe zur Bioenergiebereitstellung. Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum gGmbH (DBFZ).

- In der Fernwärme steht ein tiefgreifender **Strukturwandel** bevor
 - **Ablösung** fossiler KWK
 - **Ersatz** durch verschiedene EE-Wärme-Erzeuger
 - Wärmepumpe
 - Solarthermie
 - Geothermie
 - Abwärme
 - Biomasse
- Einbindung eingeschränkt regelbarer Wärmequellen kann über (saisonale) Wärmespeicher optimiert werden, um ganzjährig oder saisonal anfallende Wärmemengen im Winter zu integrieren.



Warum Wärme saisonal speichern?



AVERDUNG

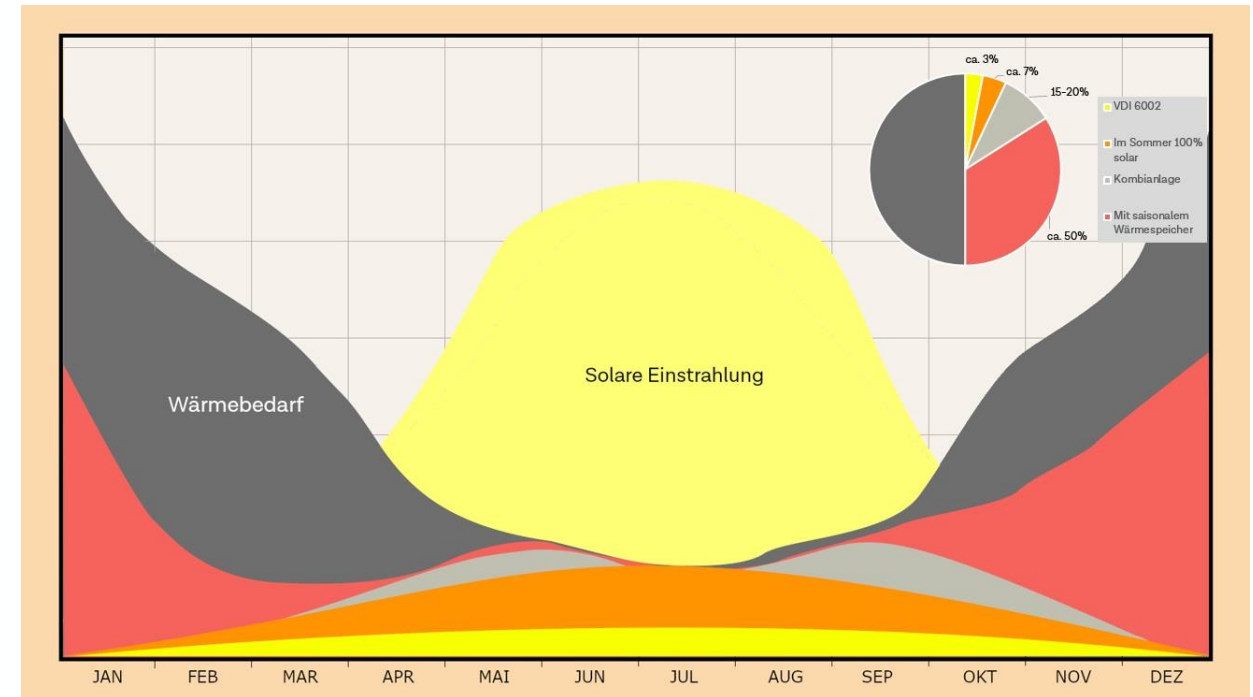


- Saisonale Wärmespeicher

- Erhöhen den EE-Anteil und flexibilisieren Angebot und Nachfrage (Wärme- und Stromsektor)
- Steigern die Effizienz (z.B. Solarthermie/Wärmepumpe)
- Können (teilweise) fossile Wärmeerzeuger ersetzen

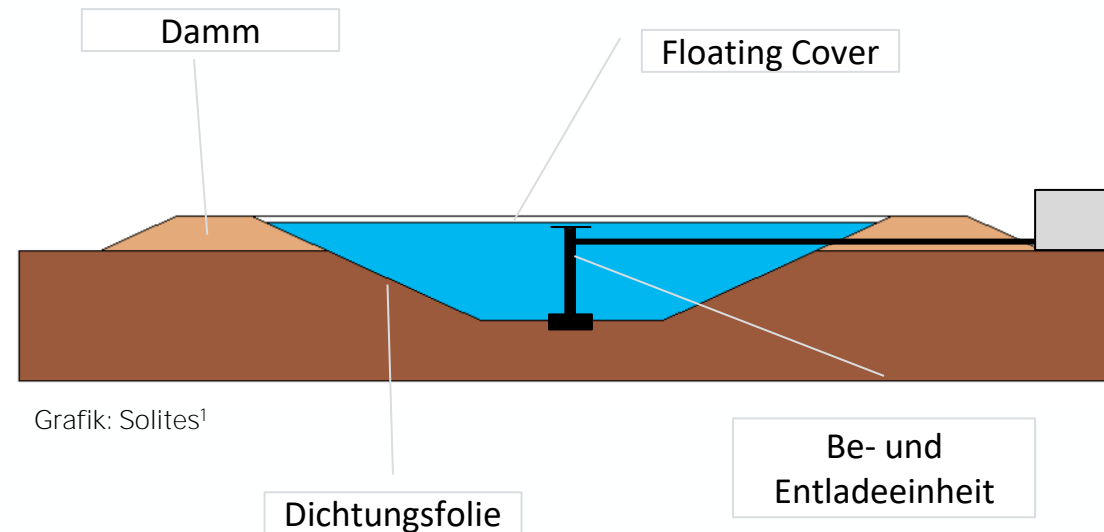
- Bauarten

- Erdbecken
- Aquifer
- Konversionsnutzungen (alte Öltanks z.B. im Hafen)



Grafik: Hamburg Institut

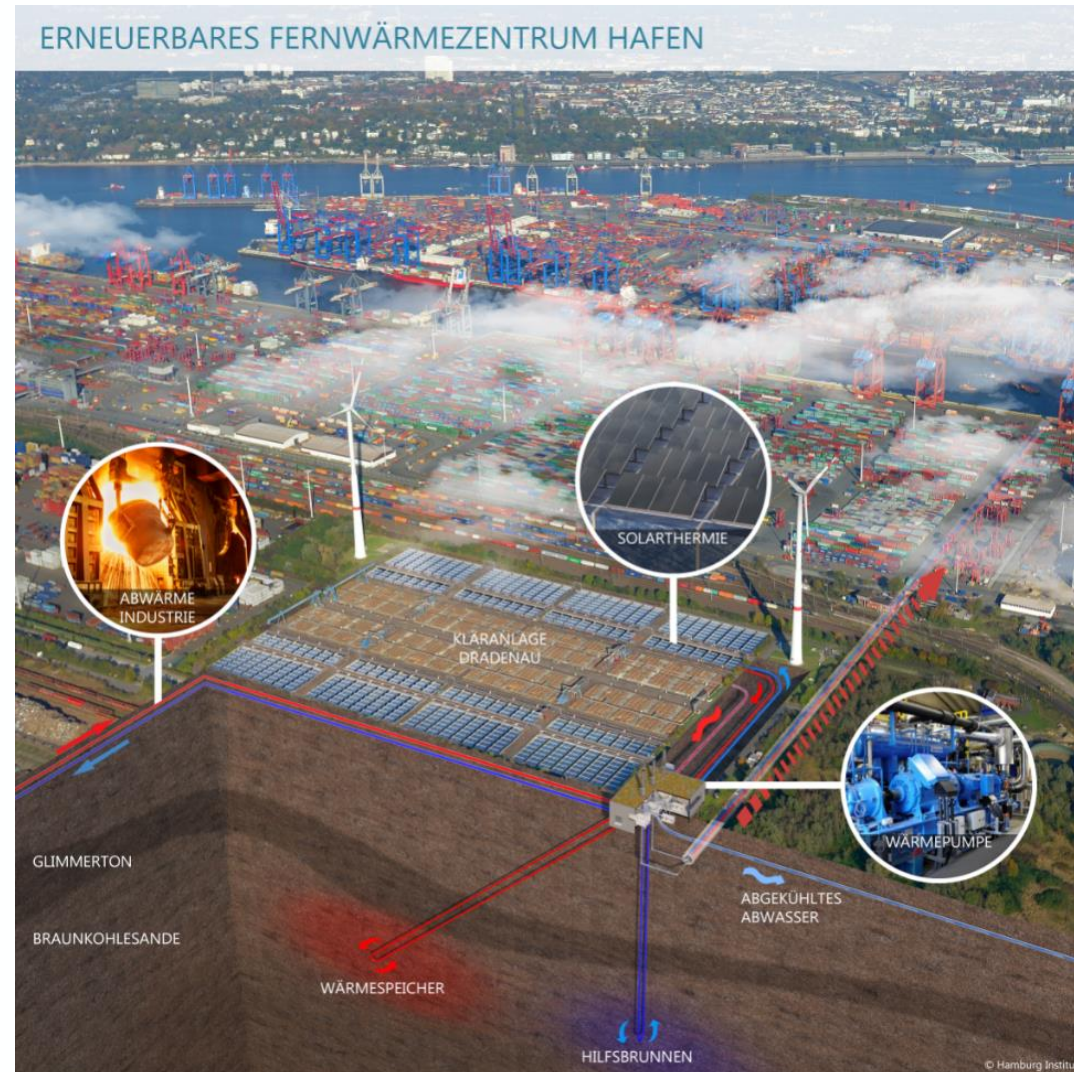
- Große Kapazität
- Große Leistung, schnelle Be- und Entladung
- >> Eignung als Multifunktionsspeicher
- Wasser als Wärmespeichermedium (Schichtung, Speicherdichte)
- Grundsätzliche Eignung, große Energiemengen kostengünstig zu speichern



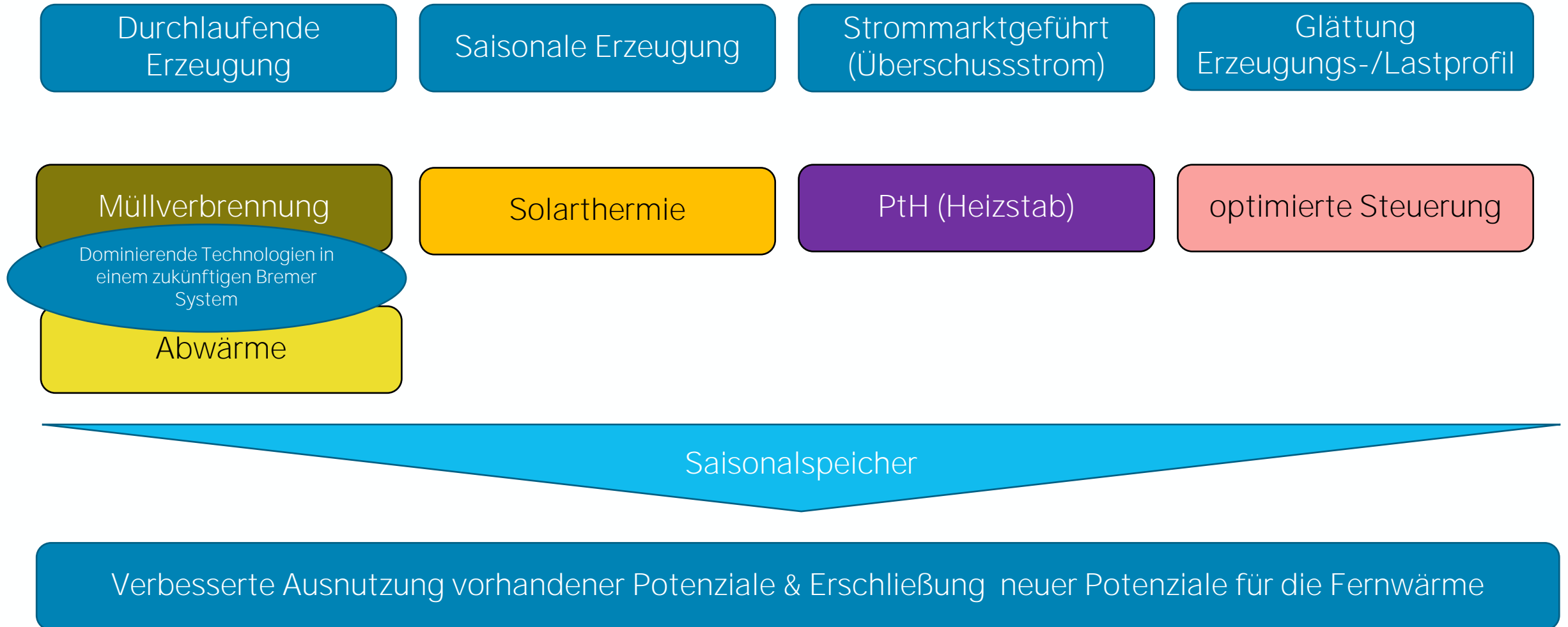
- Hoher Flächenbedarf / Ästhetik
- Lebenszeit der Dichtungsfolien / Floating Cover in Demonstrationsphase (max. 90°C)
- Hohe Abhängigkeit von Grundwasserstand und Untergrundbeschaffenheit

¹Pauschinger, T. (2015): Technik und Wirtschaftlichkeit solarthermischer Großanlagen. Solites.

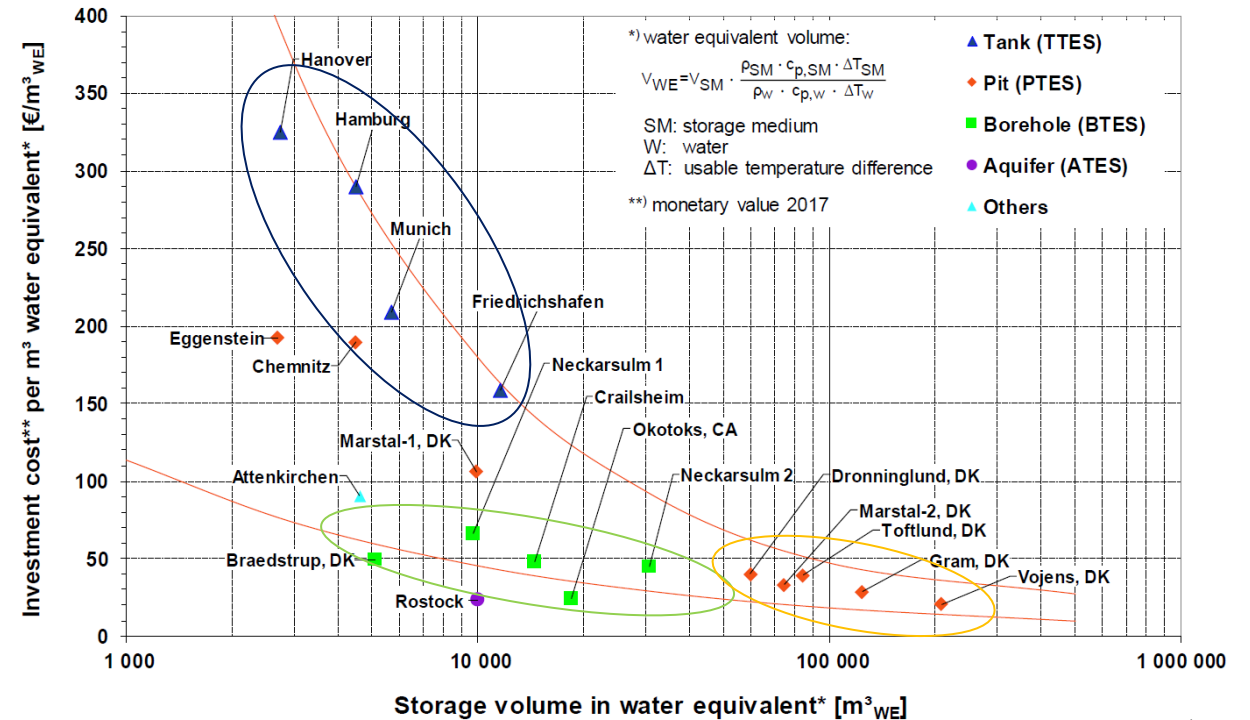
- Sehr geringer Platzbedarf
- Hohe Kapazität
- Sehr kostengünstig



- Ungünstiges Investitionsprofil
- Wenig Erfahrung im Hochtemperatur-Bereich
- Keine „standardisierten“ Genehmigungsverfahren



- Investitionskosten
 - Je größer desto günstiger...
 - Oberirdische Tankspeicher: 150-350 €/m³
 - Erdsonden-Wärmespeicher: 30-75 €/m³
 - Erdbeckenwärmespeicher: 25-50 €/m³
 - Aquiferwärmespeicher: < 50 €/m³
- Kosten unterscheiden sich stark je nach Bauform und resultierender Maximalgröße



Grafik: Solites¹

¹Pauschinger, T. (2015): Technik und Wirtschaftlichkeit solarthermischer Großanlagen. Solites.

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- [Ansatz für eine klimaneutrale Transformation](#)
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

Annahmen zum Transformationsansatz



AVERDUNG



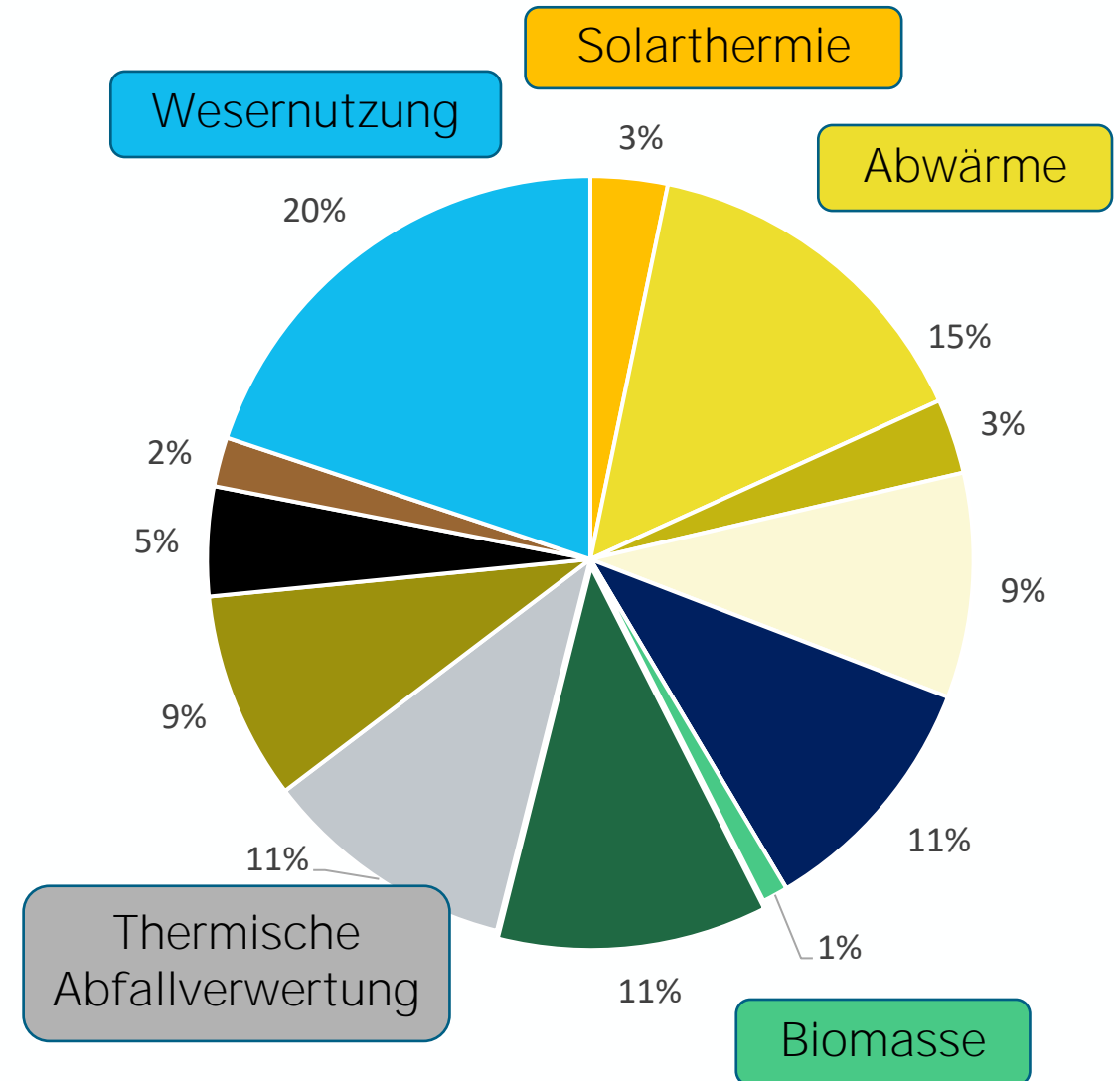
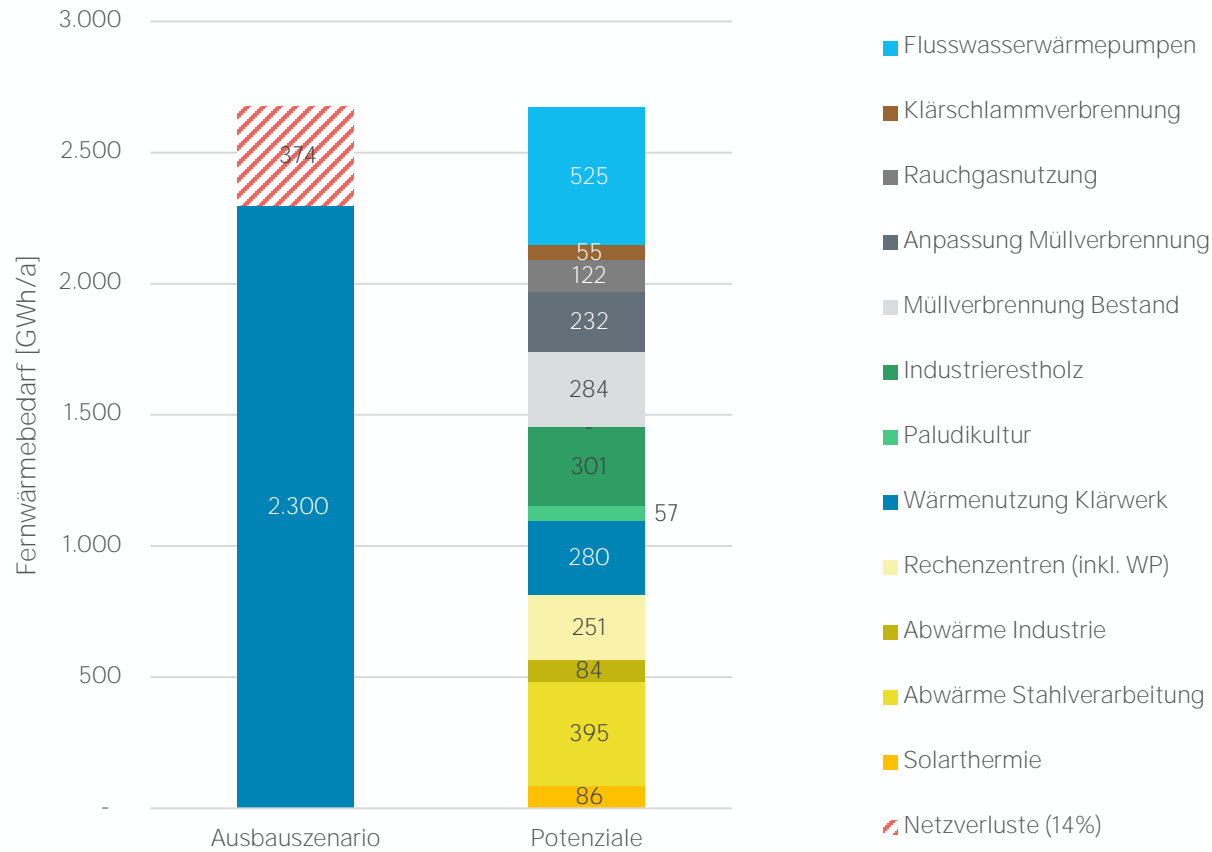
HAMBURG
INSTITUT

			Stadt Bremen		Stadt Bremerhaven	
Solarthermie			50 %		50 %	Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
Abwärme	Abwärme Stahlverarbeitung		65 %		30 %	Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
	Abwärme Industrie		55 %		30 %	Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
	Rechenzentren (inkl. WP)		60 %		30 %	Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
	Wärmenutzung Klärwerk		100 %			Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
Biomasse	Stroh					
	Paludikultur		20 %		10 %	Nutzungsfaktor des technischen Potenzials
	Industrierestholz		35 %			Nutzungsfaktor des technischen Potenzials
	Ungenutzter Holzzuwachs					
Thermische Abfallverwertung	Müllverbrennung Bestand		100 %		100 %	Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
	Anpassung Müllverbrennung		100 %		100 %	Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
	Rauchgasnutzung über WP		122 GWh/a			Ausbauannahme
Klärschlammverbrennung			100 %			Nutzungsfaktor des ermittelten Potenzials
Flusswasserwärmepumpe (3.500 VLH)	Modularer Zubau an Entnahmestellen		15		3 Anzahl	
			10 MW		10 MW Leistung thermisch je Wärmepumpe	

Verschnitt Potenziale und Bedarf Stadt Bremen



AVERDUNG



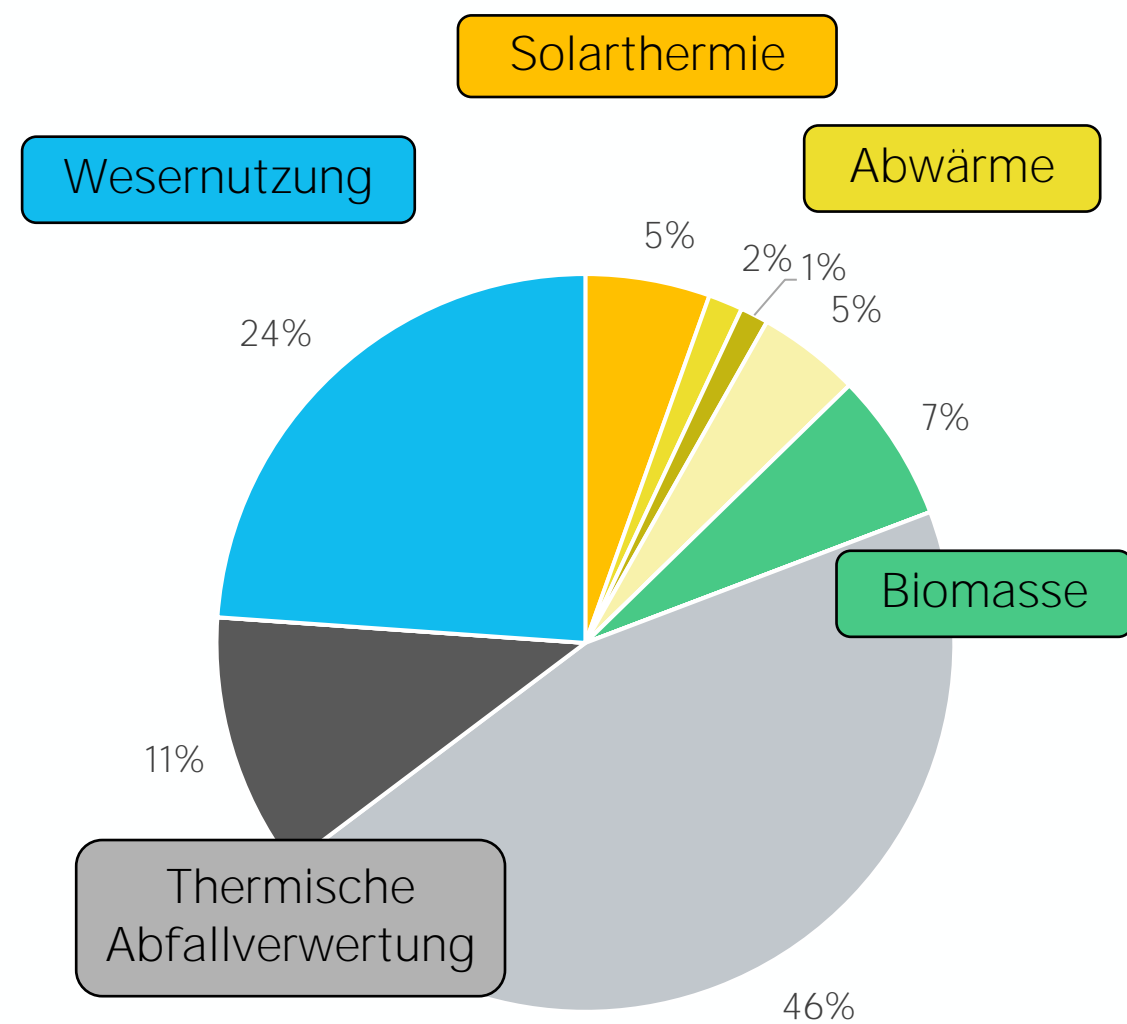
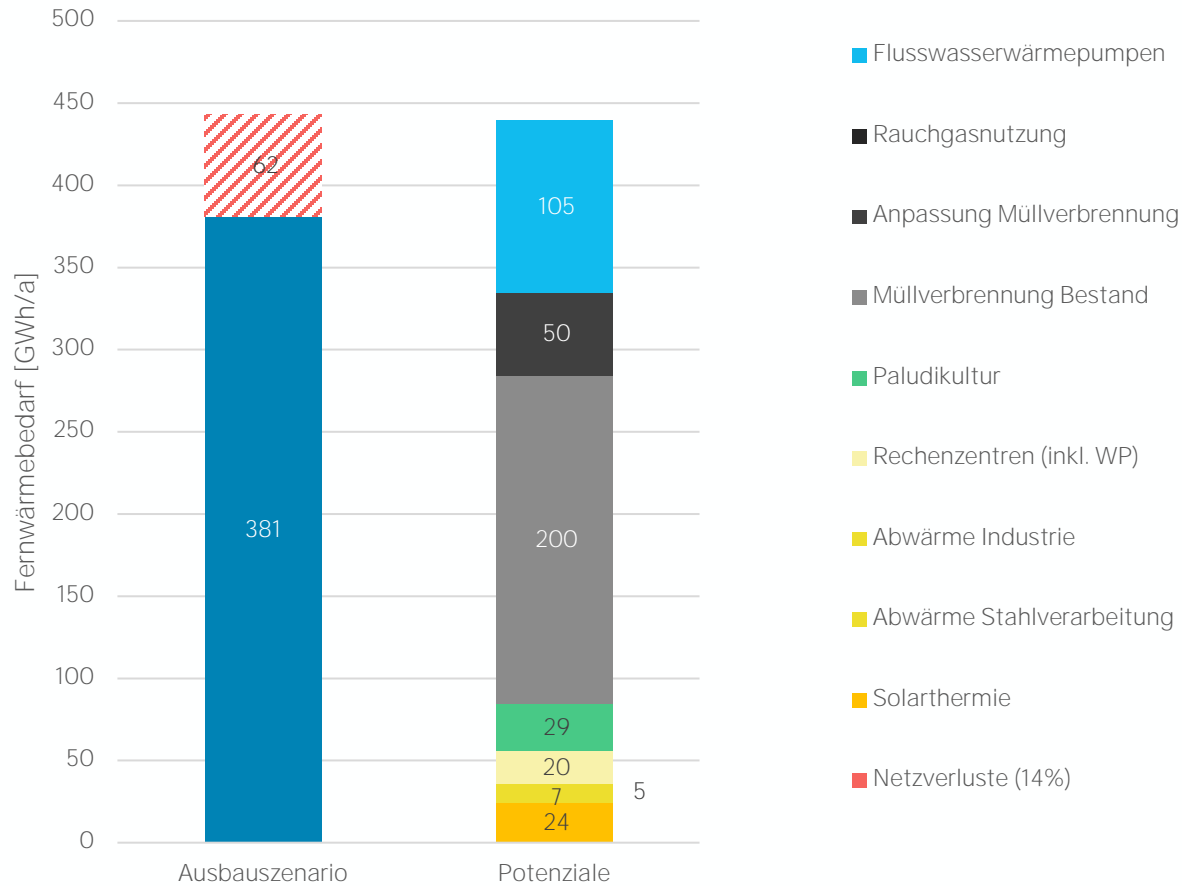
Verschnitt Potenziale und Bedarf Stadt Bremerhaven



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



- Ermittelte Potenziale reichen nach überschlägigen Berechnungen aus, um eine klimafreundliche Versorgung technisch zu ermöglichen.
- Aktuelle Potenziale reichen aus, um **gesamte mögliche Absatzmenge** mit klimafreundlichen Alternativen zu decken.
- Auch ohne Einbezug von **Sanierungseffekten** (worst case) kann die Fernwärmeerzeugung **klimaneutral gestaltet** werden.
- Voraussetzung:
 - Erschließung **der neuen Absatzgebiete**
 - Ausbau **klimaneutraler Erzeuger**
 - Erschließung von **Abwärmequellen**
 - **Anpassung der Netztemperaturen** an klimafreundliche Erzeuger, die wie Wärmepumpen und Solarthermie stark von der benötigten Vorlauftemperatur abhängig sind

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- **Indikative Wärmegestehungskosten Technologien**
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

Investition

- Förderung von 40 % der **Investitionskosten**¹

Betrieb

- Entfallen der **EEG-Umlage** für PtH Technologien (Wärmepumpe und Heizstab)
- **Betriebsförderung** für Wärmepumpen und Solarthermie über 10 Jahre¹
 - WP: max. 7 ct/kWh_{th} (abh. Von JAZ)
 - Solarthermie: 2 ct/kWh_{th}

CO₂-Bepreisung

- Anstieg des EU ETS Preises in den kommenden Jahren
 - 40 – 100 €/t in 2030²
 - 70 – 200 €/t in 2040³

¹ Pehnt, M. (2020): Bundesförderprogramm Effiziente Wärmenetze (BEW). Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.

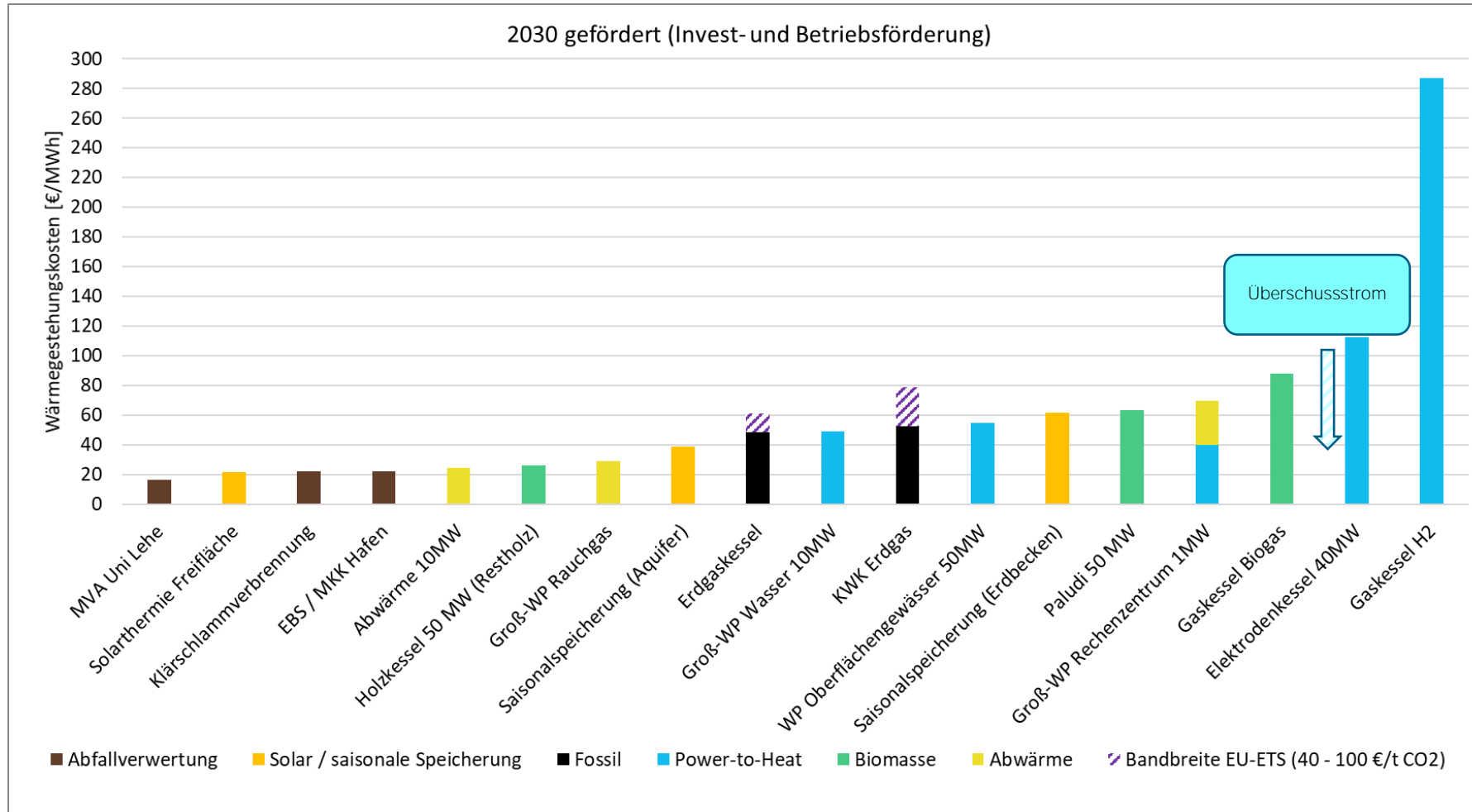
² basierend auf eigenen Annahmen und Hermann, H., Matthes, F., Keimeyer, F. (2021): Konzept für die Einführung eines CO₂-Mindestpreises im Stromsektor in Deutschland

³ basierend auf eigenen Annahmen und Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2020): Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität

- Berechnung unter Einbezug der Förderung und auf Basis von¹
 - Kalkulationszins 6 %
 - Einbezug typischer Lebensdauer und VLH
 - Einbezug fixer und variabler Betriebskosten
 - KWK-Fahrweise und Vergütung auf Basis von¹ und eigenen Annahmen
- Wärmegestehungskosten aus Anlagen der thermischen Verwertung auf Basis von²
 - Annahme leicht steigender Kosten auf Grund angepasster Fahrweise und Zwischenlagerung
- Kostenansatz zur Saisonalspeicherung
 - Eigene Berechnung auf Basis von¹
- Rechenzentren werden mit Erschließung der Abwärme und Wärmepumpennutzung beaufschlagt

¹ Prognos, Hamburg Institut (2020): Perspektive der Fernwärme

² Sandrock, M., Maaß, C., Weisleder, S., Kaufmann, C., Fuß, G., Sorensen, P., Jensen, Radmann, K: (2016): Erneuerbare Energien im Fernwärmenetz Hamburg. Hamburg Institut, PlanEnergie, Consulauqa.



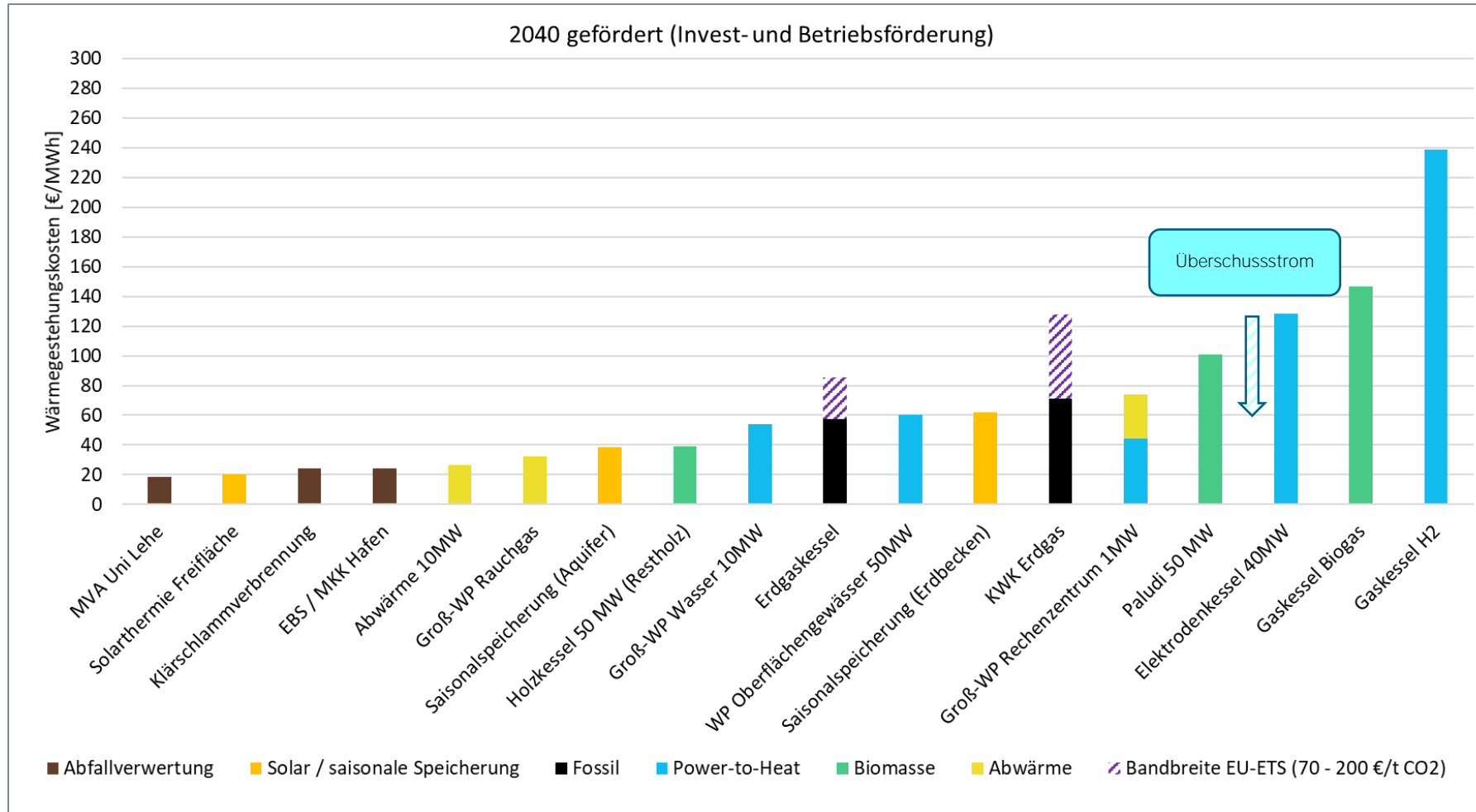
Planungsrisiko: hohe Bandbreite an CO₂-Preisen

Referenzsystem (fossil) wird immer unwirtschaftlicher

EE-Erzeugung bereits 2030 wirtschaftlich im Vergleich zum Referenzsystem

Chance zur Innovation bei EE-Erzeugung

eigene Berechnungen auf Basis von Prognos, Hamburg Institut (2020): Perspektive der Fernwärme und Einbezug möglicher Förderungen und Umlagenentlastungen



Planungsrisiko: hohe Bandbreite an CO₂-Preisen

Referenzsystem (fossil) wird immer unwirtschaftlicher

EE-Erzeugung in der Mittel- und Grundlast in 2040 auch bei geringen CO₂-Preisen günstiger

Chance zur Innovation bei EE-Erzeugung

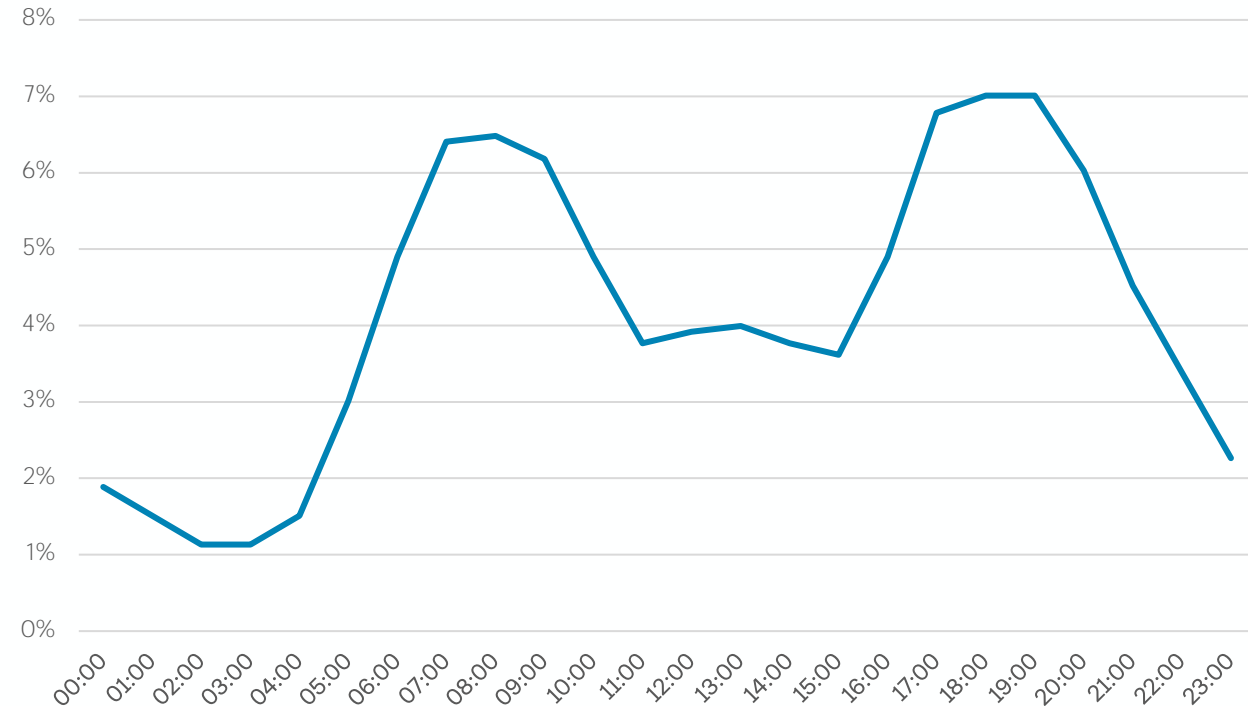
eigene Berechnungen auf Basis von Prognos, Hamburg Institut (2020): Perspektive der Fernwärme und Einbezug möglicher Förderungen und Umlagenentlastungen

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- [Transformation der Erzeugungsseite](#)
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

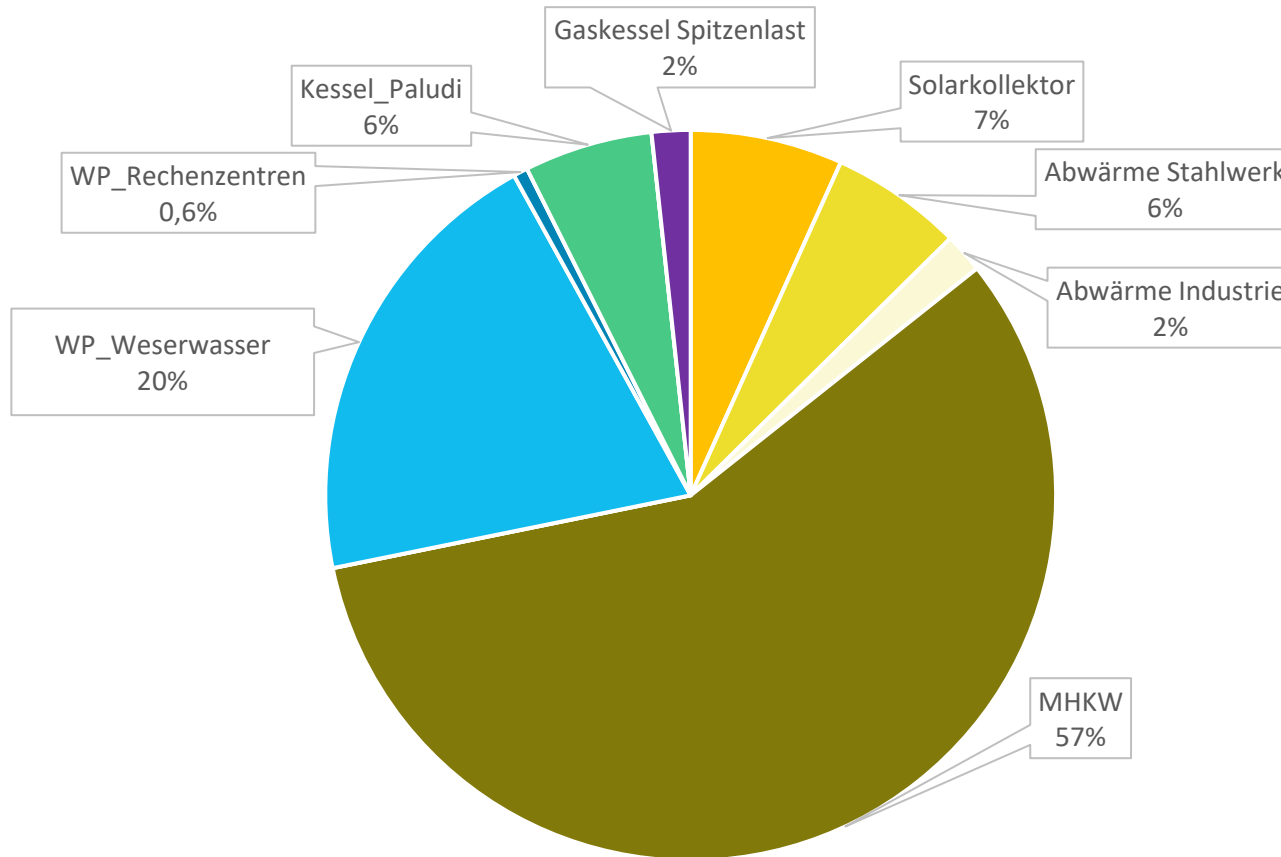
- Verlauf des [Trinkwasserbedarfs](#)
- Nachfragespitze in den Morgen- und Abendstunden
- Heizgrenztemperatur Gebäude:
 - saniert 12° C
 - unsaniert: 15° C
- Temperaturunabhängiger Anteil:
 - saniert: 60%
 - unsaniert: 80%

Tageslastprofil Warmwasser



- Einsatzreihenfolge gestaffelt nach variablen Kosten
- Solarthermie als Priorität 1
- Rahmenannahmen:
 - Prioritärer Einsatz von Abwärme, da keine Möglichkeit zur Zwischenlagerung und sehr geringe verbrauchsgebundene Kosten
 - Konkurrenz zur stofflichen Verwertung sollte so weit wie möglich vermieden werden, wenn Abwärme aus anderen Quellen zur Verfügung steht
 - Einsatz von Paludikultur bzw. halmgutartigen Brennstoffen aufgrund der positiven globalen und lokalen Effekte durch die Wiedervernässung von Mooren
 - Fossile Erzeugung erst in der Spitzenlast, um Ziel der CO₂-Neutralität erreichen zu können
- In allen Fällen wurde das BAU-Szenario angesetzt, um eine Abhängigkeit von Sanierungszielen zu vermeiden und aufzuzeigen, dass durch Maßnahmen auf der Erzeugungsseite Klimaneutralität auch im Fall geringer Sanierungsaktivität möglich ist

- Erzeugungskosten können auf Basis der Vielzahl an Optionen nur indikativ angegeben werden
- Aufschläge bei der Abwärmenutzung, da Temperaturniveaus der Nutzung noch unbekannt
- Preisannahmen für Brennstoffe und Strom für 2030 und 2040 mit starken Unsicherheiten behaftet, da vor allem Umlagen je nach **politischen Rahmenbedingungen** sehr unterschiedlich ausfallen
- **Kostensenkungspotenziale** im Rahmen einer **Transformationsplanung**:
 - Detaillierte Prüfung der Abwärmepotenziale und deren Einbindungsmöglichkeiten unter Beachtung der tatsächlichen Temperaturniveaus
 - Absenkung der Netztemperaturen und Anpassung der Temperaturniveaus in der Erzeugung
 - Sicherung von langfristig günstigen Strompreisen für die Wärmepumpen z.B. über PPAs (Power Purchase Agreements)
 - Optimierung des Zusammenspiels aus saisonaler Speicherung und im Sommer verfügbarer Wärmemengen
 - Optimierung des Einsatzes der thermischen Verwertung in Absprache mit den Betreibern der Verwertungsanlagen



Szenario BHV-2030 (BAU)

- 20.000 m³ Wärmespeicher
- 2,6 MW **Abwärme**
- Nutzung der thermischen **Abfallverwertung**
- **Wesernutzung** über Wärmepumpen (35 MW_{th})
- **Biomasseverfeuerung** aus Paludikultur
- 5 ha **Solarthermie**
- Spitzenlast über Erdgaskessel

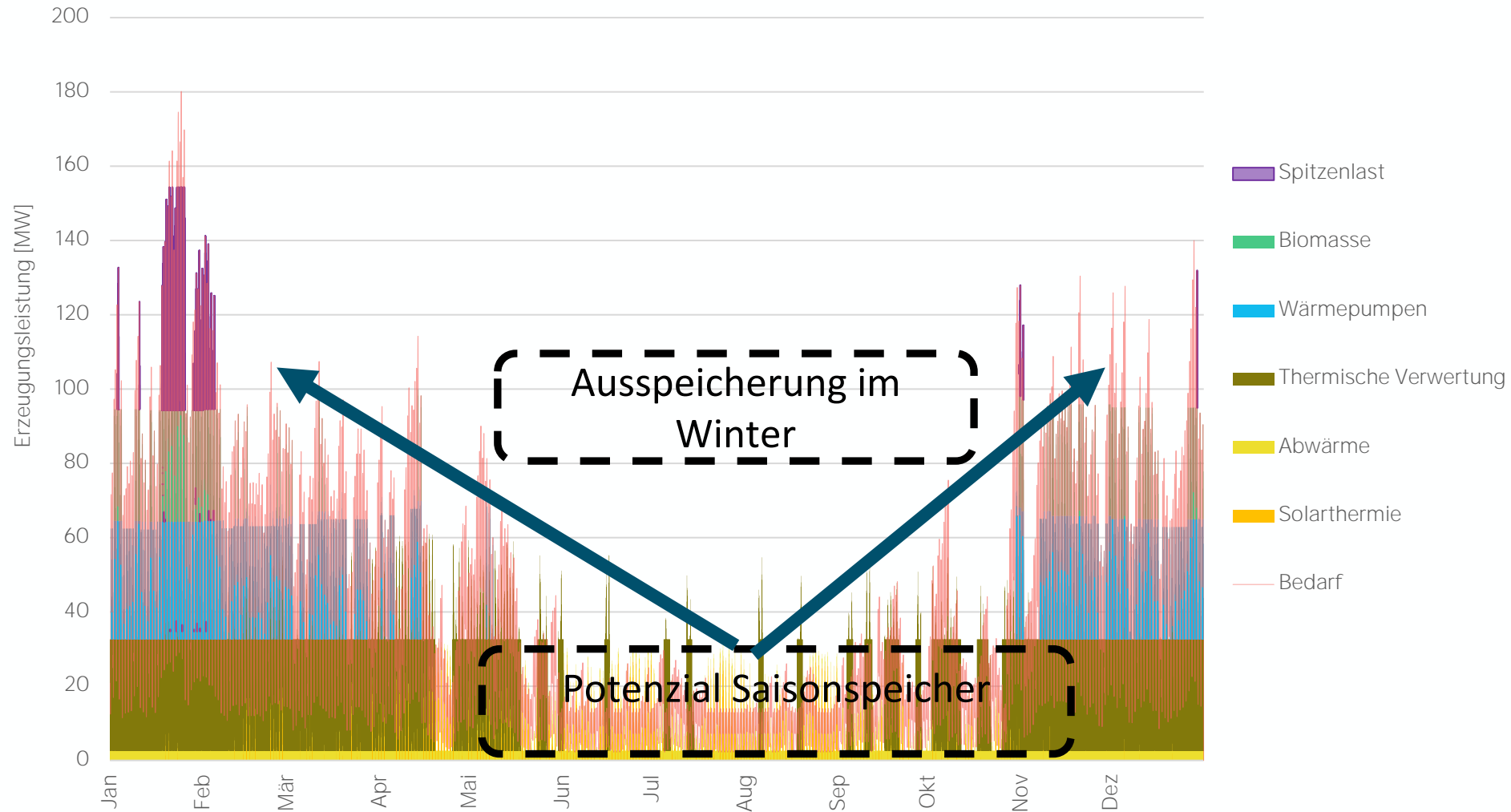
Indikative Erzeugungskosten

- 34-35 €/MWh

Simulationsergebnisse Stadt Bremerhaven 2030



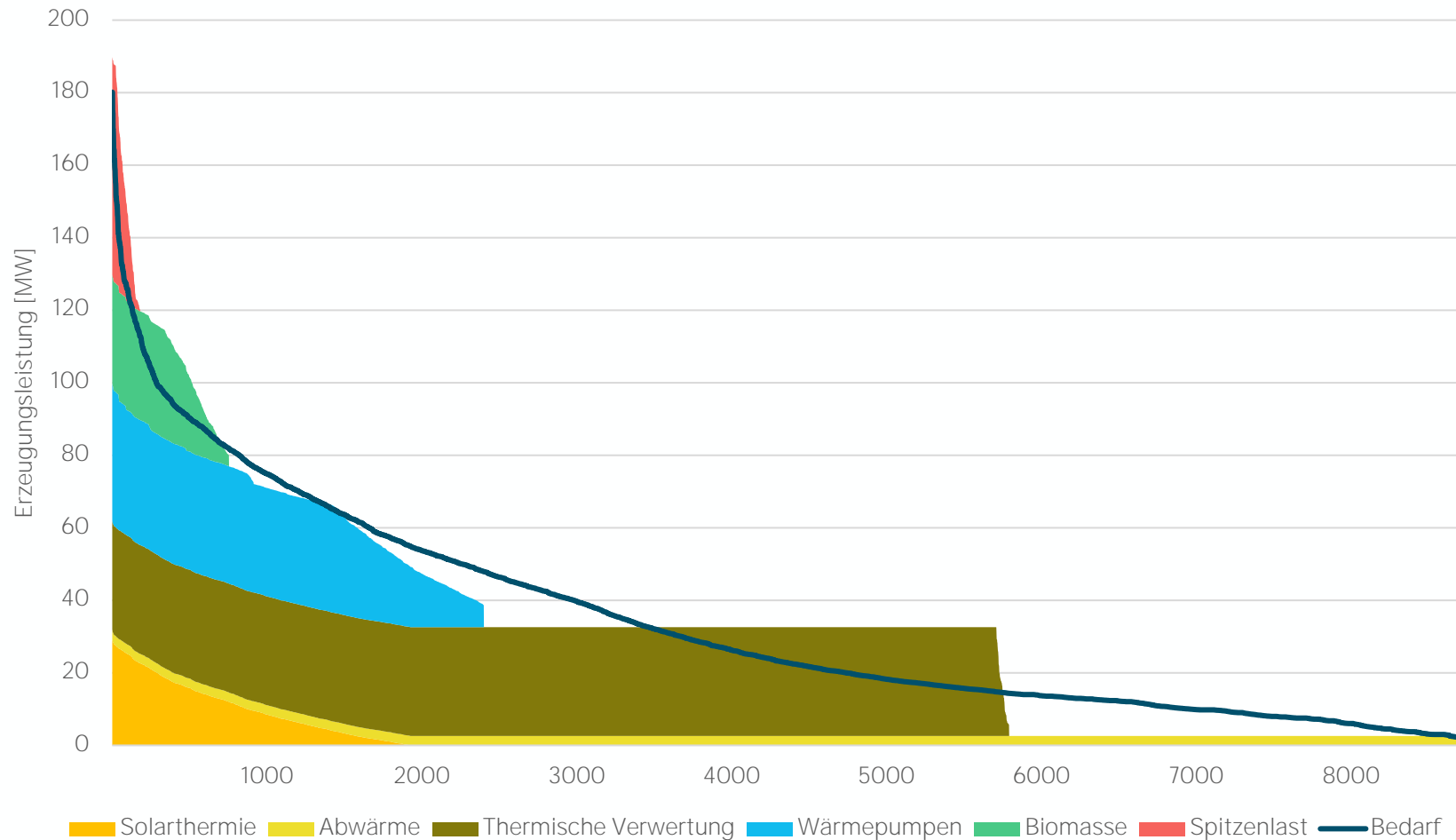
AVERDUNG



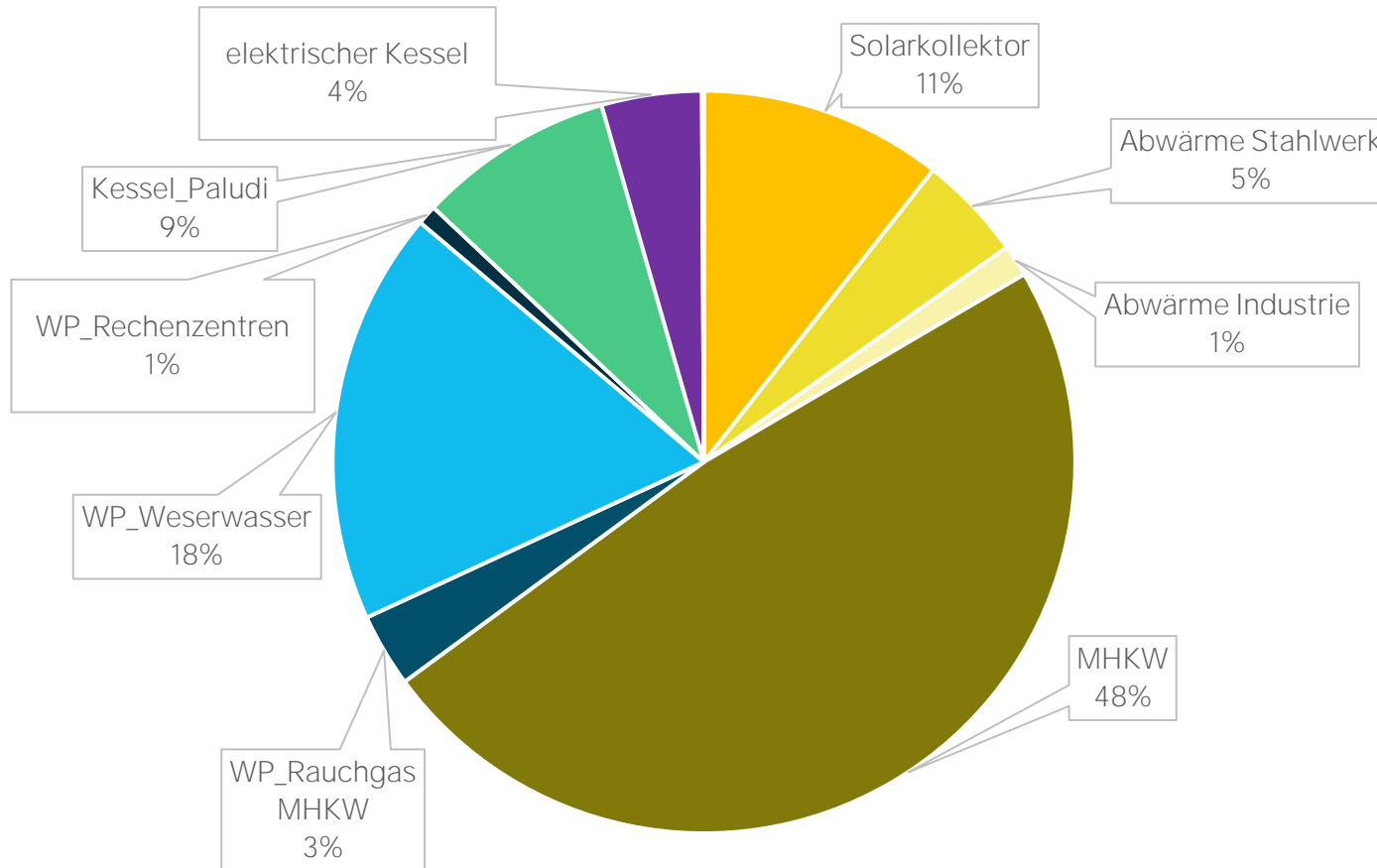
Simulationsergebnisse Stadt Bremerhaven 2030



AVERDUNG



- Thermische Verwertung mit hohem Anteil
- Abwärme und thermische Abfallverwertung in der Grundlast und als Speicherbeladung
- Deckung der Mittellast durch Wärmepumpen
- Biomasse-Einsatz in Spitzenzeiten



Szenario BHV_2040 (BAU)

- 100.000 m³ Wärmespeicher
- 2,6 MW **Abwärme**
- Nutzung der thermischen **Abfallverwertung**
- Zubau **Rauchgaswärmepumpe** im MHKW (3 MW_{th})
- Wesernutzung über Wärmepumpen (35 MW_{th})
- Biomassefeuerung aus Paludikultur
- 10 ha **Solarthermie**
- Spitzenlast über Biogas/ PtH und Elektrodenkessel

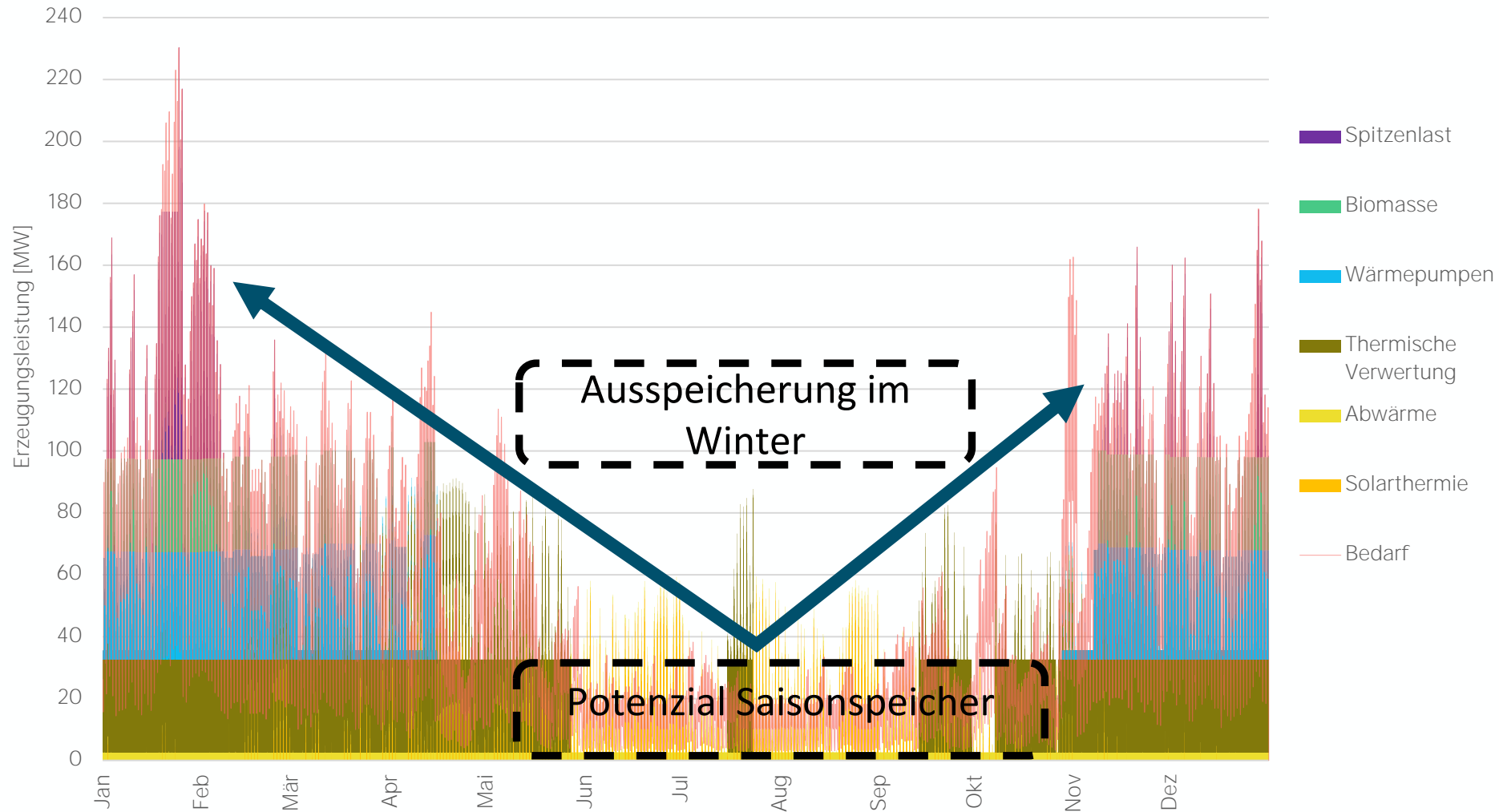
Indikative Erzeugungskosten

- 39-40 €/MWh

Simulationsergebnisse Stadt Bremerhaven 2040



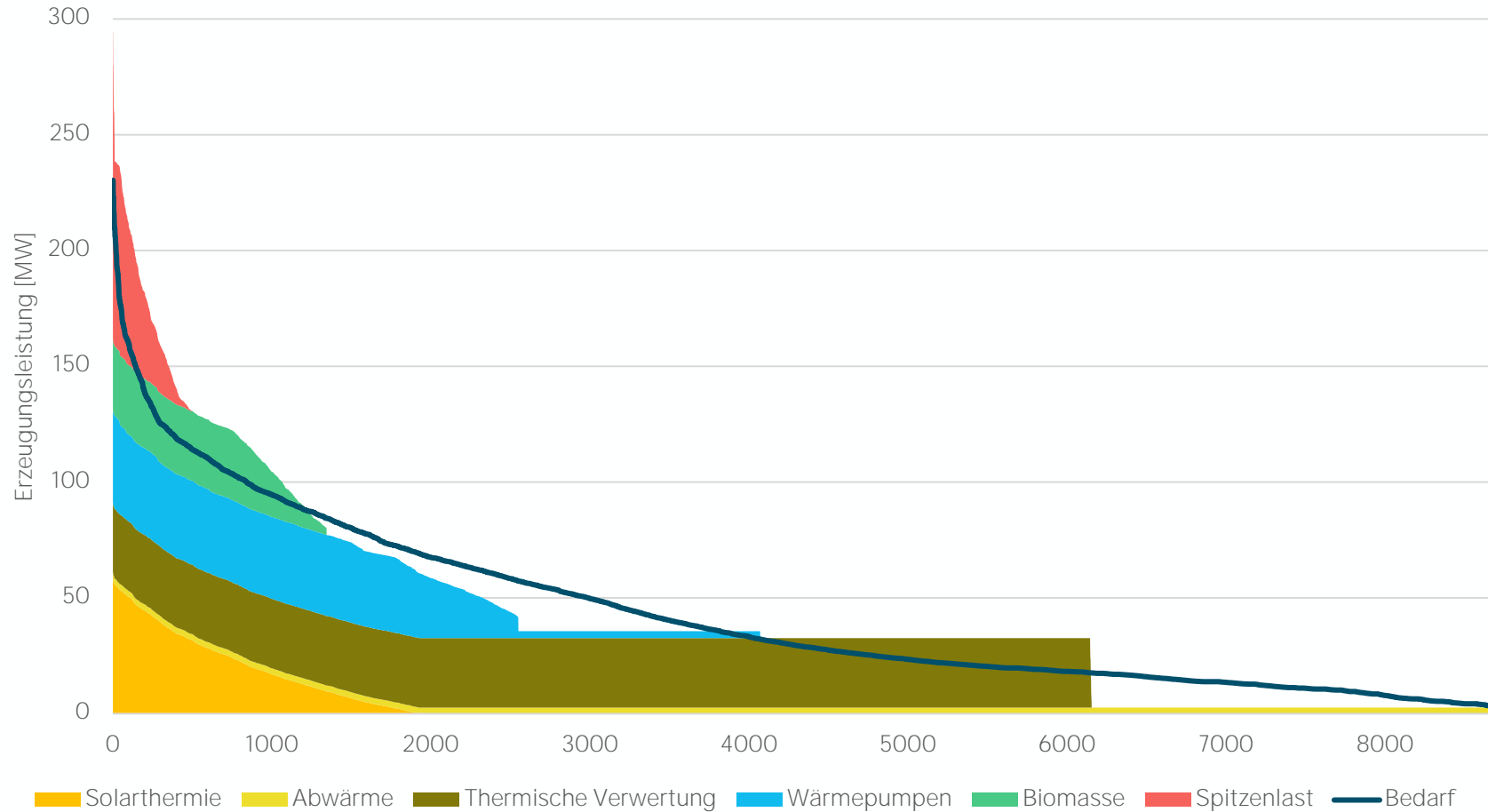
AVERDUNG



Simulationsergebnisse Stadt Bremerhaven 2040



AVERDUNG



- Thermische Verwertung mit hohem Anteil
- Abwärme und thermische Abfallverwertung in der Grundlast und als Speicherbeladung
- Deckung der Mittellast durch Wärmepumpen
- Biomasse-Einsatz in Spitzenzeiten

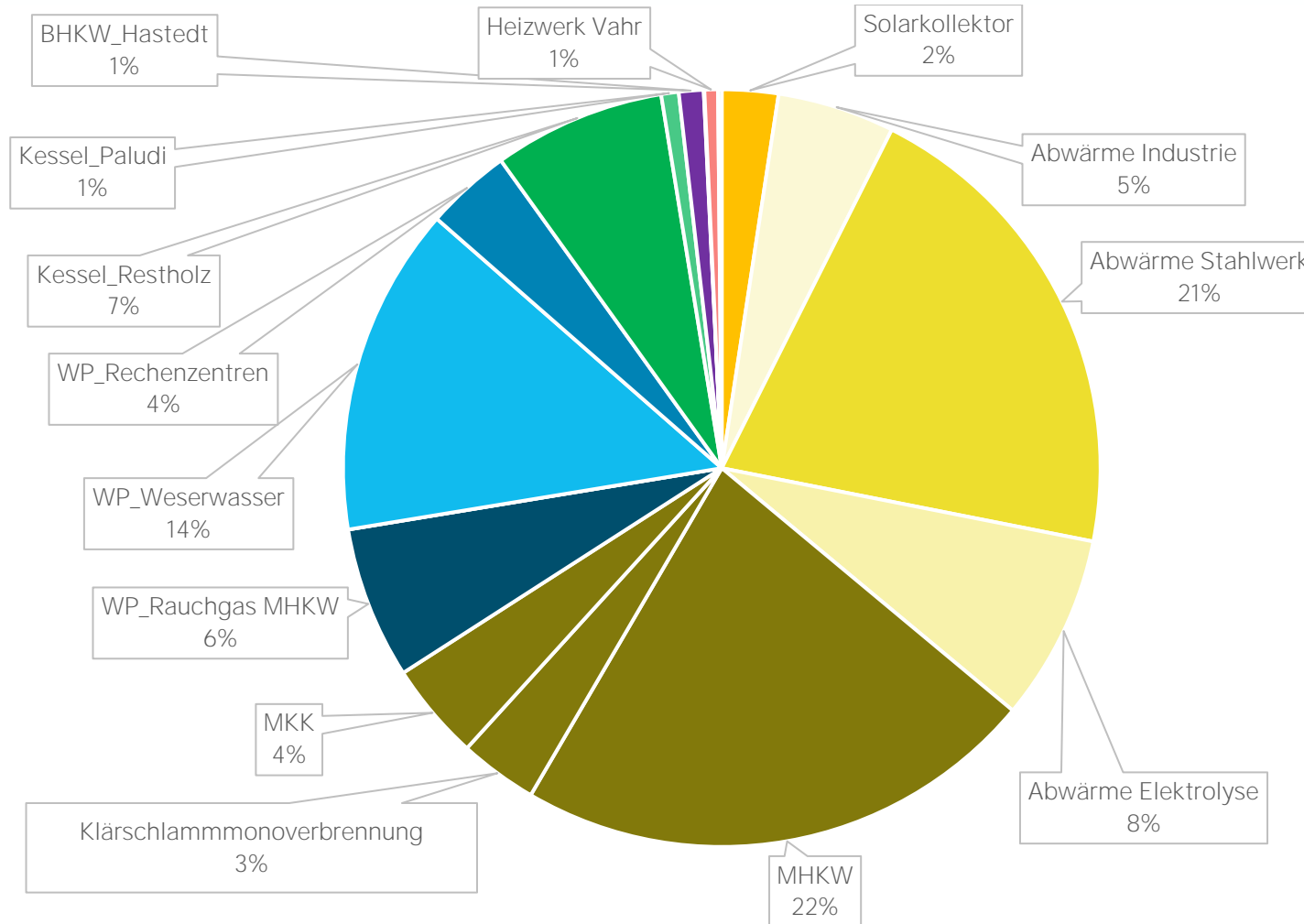
Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2030



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



Szenario HB-2030 (BAU)

- 60.000 m³ Wärmespeicher
- 70 MW **Abwärme**
- Nutzung der thermischen **Abfallverwertung**
- Zubau **Rauchgaswärmepumpe** im MHKW (25 MW_{th})
- Wesernutzung über Wärmepumpen (120 MW_{th})
- **Biomasseverfeuerung** aus Restholz und Paludikultur
- 10 ha Solarthermie
- Spitzenlast über Erdgas und Elektrodenkessel

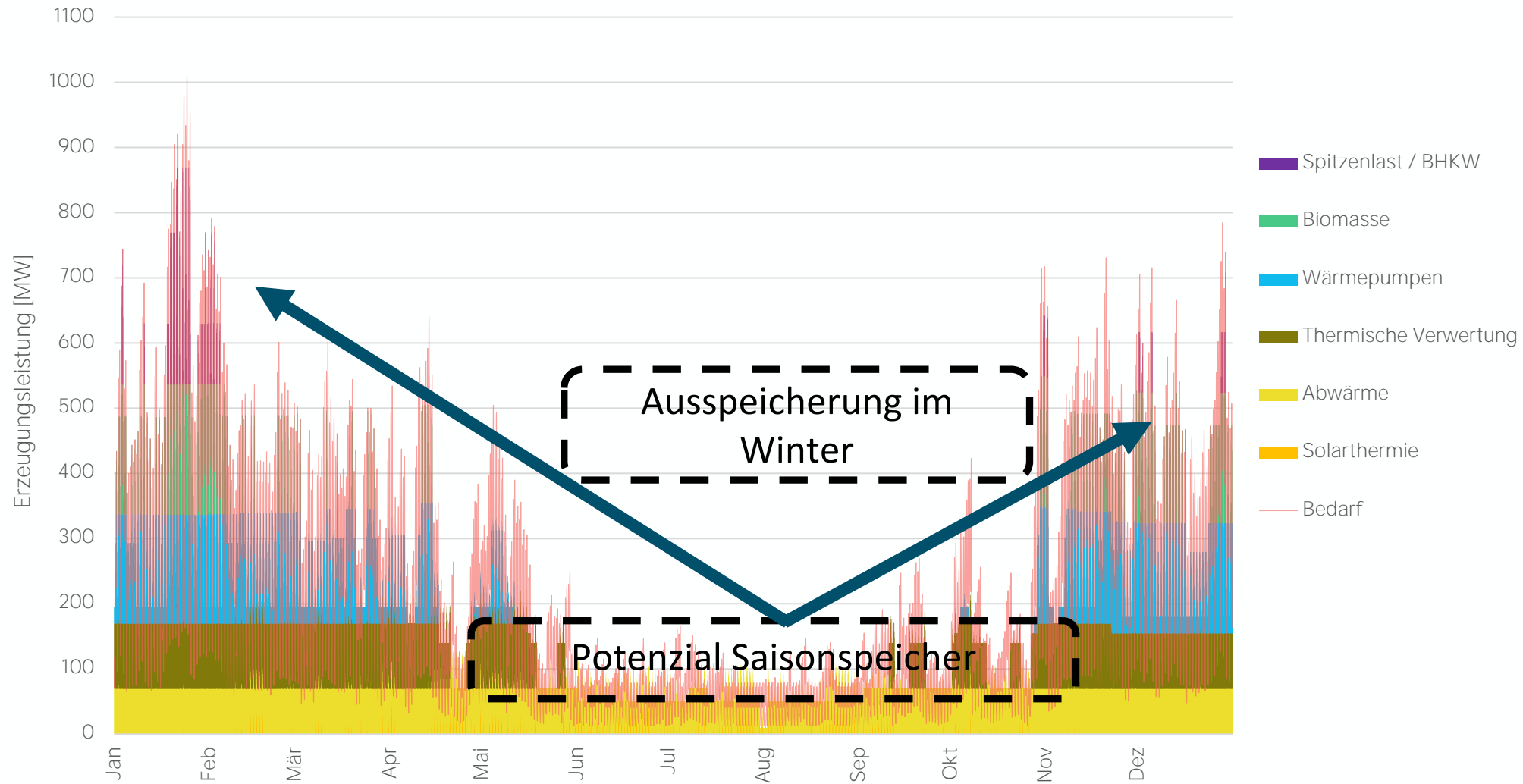
Indikative Erzeugungskosten

- 36-37 €/MWh

Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2030



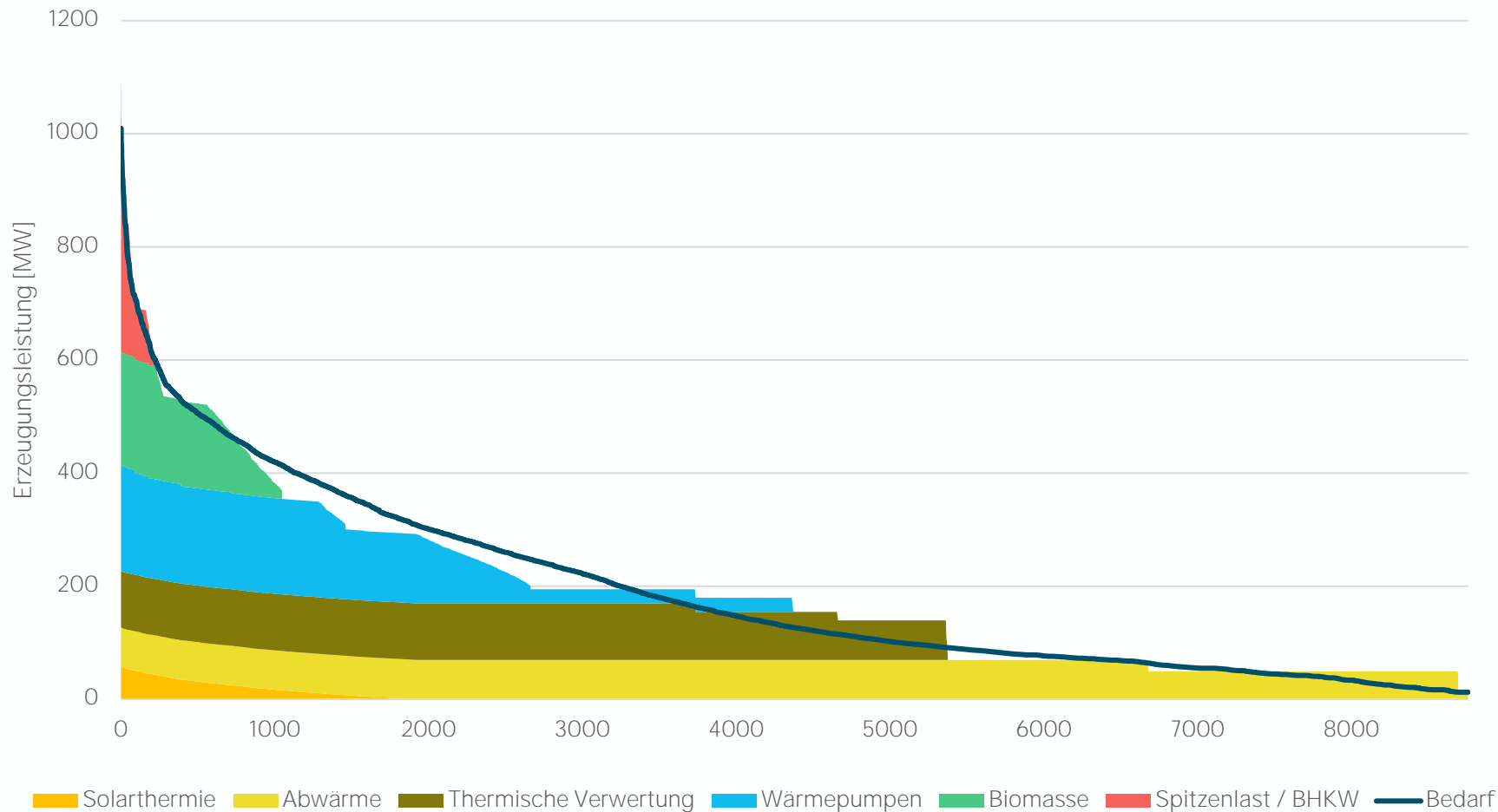
AVERDUNG



Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2030



AVERDUNG



- Abwärme und thermische Abfallverwertung in der Grundlast und als Speicherbeladung
- Thermische Verwertung mit hohem Anteil zur Aufstockung der Abwärme
- Deckung der Mittellast durch Wärmepumpen
- Biomasse-Einsatz in Spitzenzeiten

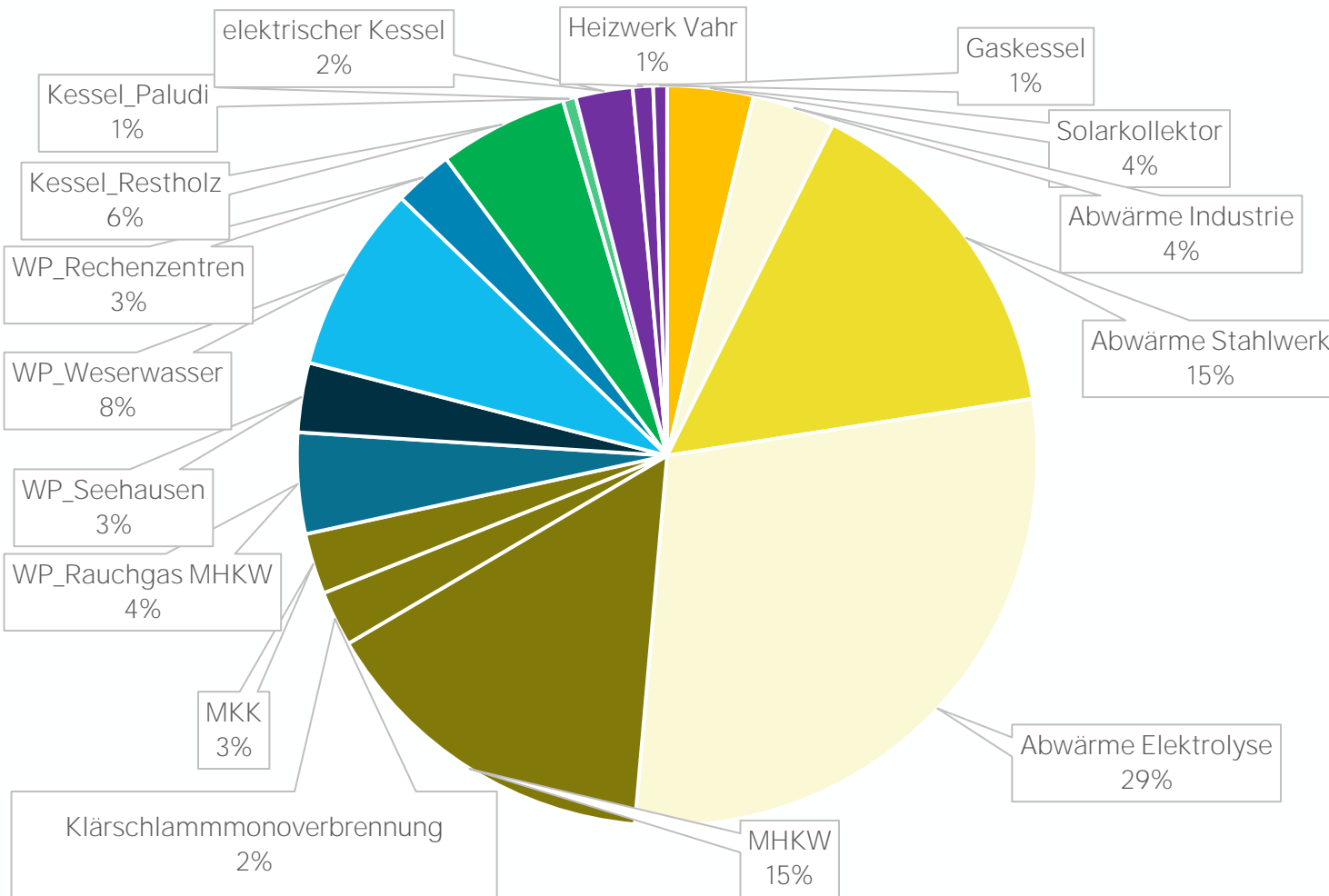
Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2040



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



Szenario HB-2040 (BAU)

- 1.000.000 m³ Wärmespeicher
- 94 MW **Abwärme**
- Nutzung der thermischen Abfallverwertung
- Zubau Rauchgaswärmepumpe im MHKW
- **Wesernutzung** über Wärmepumpen (120 MW_{th})
- **Klärwerksabwassernutzung** über Wärmepumpen (31 MW_{th})
- **Biomasseverfeuerung** aus Restholz und Paludikultur
- 21,5 ha **Solarthermie**
- Spitzenlast über Biogas und Elektrodenkessel

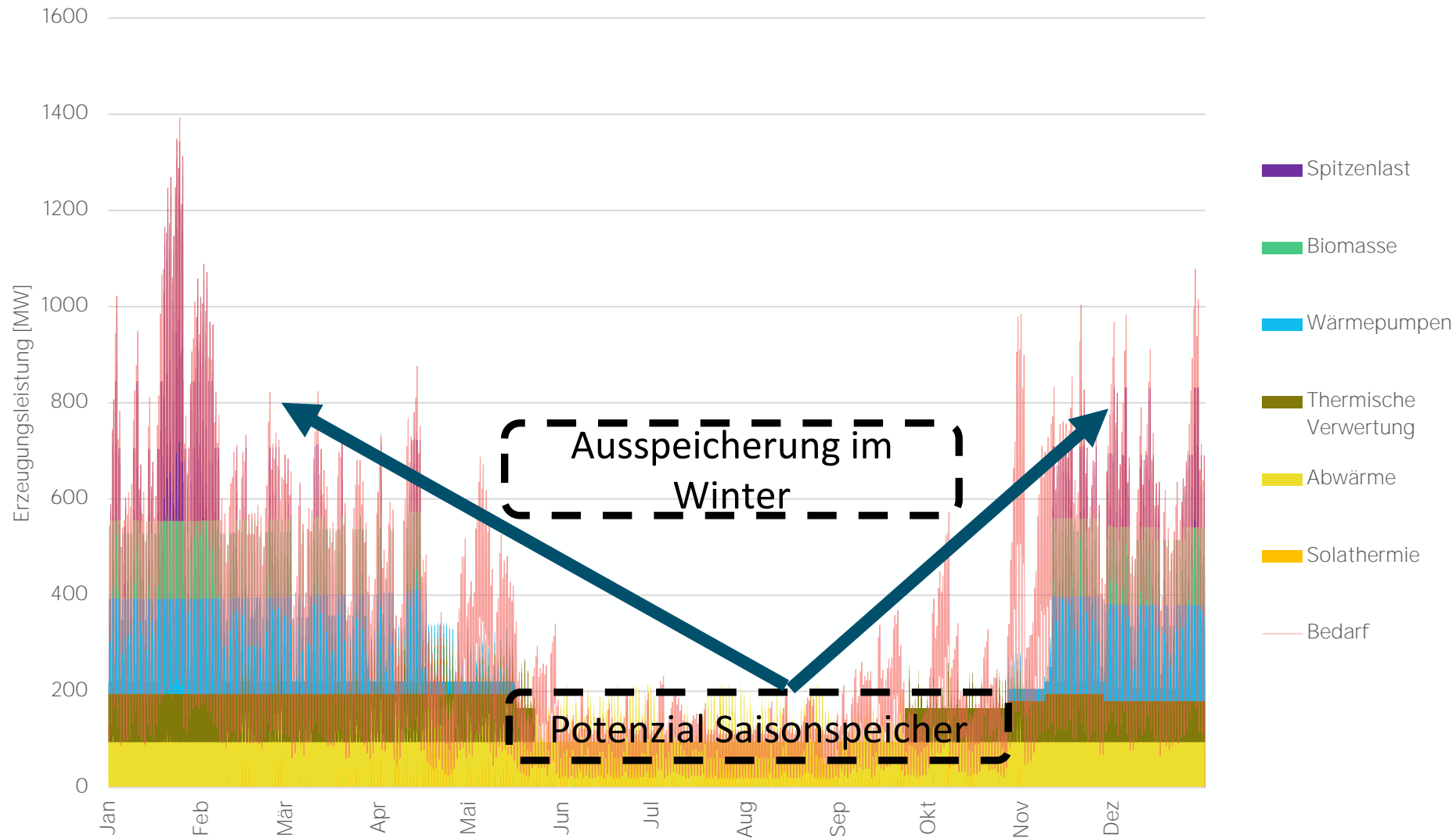
Indikative Erzeugungskosten

- 43-44 €/MWh

Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2040



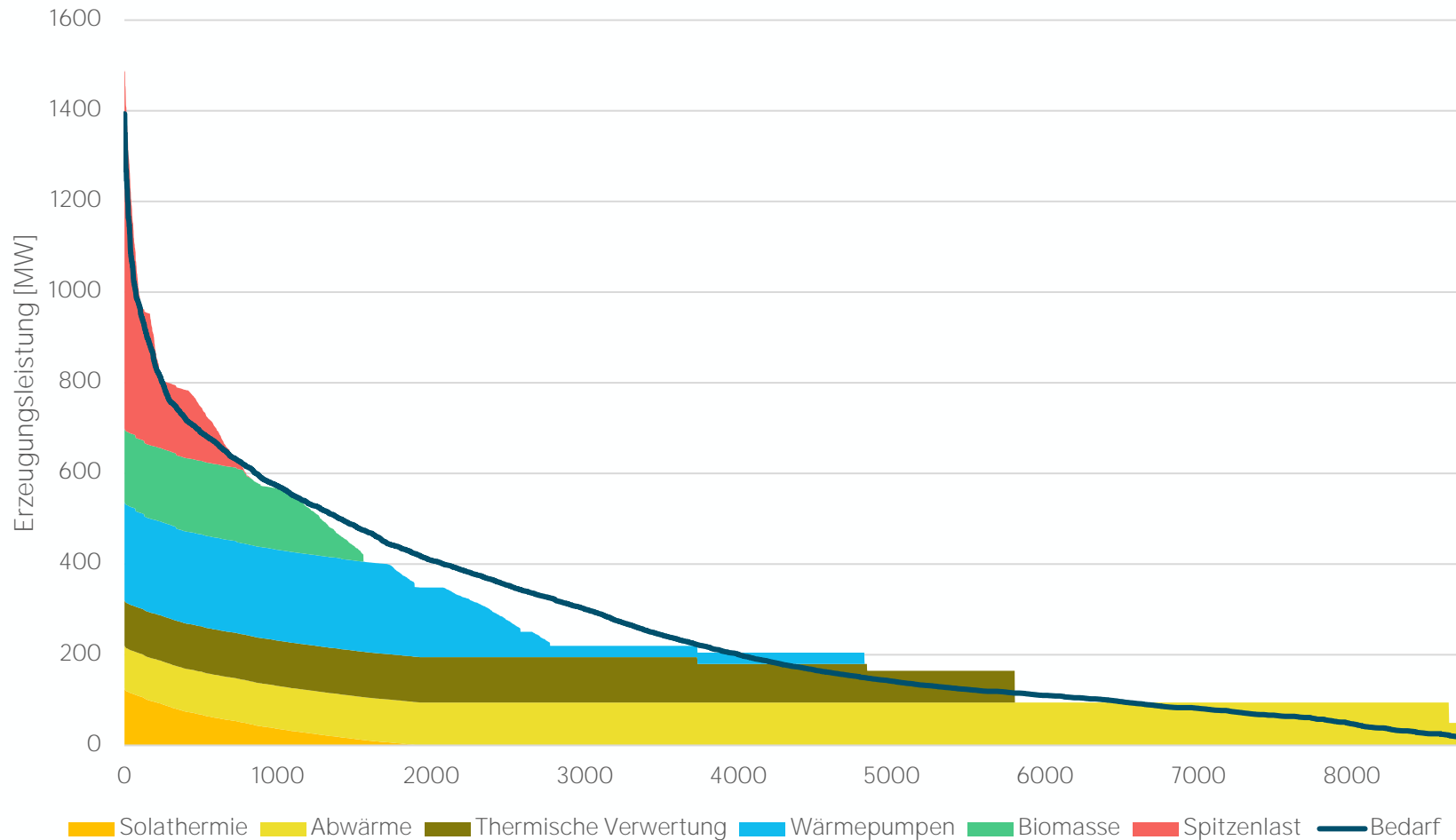
AVERDUNG



Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2040



AVERDUNG



- Abwärme und thermische Abfallverwertung in der Grundlast und als Speicherbeladung
- Thermische Verwertung mit hohem Anteil zur Aufstockung der Abwärme
- Deckung der Mittellast durch Wärmepumpen
- Biomasse-Einsatz in Spitzenzeiten

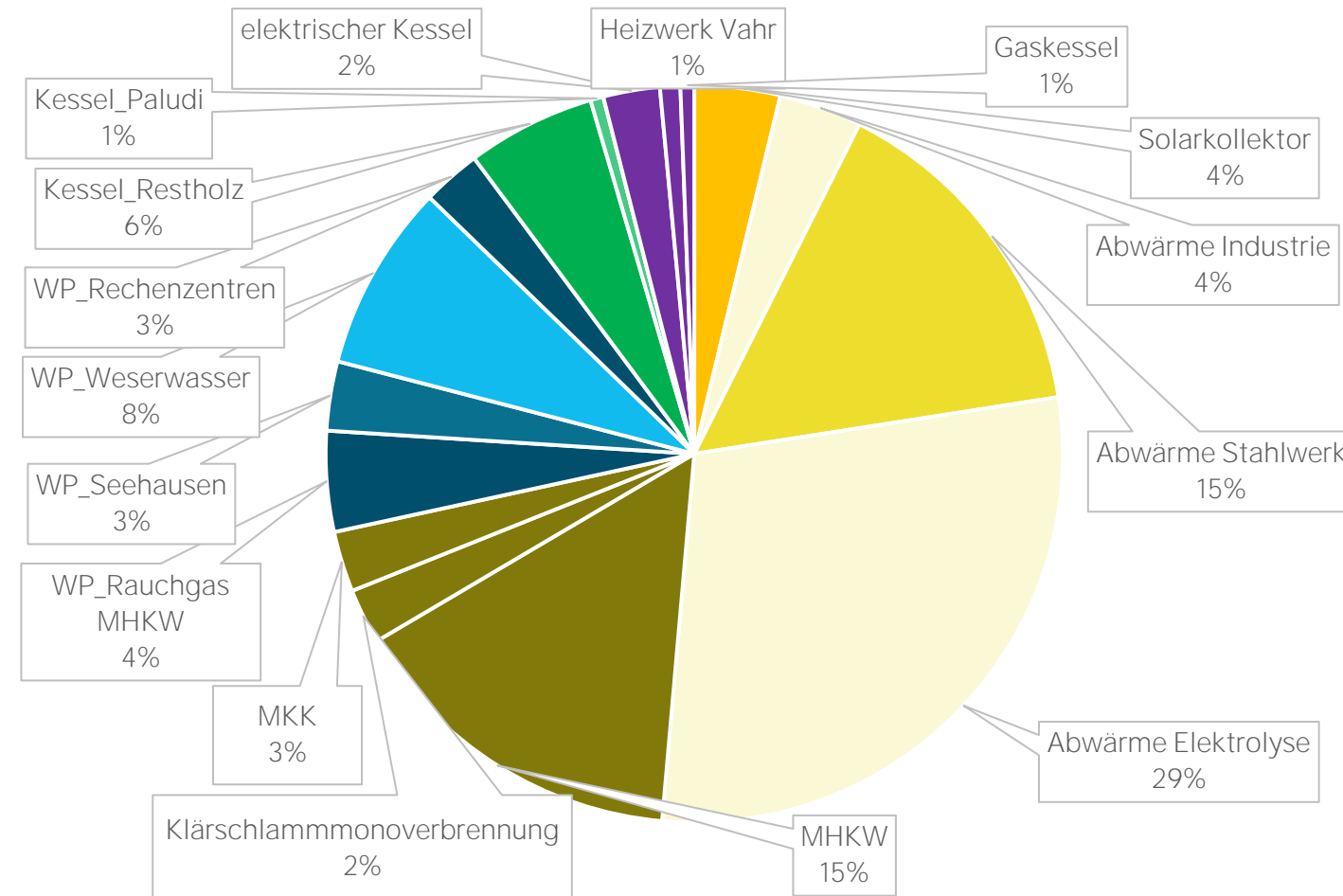
Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2040



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



Szenario HB-2040-H₂ (BAU)

- 1.000.000 m³ Wärmespeicher
- 140 MW **Abwärme**
 - Annahme: bis zu 1 GW **Elektrolyseleistung** in Bremen
- 21,5 ha **Solarthermie**
- Nutzung der thermischen Abfallverwertung
- Zubau **Rauchgaswärmepumpe** im MHKW
- Wesernutzung über Wärmepumpen (120 MW_{th})
- **Klärwerksabwassernutzung** über Wärmepumpen (31 MW_{th})
- **Biomasseverfeuerung** aus Restholz und Paludikultur
- Spitzenlast über Biogas und E-Kessel

Indikative Erzeugungskosten

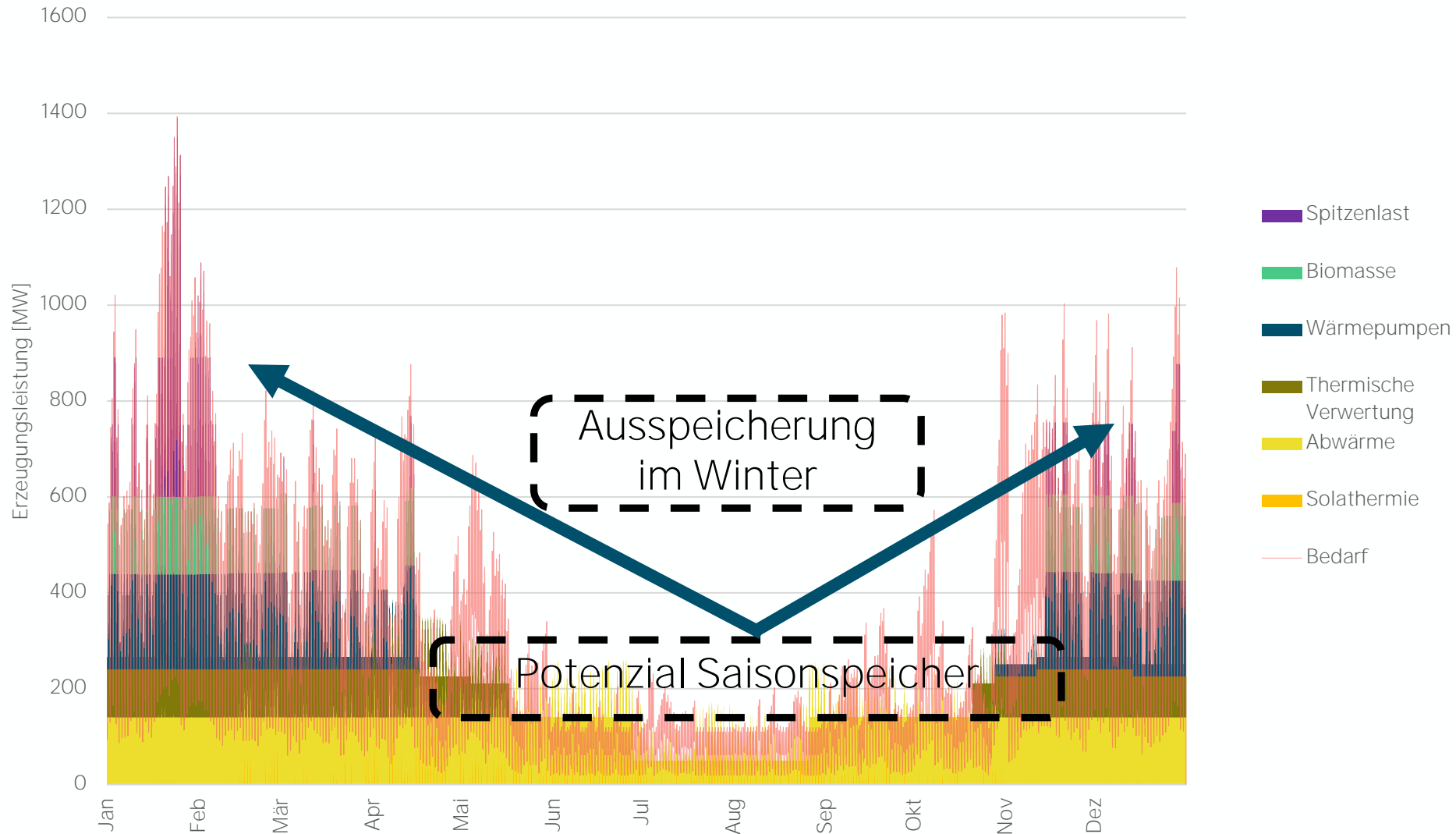
- 43-44 **€/MWh**¹

¹ Kostensteigerung im Vergleich zum 2030 Szenario u.a. auf Basis der geringen Temperaturen der Elektrolyse und steigenden Brennstoff- und Strompreisen. Bei Einsatz von Hochtemperaturelektrolyseuren ist deutliches Kostensenkungspotenzial vorhanden, bei idealer Einbindung der Elektrolyse Abwärme kann der Mischpreis auf 36 €/MWh gesenkt werden

Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2040



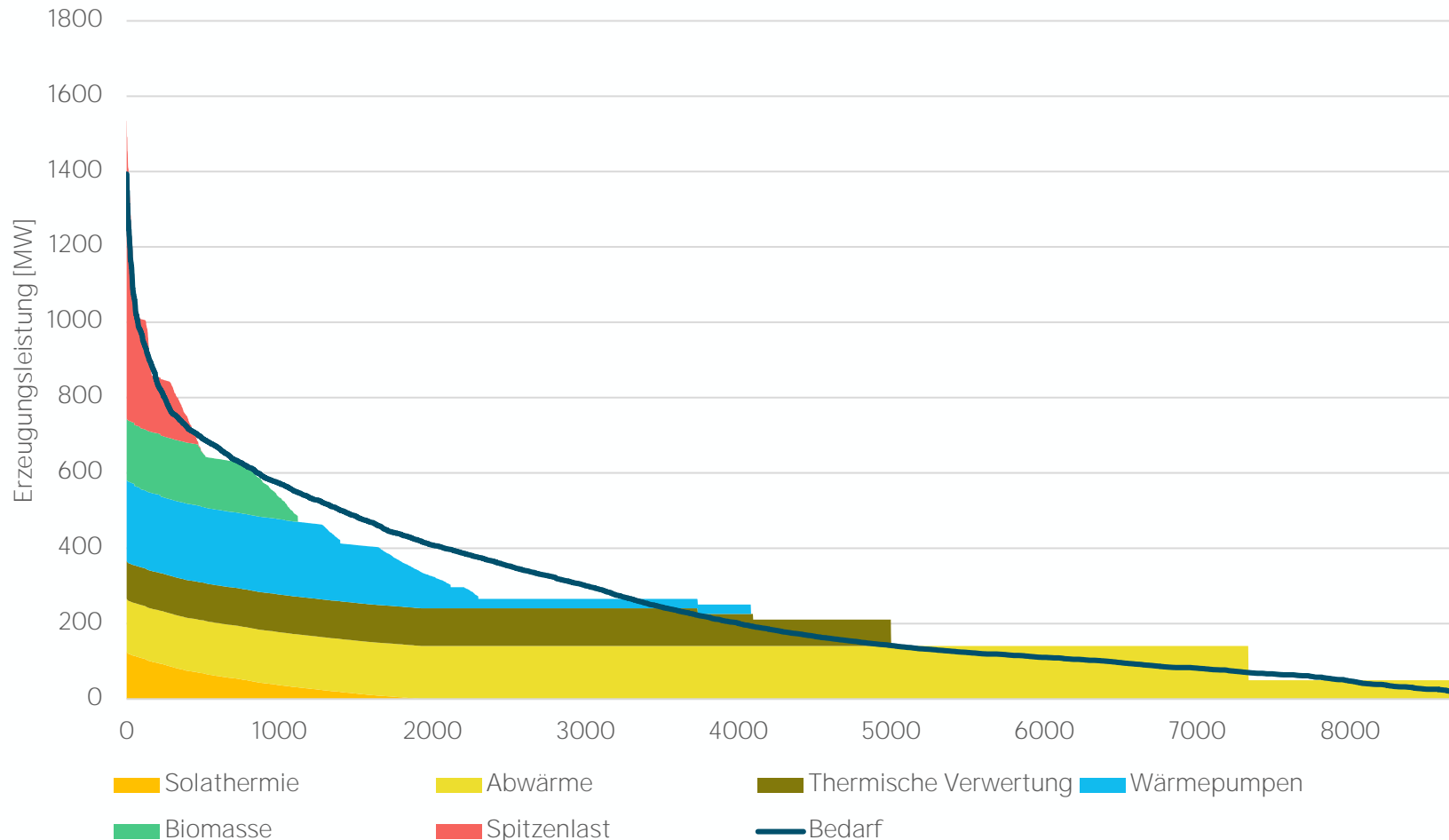
AVERDUNG



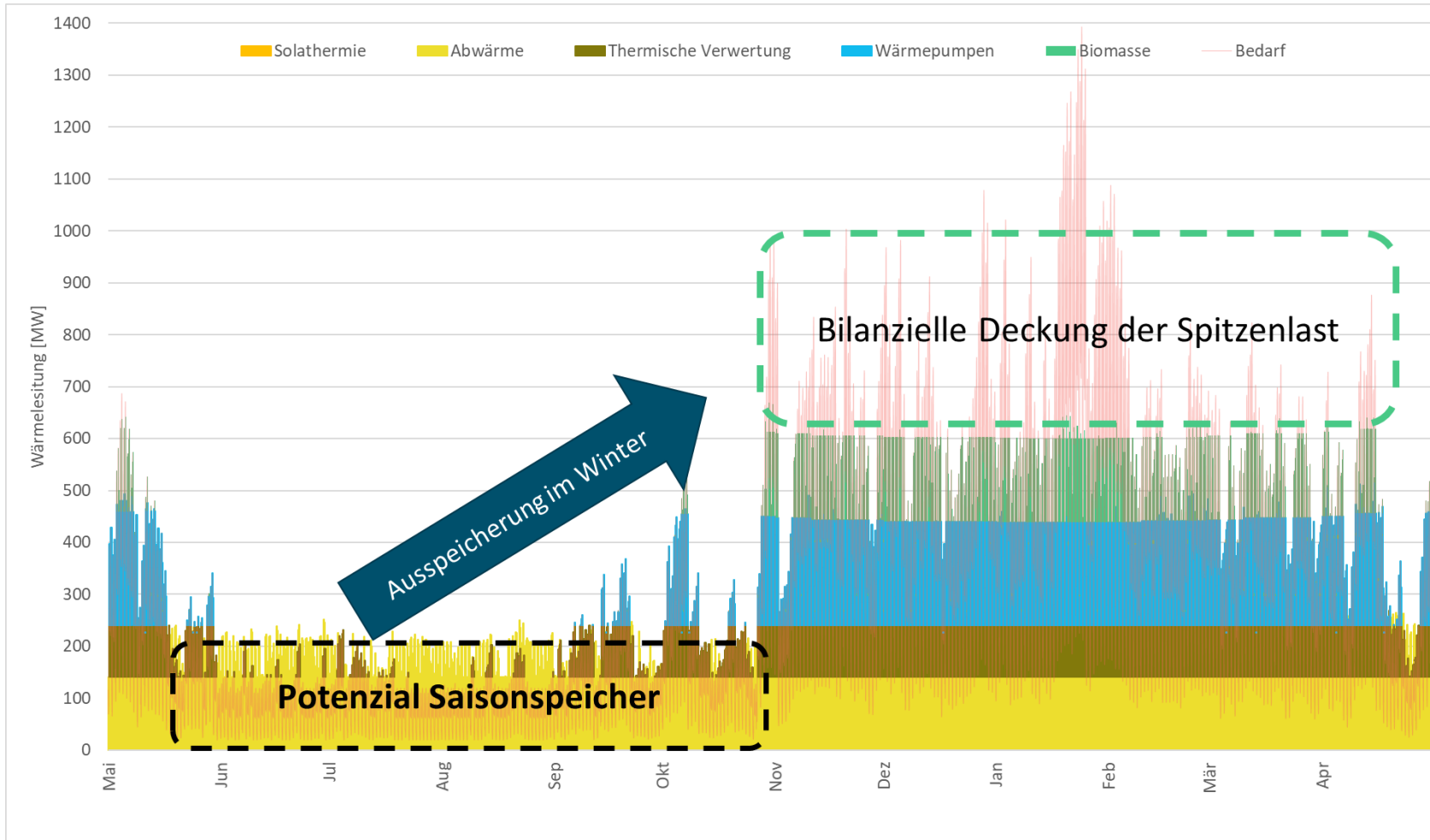
Simulationsergebnisse Stadt Bremen 2040



AVERDUNG

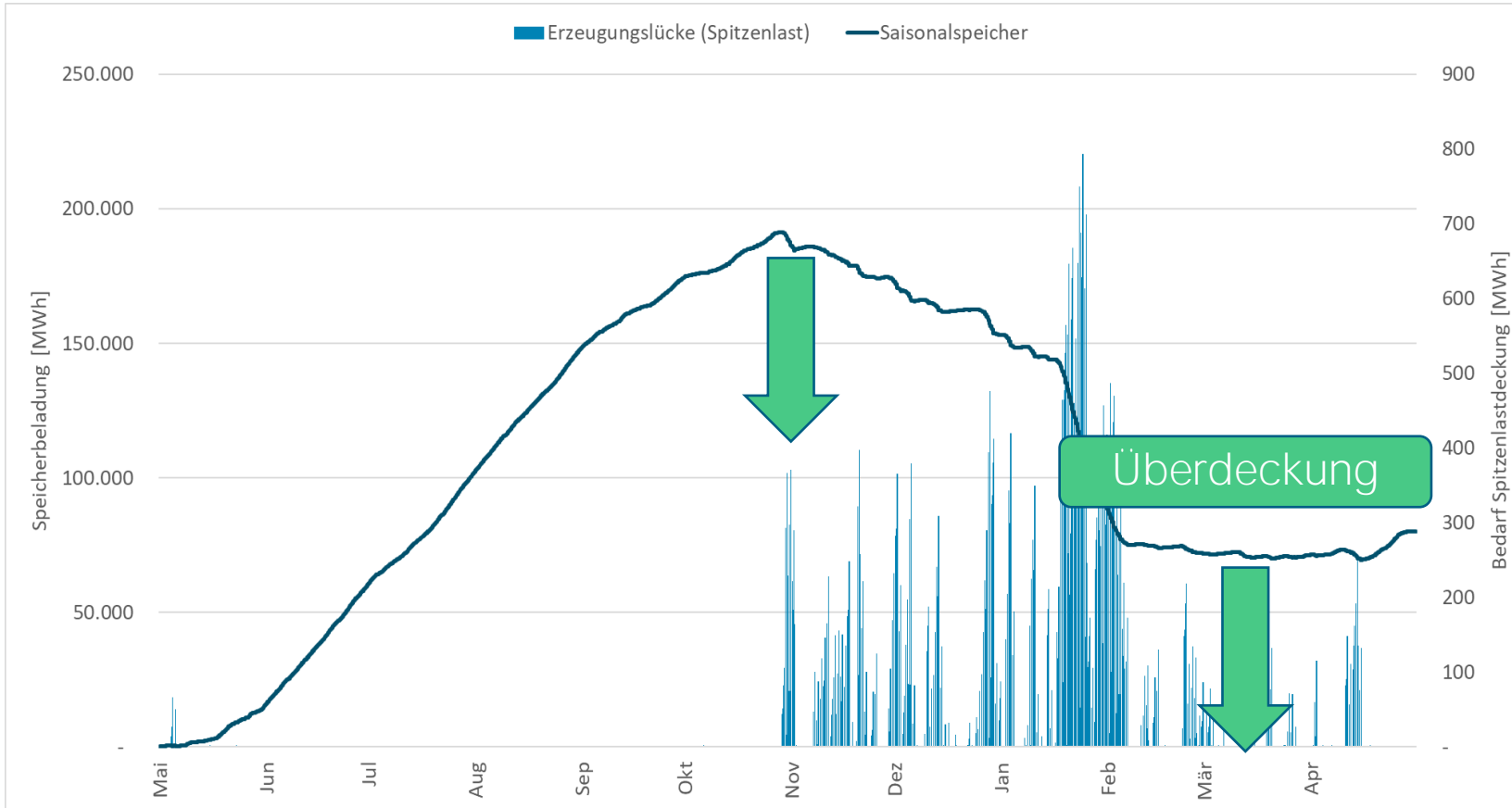


- Abwärme und thermische Abfallverwertung in der Grundlast und als Speicherbeladung
- Abwärme im System dominierend
- Thermische Verwertung mit hohem Anteil zur Aufstockung der Abwärme
- Deckung der Mittellast durch Wärmepumpen
- Biomasse-Einsatz in Spitzenzeiten



Szenario HB-2040-H₂

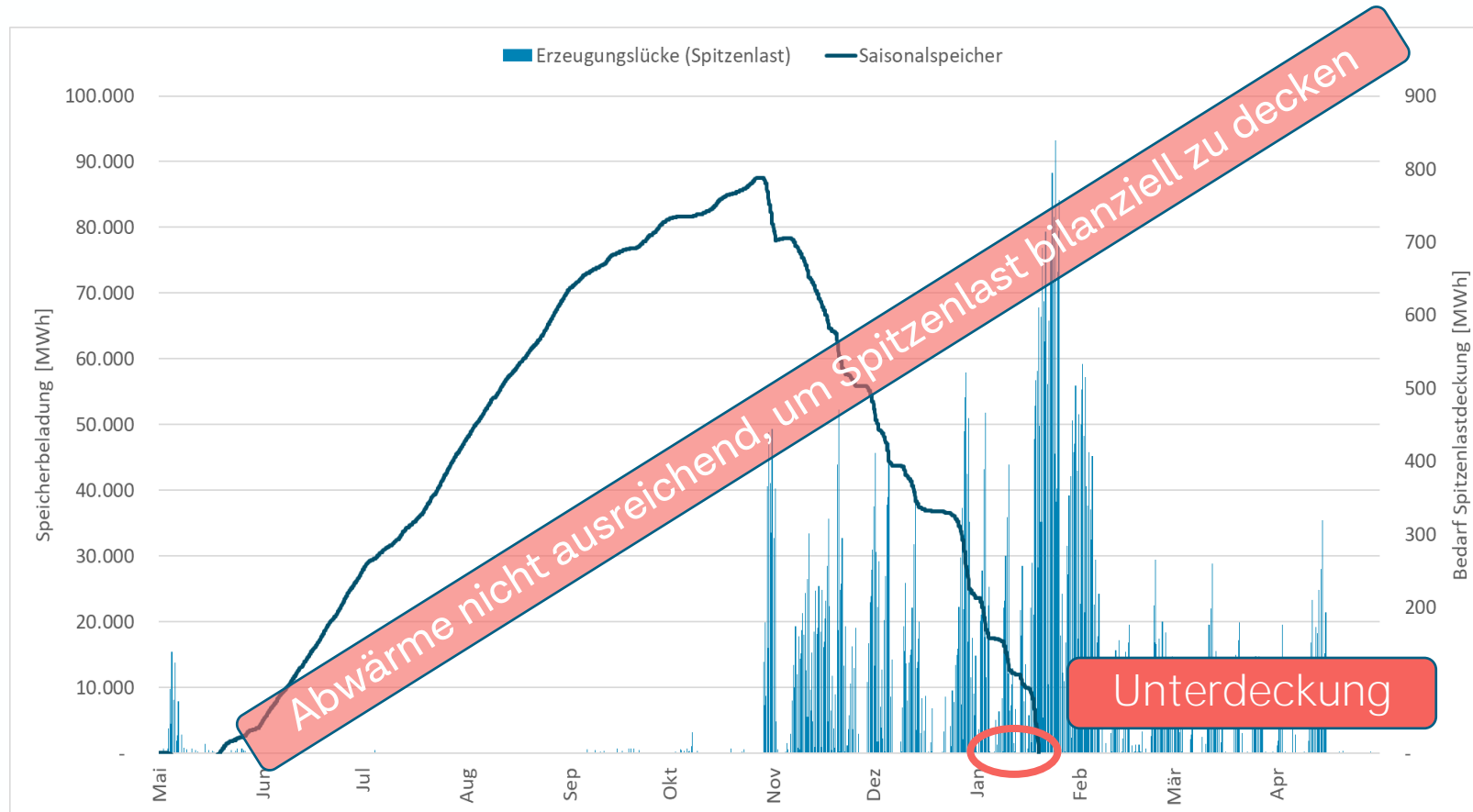
- Abwärme kann **durchgehend** im **Wärmesystem** genutzt werden
- Brennstoffe / Strom können im Winter **eingespart** werden
- weitere **Positiveffekte** auf das System zu erwarten (u.a. Nutzung Solarthermie & PtH)
- Detaillierte **Systemmodulierung** zur Validierung und **Auslegung** notwendig



Optimierungspotenzial
Speicherauslegung

Szenario HB-2040-H₂

- 140 MW Abwärme
- Einspeicherung der **Abwärme** im Sommer
- **Ausspeicherung** im Winter (bilanzielle **Spitzenlastdeckung**)
- **Größenordnung** 3 mio. m³ (Erdbeckenspeicher)
- 20 % Verluste über das Jahr



Ausbau Speicher und
Einspeicherung notwendig

Szenario HB-2040

- 94 MW Abwärme
- Einspeicherung der Abwärme im Sommer
- Ausspeicherung im Winter (bilanzielle Spitzenlastdeckung)
- Größenordnung 1,5 mio. m³ (Erdbeckenspeicher)
- 20 % Verluste

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- **Wirtschaftlichkeit**
- Emissionsbilanzierung

- Steigende Kosten zwischen 2030 – 2040, da:
 - Anstieg der Brennstoff- und Strompreise
 - Anteil der sehr günstigen Wärme aus thermischer Abfallverwertung sinkt
 - Anteil der Wärme aus Wärmepumpen steigt im Zuge des Netzausbaus an, da hier noch Kapazitäten verfügbar sind
- Kosten der Erzeugung im Vergleich zu einer fossilen Erzeugung geringer, da zukünftig hohe **CO₂-Preise**, die in einer weiten Bandbreite prognostiziert werden
- System mit erneuerbaren Quellen robust gegenüber steigenden CO₂-Preisen
- Ausbau Spitzenlasterzeugung sollte nicht ausschließlich auf Gas (H₂ / Biogas) basieren, da **Gaspreise** stark steigend prognostiziert werden
- Investitionsentscheidungen im Rahmen des Ausbaus des Erzeugungsparks müssen **langfristige Kostenentwicklungen und sich ändernde Rahmenbedingungen** (u.a. im KWK) berücksichtigen – fossile Optionen bieten auf lange Sicht keine Kostenersparnis

- Bei einer **idealen Einbindung** der Abwärme ohne Aufschläge zum Temperaturhub ist eine Reduktion auf bis zu 30 €/MWh in 2030 möglich
 - Abwärme aus Industrie und Elektrolyse als großer Hebel, um Kosten zu senken
 - Potenziale müssen erst detailliert erfasst werden, um die Kosten der Einbindung auf Basis der Temperaturniveaus zu berechnen
- **Strombezugskosten** können durch **Eigenstrombezug** oder langfristige **PPAs** bzw. Abnahmeverträge gesenkt werden und langfristige Kostenstabilität garantieren
- Abhängigkeit von wenig beeinflussbaren Faktoren wie den Weltmarktpreisen für Gase oder CO₂-Preisen kann verringert werden

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- Zusammenfassung

- Methodik: **Verursacherbilanz**
 - Zuordnung der Emissionen aus der Abfallverbrennung zu dem Umwandlungsprodukt
 - KWK nach finnischer Methode
 - Referenzwirkungsgrade für thermische Abfallnutzung nach Methodik des Stat. Landesamts Bremen (ab 2018)
 - Reale Wirkungsgrade der thermischen Abfallnutzung aus Umweltberichten
 - Emissionsfaktoren für fossile Brennstoffe und Abfall nach LAK Energiebilanzen¹
 - Zuordnung von Klärschlamm zu Biomasse nach Einordnung des LAK Energiebilanzen¹
 - Emissionsfaktoren Strom nach den Klimaschutzszenarien 2030 für das Land Bremen²

¹ LaK Energiebilanzen (2021) Methodik der CO₂-Bilanzen. <http://www.lak-energiebilanzen.de/methodik-der-co2-bilanzen/> (02.06.2021)

² Gugel, B., Dünnebeil, F., Lempik, J., Räder, D. (2021): Ergänzende Untersuchung Energie- und Klimaschutzszenarien 2030 für das Land Bremen

- Da die Bilanzierung je nach Methodik **sehr unterschiedlich ausfallen kann** (vgl. Kapitel 1, Stromverlustmethode vs. Verursacherbilanz) wird empfohlen, **qualitative Ziele** in der Auswahl der Erzeugungseinheiten vorzusehen statt quantitative Grenzen zu setzen.
- Gründe dafür sind folgende:
 - Starke **Abhängigkeit** des Emissionsfaktors vom **Generalfaktor** des Stroms
 - Große Bandbreite an möglichen Generalfaktoren für den Strombezug je nach Szenarienrechnung¹
 - Bilanzierung der thermischen Abfallverwertung auf dem aktuellen Stand nicht geeignet, um Klimaneutralität ($0 \text{ g}_{\text{CO}_2}/\text{kWh}$) im Fernwärmesektor zu erreichen
 - Datenbasis zur Bilanzierung der thermischen Abfallverwertung auf Basis der Wirkungsgrade stark eingeschränkt und mit Unsicherheiten behaftet

¹ Gugel, B., Dünnebeil, F., Lempik, J., Räder, D. (2021): Ergänzende Untersuchung Energie- und Klimaschutzszenarien 2030 für das Land Bremen

- Werte von **unter 100 g_{CO2}/kWh** sind nur zu erreichen, wenn zu großen Anteilen Abwärme (Ansatz vor allem in der Stadt Bremen) im System eingesetzt wird und der Anteil der thermischen Verwertung mit 0 g_{CO2}/kWh bilanziert wird¹
- Um eine CO₂-neutrale Fernwärmeversorgung zu gestalten, müssen die Emissionen der Abfallverbrennung dem **Entsorgungssektor** zugeschrieben werden
- Bei 49 g_{CO2}/kWh_{el}² kann bis 2030 ein Emissionsfaktor von unter 10 g_{CO2}/kWh erreicht werden, vorausgesetzt, dass
 - Gas in der Spitzenlast nur sehr selten zum Einsatz kommt (keine Engpässe in einzelnen Netzgebieten)
 - Abwärme aus der Müllverbrennung mit 0 g_{CO2}/kWh_{th} bilanziert wird
 - Temperaturabsenkungen im Netz reichen, um Wärmepumpen sinnvoll einzusetzen
 - keine weiteren Temperaturhübe bei den Abwärmequellen nötig sind (Temperaturniveaus in der Bilanzierung stark idealisiert)
- Bei 278 g_{CO2}/kWh_{el}² können die Emissionen auf knapp 1/10 des aktuell bilanzierten Werts nach amtlicher Statistik gesenkt werden.

¹Im Gebäudeenergiegesetz wird diese Herangehensweise bei der Bilanzierung bereits angewandt. Bei der Nutzung von Wärme aus der Verbrennung von Siedlungsabfällen werden nur Hilfsenergie und Stützfeuerung betrachtet und mit einem Pauschalwert von 20 g_{CO2-aq}/kWh berücksichtigt

² Gugel, B., Dünnebeil, F., Lempik, J., Räder, D. (2021): Ergänzende Untersuchung Energie- und Klimaschutzszenarien 2030 für das Land Bremen

- Der **erneuerbare Anteil** am Wärmemix kann 2030 in bis zu 95 % betragen – unter der Voraussetzung, dass
 - der erneuerbare Anteil von 65 % im Stromsektor bis 2030 erreicht wird
 - Abwärme aus der thermischen Abfallverwertung als **100% erneuerbar** bilanziert wird
 - Biomasse sehr flexibel im System eingesetzt wird
 - keine weiteren Temperaturhübe bei den Abwärmequellen nötig sind (Temperaturniveaus in der Bilanzierung stark idealisiert)
 - zur Deckung der Spitzenlast keine **lokalen Einschränkungen** durch unterschiedliche Netzgebiete auftreten¹

Auf Basis der idealisierten Betrachtungsweise ist ein Anteil von **90% erneuerbarer Wärme** bis 2030 als ein **ambitioniertes, aber umsetzbares Ziel** als realistisch anzusehen, wenn zukünftige Transformationsplanungen auf die Einbindung von Abwärme- und Umweltwärmequellen in der Grund- und Mittellast fokussieren und den Einsatz von Biomasse, Erdgas und Elektrodenkesseln in der Spitzenlast vorsehen.

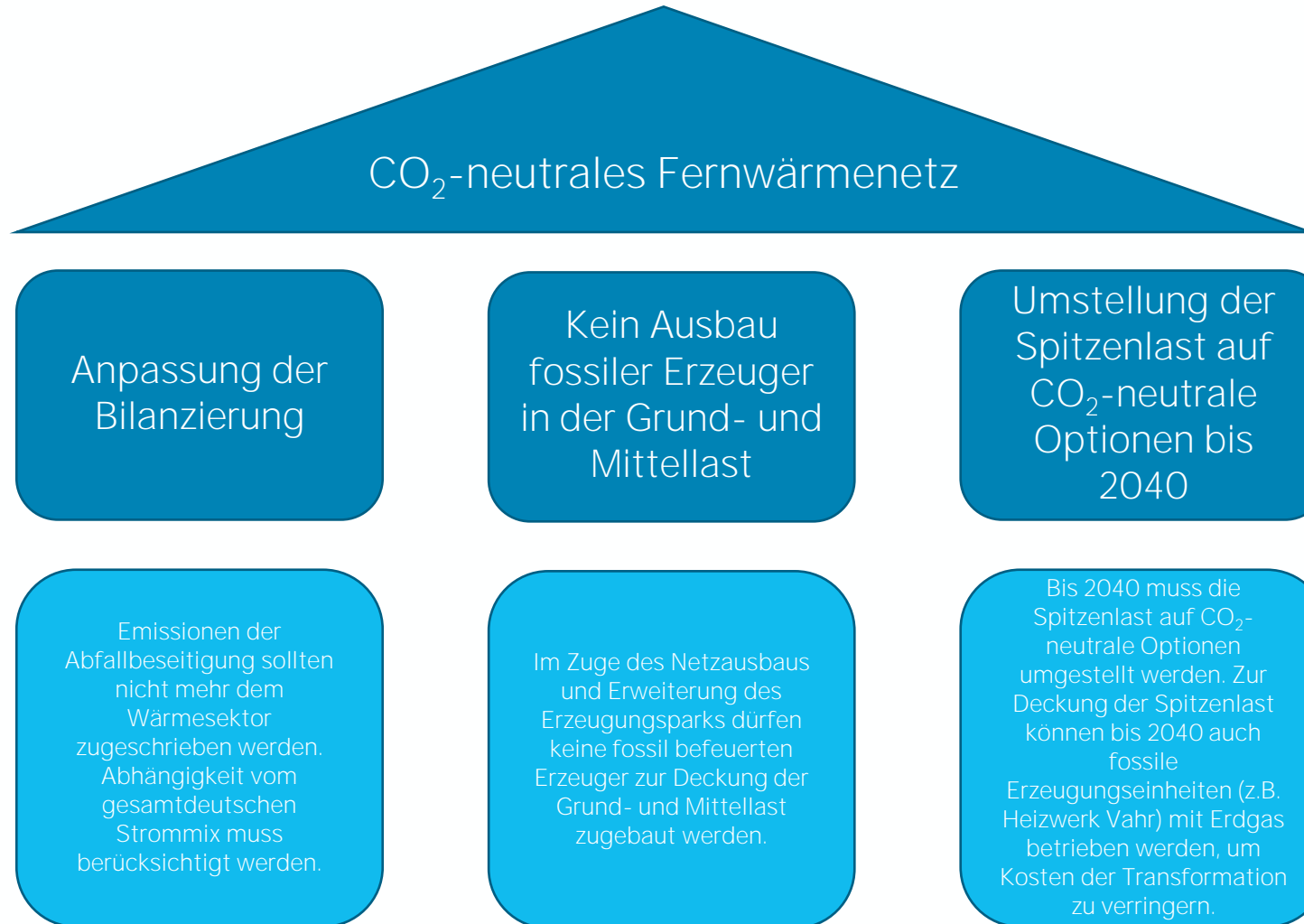
¹ Das Fernwärmenetz wurde in diesem Gutachten stark idealisiert betrachtet. Lokale Engpässe, die höhere Vorlauftemperaturen oder ein sehr hohes Maß an Flexibilität benötigen, wurden vernachlässigt

- Um **Klimaneutralität in 2040** zu erreichen, muss von einem Strommix ausgegangen werden, der zu 100 % aus erneuerbaren Energien zusammengesetzt ist.
- Unabhängigkeit vom bundesweiten Strommix ist nur durch Anpassung der **Bilanzierung** oder **Eigenversorgungsoptionen** erreichbar.
- Emissionen der thermischen Abfallverwertung müssen dem Abfallsektor zugeschrieben werden.
 - Stützfeuerung und Hilfsenergie müssen durch klimaneutrale Energieträger bezogen werden.
- **Spitzenlasterzeugung** ohne Einsatz fossiler Energieträger
 - Kosten von klimaneutralen Gasen frühzeitig zu beachten beim Ausbau der Spitzenlasterzeugung

AP1: Fernwärme

- Status-quo der Fernwärme im Land Bremen
- Netzentwicklungsstrategie der swb AG
- Ausbauggebiete Fernwärmeversorgung
- Potenziale an erneuerbarer Wärme und Abwärme
- Ansatz für eine klimaneutrale Transformation
- Indikative Wärmegestehungskosten Technologien
- Transformation der Erzeugungsseite
- Wirtschaftlichkeit
- Emissionsbilanzierung
- [Zusammenfassung](#)

- Aufbauend auf **Potenzialanalyse** und **Simulation**:
 - Für die Versorgung in der Grund- und Mittelfast dürfen auf Basis der langen Laufzeiten noch klimafreundliche Erzeuger zugebaut werden.
 - Fokus auf Abwärmenutzung und Wärmeauskopplung der MHKW und des MKK
 - Erschließung von Wärmequellen über Wärmepumpen
 - Weser
 - Klärwerke
 - Rauchgas
 - Spitzenlast kann bis 2035 kostengünstig fossil gedeckt werden, um die Sozialverträglichkeit der Transformation sicherzustellen
 - Voraussetzungen der Spitzenlasterzeuger:
 - Anlagen H2/Biogas – ready zur Umstellung
 - Bis 2040 muss die Umstellung auf klimaneutrale Spitzenlasterzeugung erfolgen unter Berücksichtigung folgender Optionen
 - Biogas
 - Wasserstoff
 - Elektrodenkessel



- Im Zuge des Strukturwandels in der Wärmeversorgung ist neben dem Ausbau von Netzen auch eine **Ausweisung von Flächen** nötig
 - Bisher hatte die (fossile) Wärmeerzeugung kaum Bedarf an Flächen
 - Neue Erzeuger und Speichertechnologien mit erhöhtem Flächenbedarf
 - Solarthermienutzung auf Freiflächen
 - Großwärmespeicher
 - Erdbecken (großer Platzbedarf)
 - Aquiferspeicher (moderater Platzbedarf)
 - Nutzungskonflikte unter anderem mit:
 - Landwirtschaftlicher Nutzung
 - Stadtplanung (Ausweisung von Gewerbe- oder Siedlungsflächen)
 - Umweltbelangen

- Auf Basis der **Potenzialanalyse** konnten bereits einige Flächen für eine **mögliche solarthermische Nutzung** identifiziert werden
- Als Aufschlag sollten in der Stadt Bremen **25 ha** und in Bremerhaven **10 ha** für die solarthermische Nutzung bereitgestellt werden unter Einbindung der entsprechenden **Expertise** zu den Themen:
 - Netzeinbindung der solaren Wärme
 - Nähe zu ggfs. Sekundärnetzen mit geringeren Vorlauftemperaturen
 - Umweltbelange
 - Stadtentwicklung
- Weserquerung bei Nutzung der identifizierten Flächen im Bereich des Klärwerks Seehausen sind in der Zeitschiene zur Netzeinbindung zu beachten

- Flächenbedarf für **Wärmespeicher** deutlich geringer als bei der Solarthermie

Umsetzung als **Erdbeckenspeicher**

- Bremen (~1.000.000 m³) ~ **6-7 ha**¹
 - Tiefe 52 m
 - Kantenlänge 250 m²
 - Inkl. Böschungswinkel
- Bremerhaven (~100.000 m³) ~ **2-3 ha**¹
 - Tiefe 18 m
 - Kantenlänge 100 m²
 - Inkl. Böschungswinkel
- Umsetzung als **Aquiferspeicher**:
 - **0,5 – 1 ha** (Bedarf stark abhängig von Peripherie und Anlagen zur Bohrung) ¹

¹ Auf Basis eigener Berechnungen und Umsetzungsbeispielen

AP2: Nahwärme

- Stand der Nahwärme
- Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete
- Potenzielle EE-Wärme
- Dekarbonisierung der Nahwärme
- Auswirkung des CO₂-Preises auf die WGK

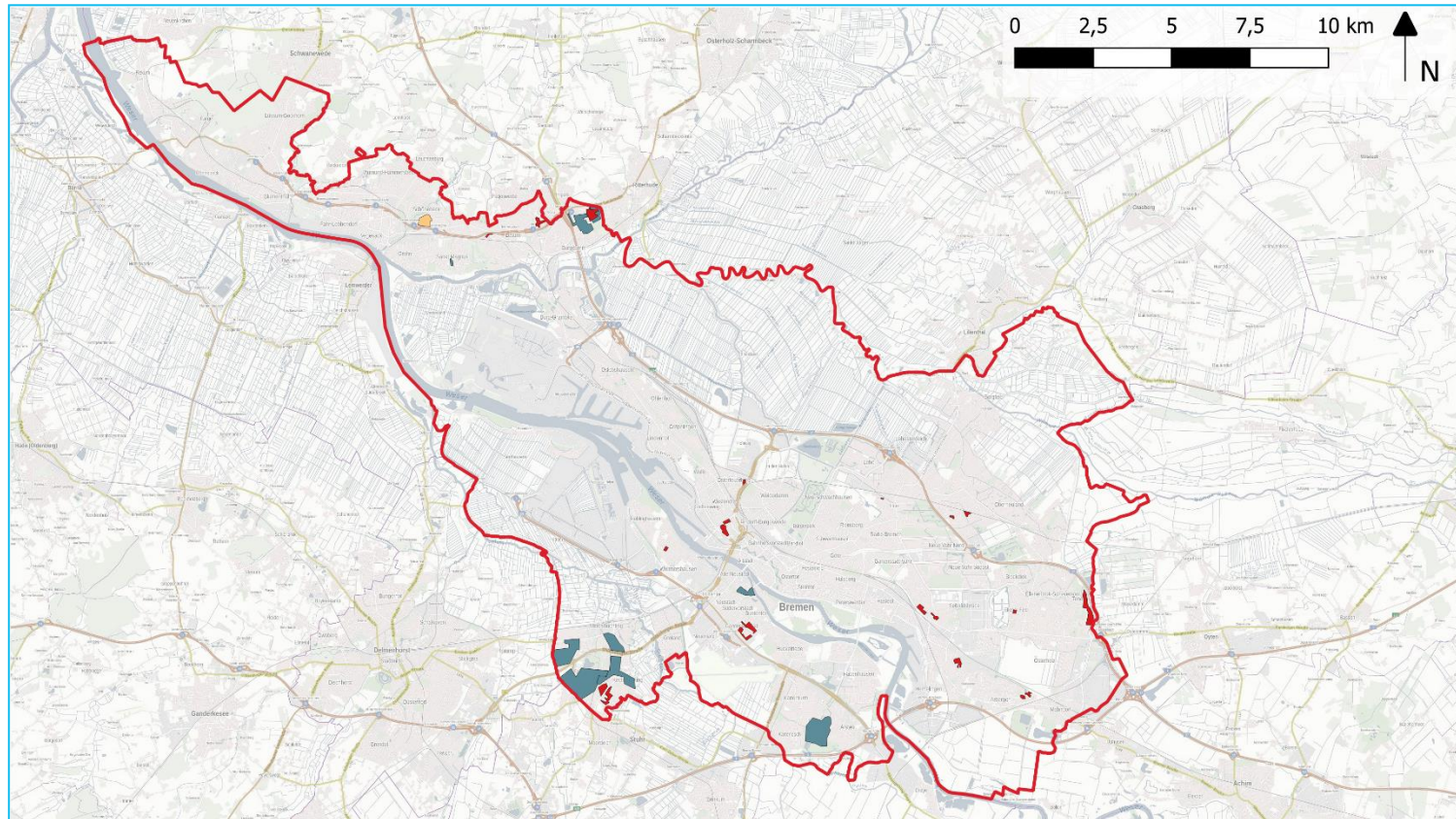
Stand der Nahwärmeversorgung - Bremen



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



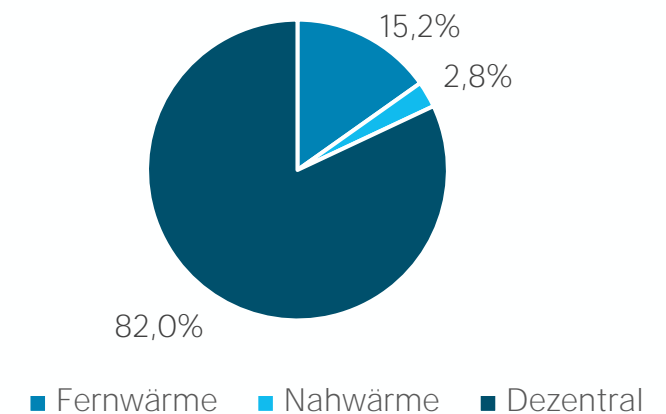
Lokalisierung Nahwärmebestand

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Wärmenetze im Bestand

- swb AG
- Enercity AG
- GEWOBA AG

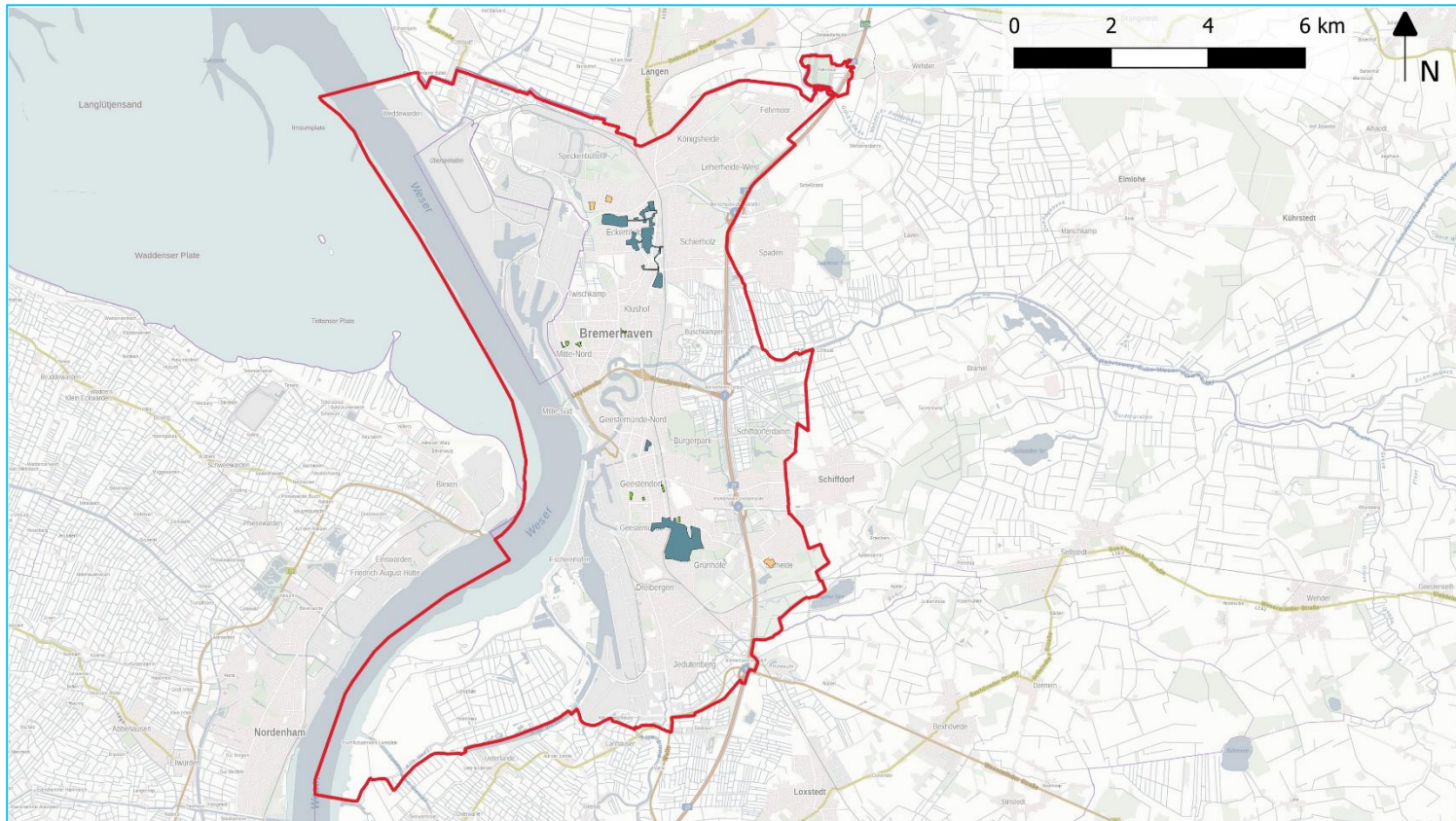
- Es bestehen neben dem Fernwärmenetz 6 weitere Inselnetze der swb, sowie 23 kleinere Netze von Gewoba und 1 Netz von Enercity
- Die größeren Wärmenetze beschränken sich auf die Stadtteile Huchting, Obervieland und Burglesum



Stand der Nahwärmeversorgung - Bremerhaven



AVERDUNG



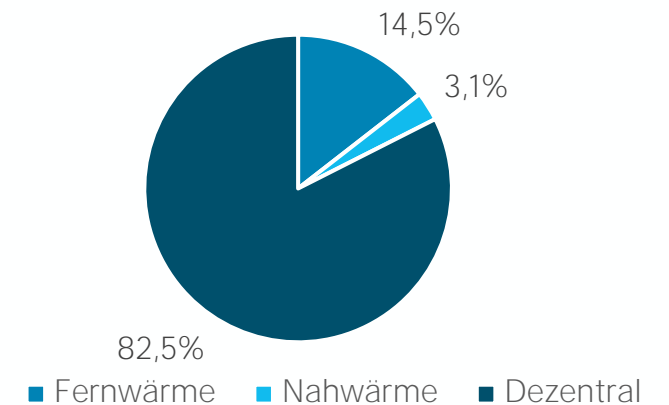
Lokalisierung Nawärmebestand

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Wärmenetze im Bestand

- swb AG
- Enercity AG
- Städtische Wohnungsgesellschaft Bremerhaven mbH

- Es bestehen neben dem Fernwärmenetz 4 weitere Inselnetze der swb, sowie 8 kleinere Netze von der Stawog und 3 Netze von Enercity



Stand der Nahwärmeversorgung

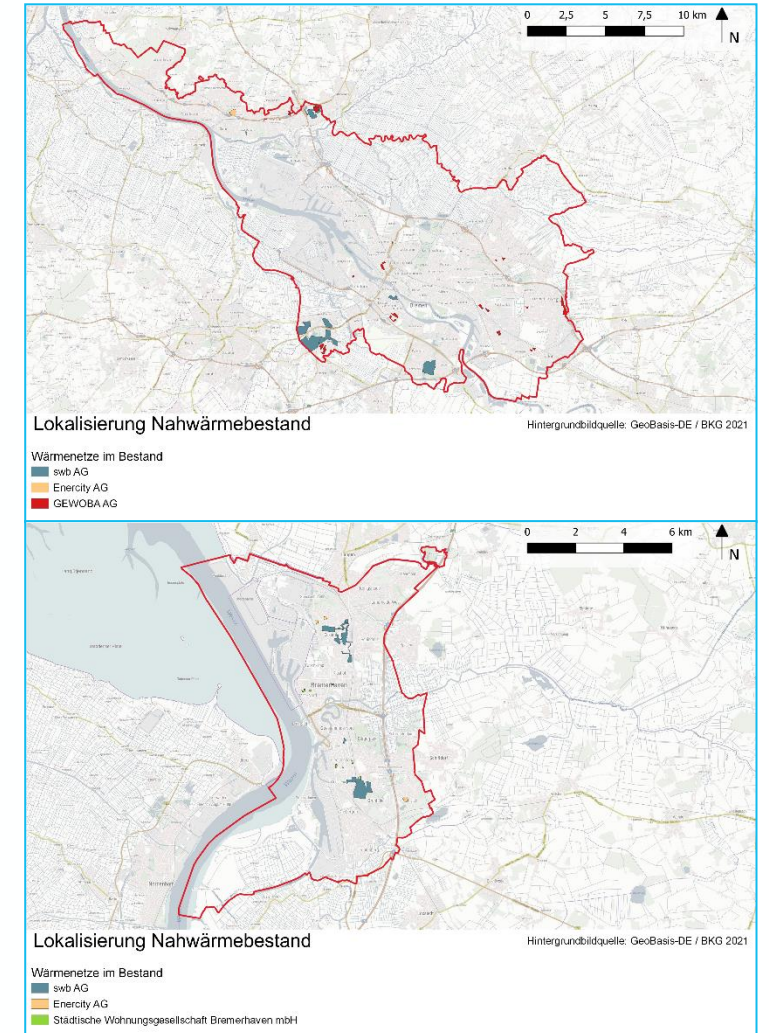


AVERDUNG

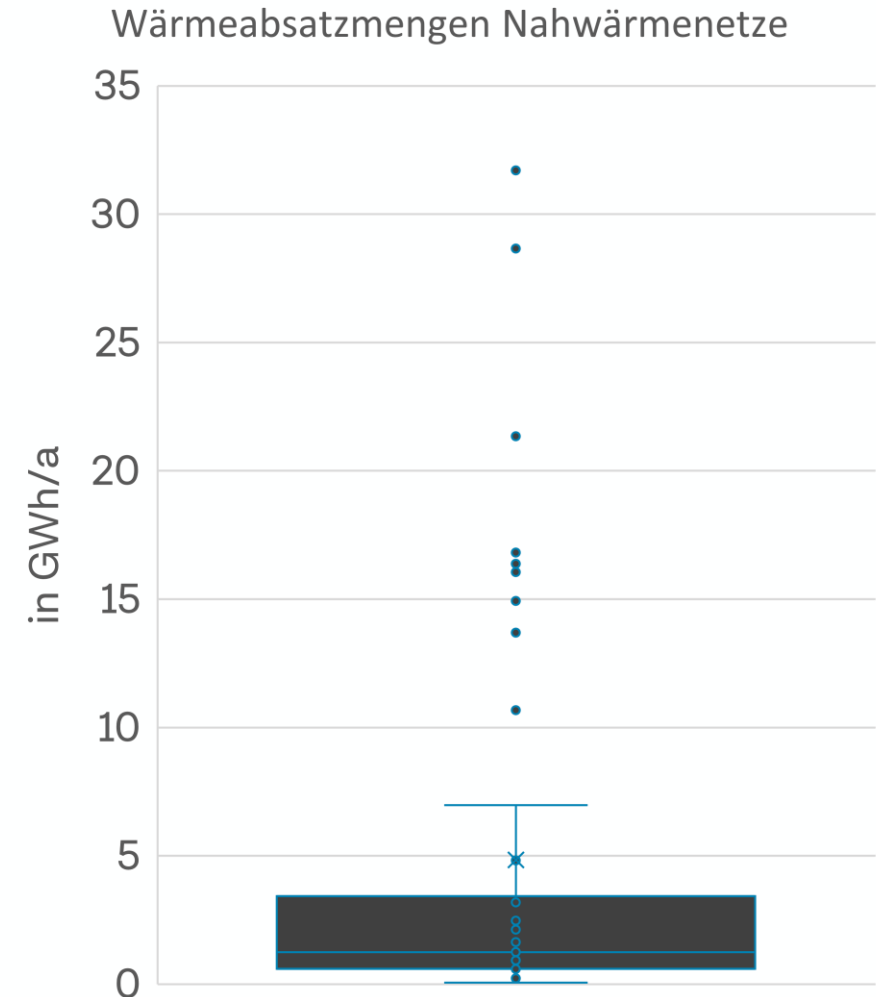


	Bremen	Bremerhaven
swb AG	6	4
GEWOBA AG	23 kleine Netze	-
Enercity AG	1	3
Stäwog	-	8 Gebäudenetze
Gewosie	Keine Nahwärmenetze im Bestand	
Urbana/Getec	Nur kleinteilige Gebäudenetze	
Fernwärme Nord	Keine Auskunft zu Netzen (mit Verweis auf Datenschutz und Konkurrenz)	

- Es bestehen Potenziale zur **Erweiterung** und **Verdichtung** der bestehenden Nahwärme- und Gebäudenetze zu größeren Einheiten

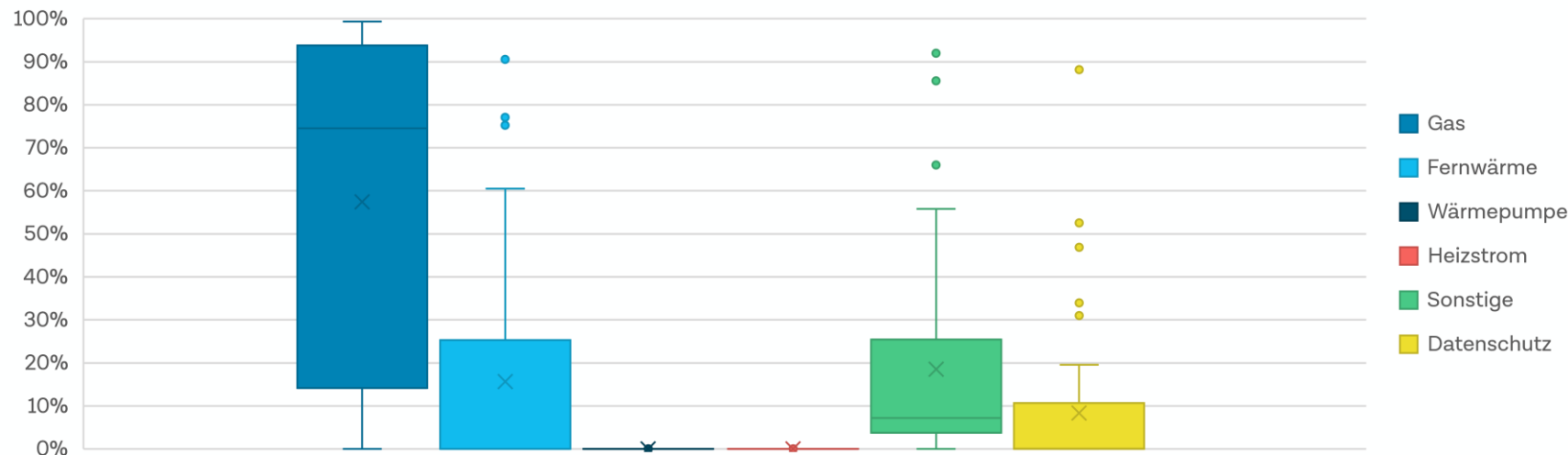


- Die Kundenstruktur der Nahwärmenetze ist **homogen** und basiert zu ca. **90 %** auf dem **Wohnungsmarkt**
- Der Wärmeabsatz lag 2017 bei etwa **230 GWh/a** (82 % in Bremen und 18 % in Bremerhaven)
- Der Wärmeabsatz ist bei **drei Viertel** der Netze **kleiner als 3,5 GWh/a**
- Bei vielen Nahwärmenetzen handelt es sich um sehr kleine Versorgungsnetze, meist mit **BHKWs** in **MFH-Siedlungen**



- Auf Basis der Angaben zum Energiemix wurde ausgewertet, wie die **aktuelle Wärmeversorgung in den Nahwärmenetzgebieten** erfolgt.
- Vorwiegend werden zur Wärmeerzeugung **Gas** und **sonstige Energieträger** eingesetzt.
- **Für den Teil der mit „Fernwärme“ versorgt wird, besteht im Grunde keine Aussage zum aktuellen Energiemix.** Hier liegt nur die Information vor, dass es sich um eine leitungsgebundene Wärmeversorgung im entsprechenden Gebiet handelt. Es handelt sich dabei nicht um eine Versorgung durch eins der großen Fernwärmegebiete.

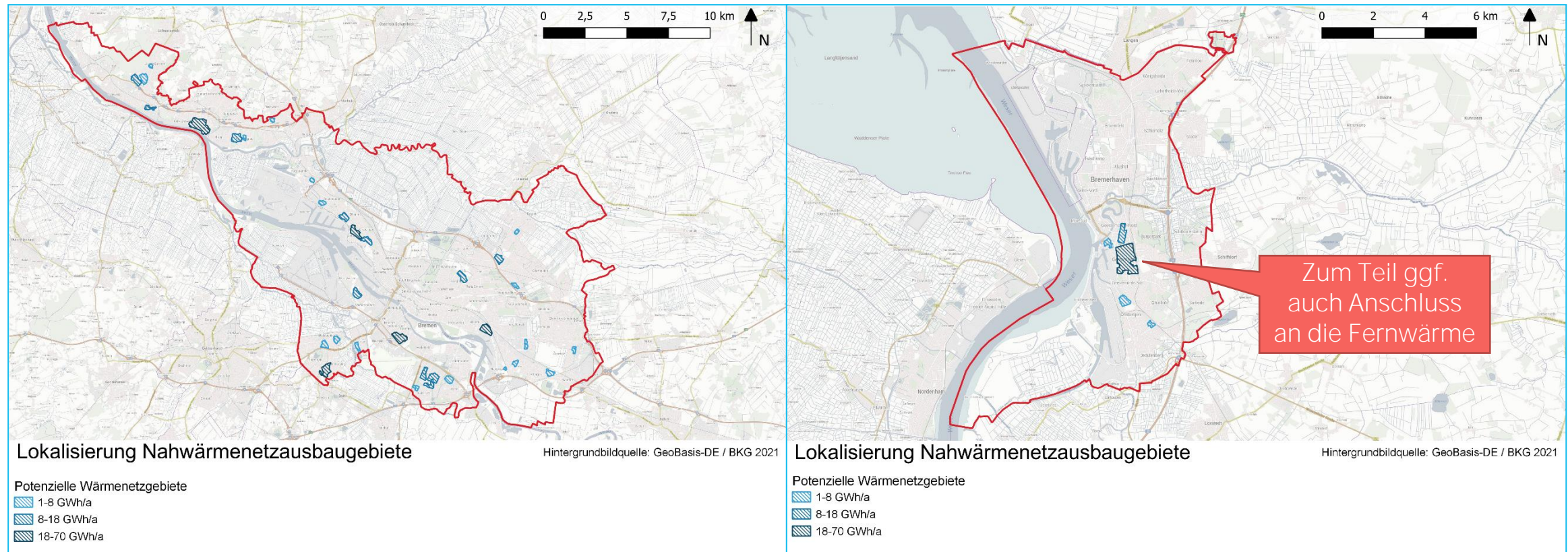
Aktuelle Wärmeversorgungsstruktur der Nahwärmenetze



AP2: Nahwärme

- Stand der Nahwärme
- **Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete**
- Potenzielle EE-Wärme
- Dekarbonisierung der Nahwärme
- Auswirkung des CO₂-Preises auf die WGK

- Erschließung eines zusätzlichen Wärmeabsatzes von ca. 420 GWh/a (78 % in HB und 22 % in BHV)
- Dies entspricht etwa einer **Verdreifachung des Wärmeabsatzes** durch leitungsgebundene Wärme abseits der Fernwärme



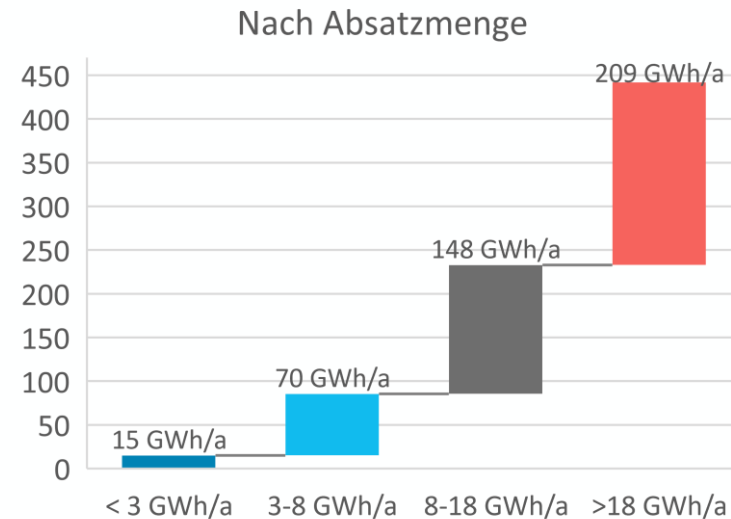
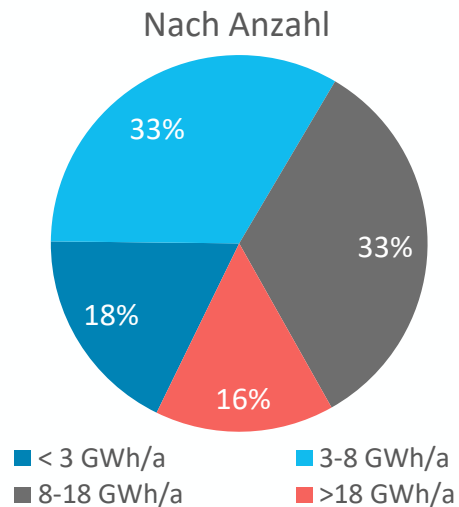
Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete



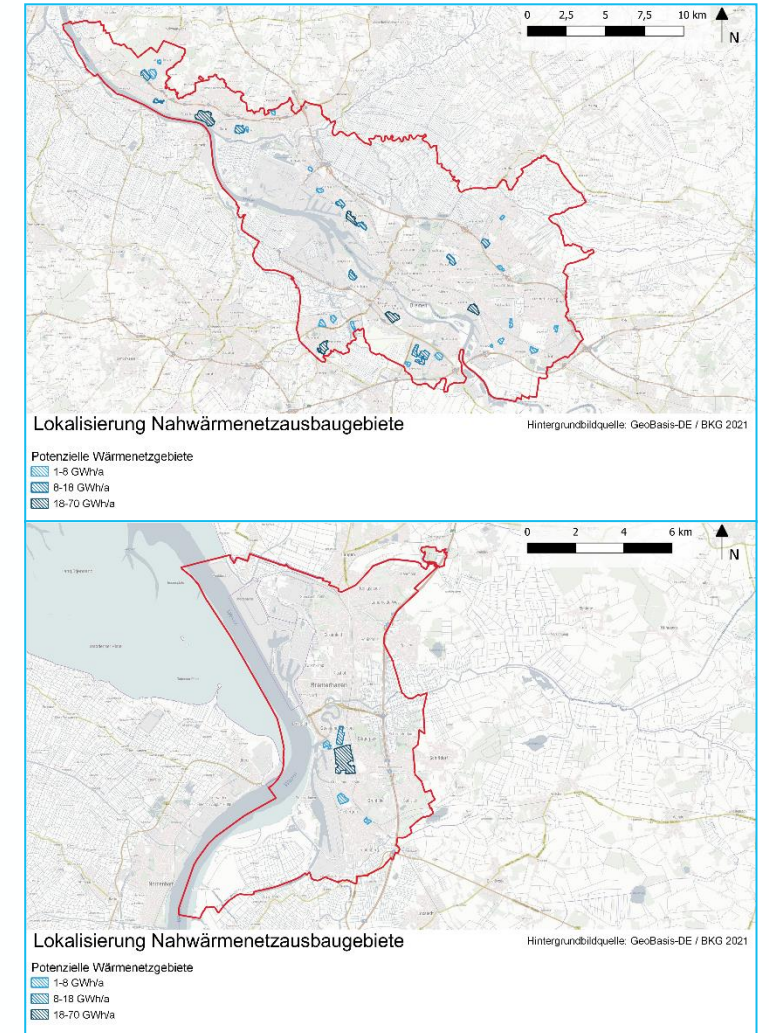
AVERDUNG



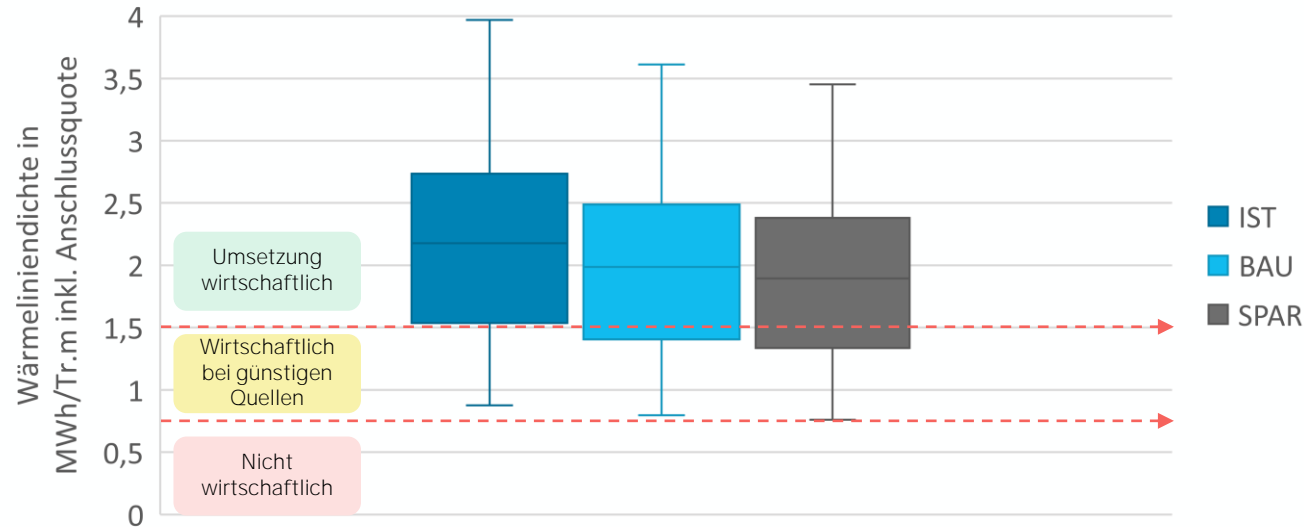
- In Bremen wurden 34 potenzielle Nahwärmenetze identifiziert, in Bremerhaven 5.



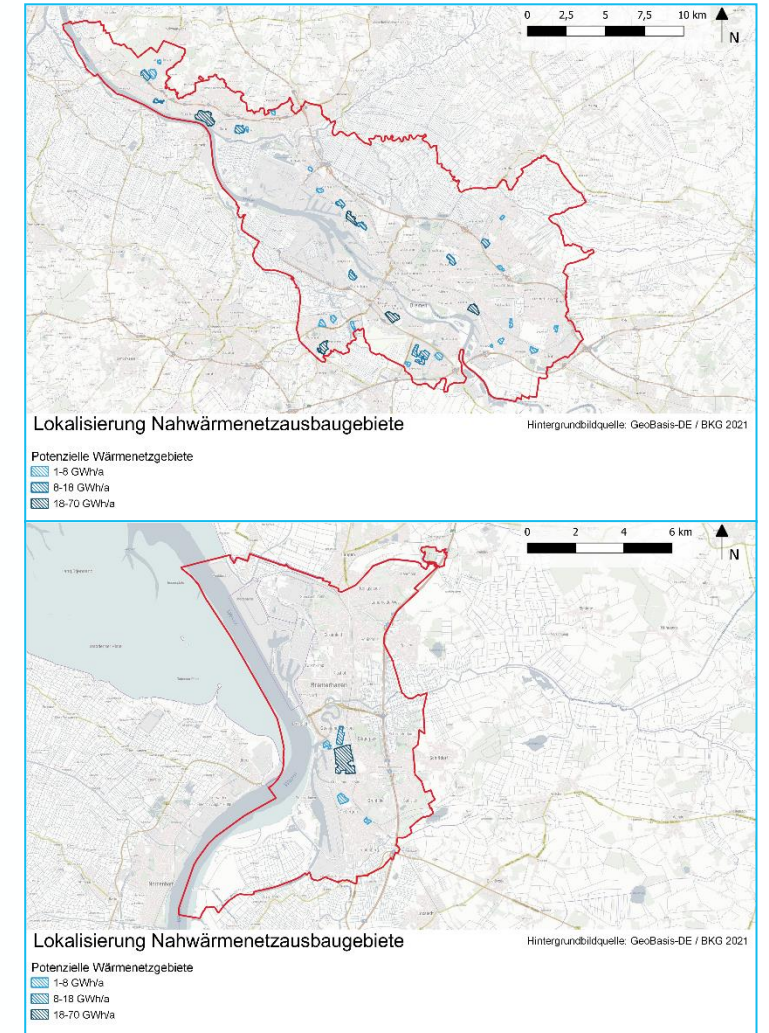
- 51 % der Nahwärmenetze hat einen jährlichen Wärmeabsatz < 8 GWh
- Etwa die Hälfte des Wärmeabsatzes entfällt auf große Netzgebiete mit einem Absatz > 18 GWh/a.



- Entwicklung der Wärmeliniendichten



- Herangehensweise eher konservativ, zum Teil können noch höhere Wärmeliniendichten erzielt werden.
- Auch durch **Sanierungen** bis 2030 werden die Nahwärmenetze **nicht unwirtschaftlich**, bzw. die WLD bleibt $> 0,75$ MWh/Tr.m
- Verbesserung der Anschlusswahrscheinlichkeit durch größere Wohnungsunternehmen



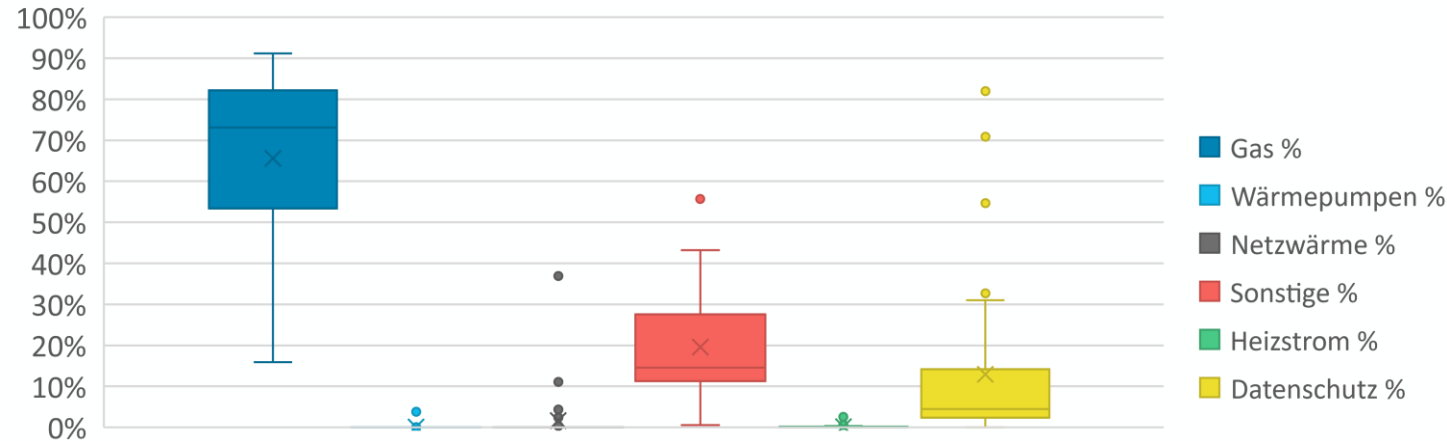
Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete



AVERDUNG

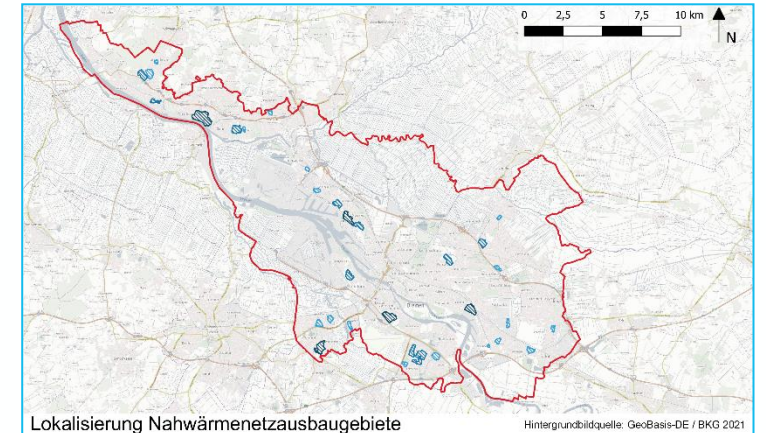


- Aktuelle Wärmeversorgungsstruktur der Gebiete



Wärmeversorgung im Bestand

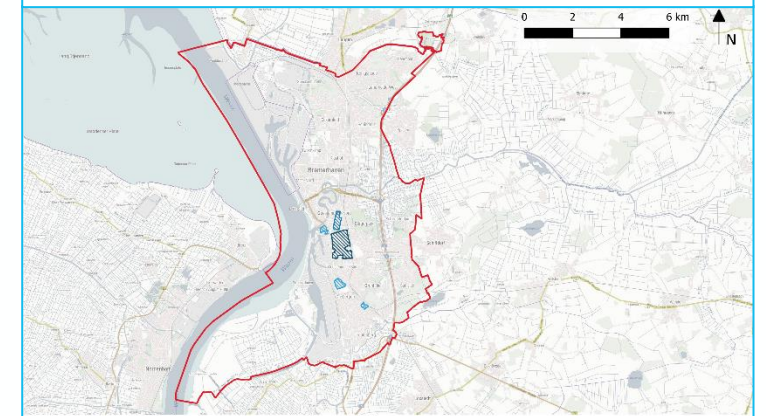
- Wärmepumpen spielen in den Gebieten bisher keine Rolle.
- Ein Großteil der Wärme wird bisher über Erdgas oder sonstige Energieträger bereit gestellt.



Lokalisierung Nahwärmenetzausbaugebiete

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Potenzielle Wärmenetzgebiete
 1-8 GWh/a
 8-18 GWh/a
 18-70 GWh/a



Lokalisierung Nahwärmenetzausbaugebiete

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Potenzielle Wärmenetzgebiete
 1-8 GWh/a
 8-18 GWh/a
 18-70 GWh/a

AP2: Nahwärme

- Stand der Nahwärme
- Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete
- **Potenzielle EE-Wärme**
- Dekarbonisierung der Nahwärme
- Auswirkung des CO₂-Preises auf die WGK

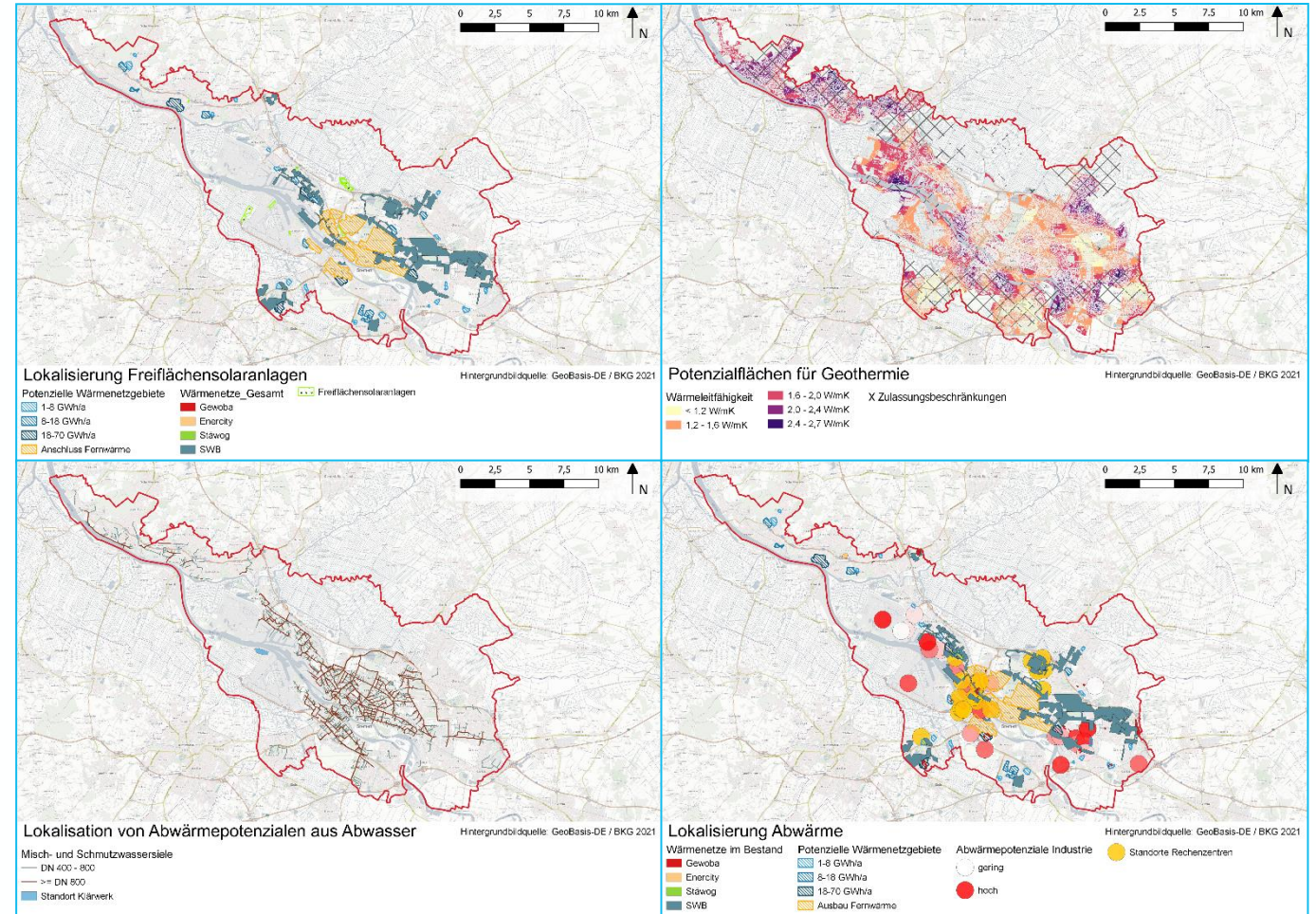
- Potenzialermittlung für die einzelnen Netze durch einen räumlichen Abgleich

Quantitative Aussagen:

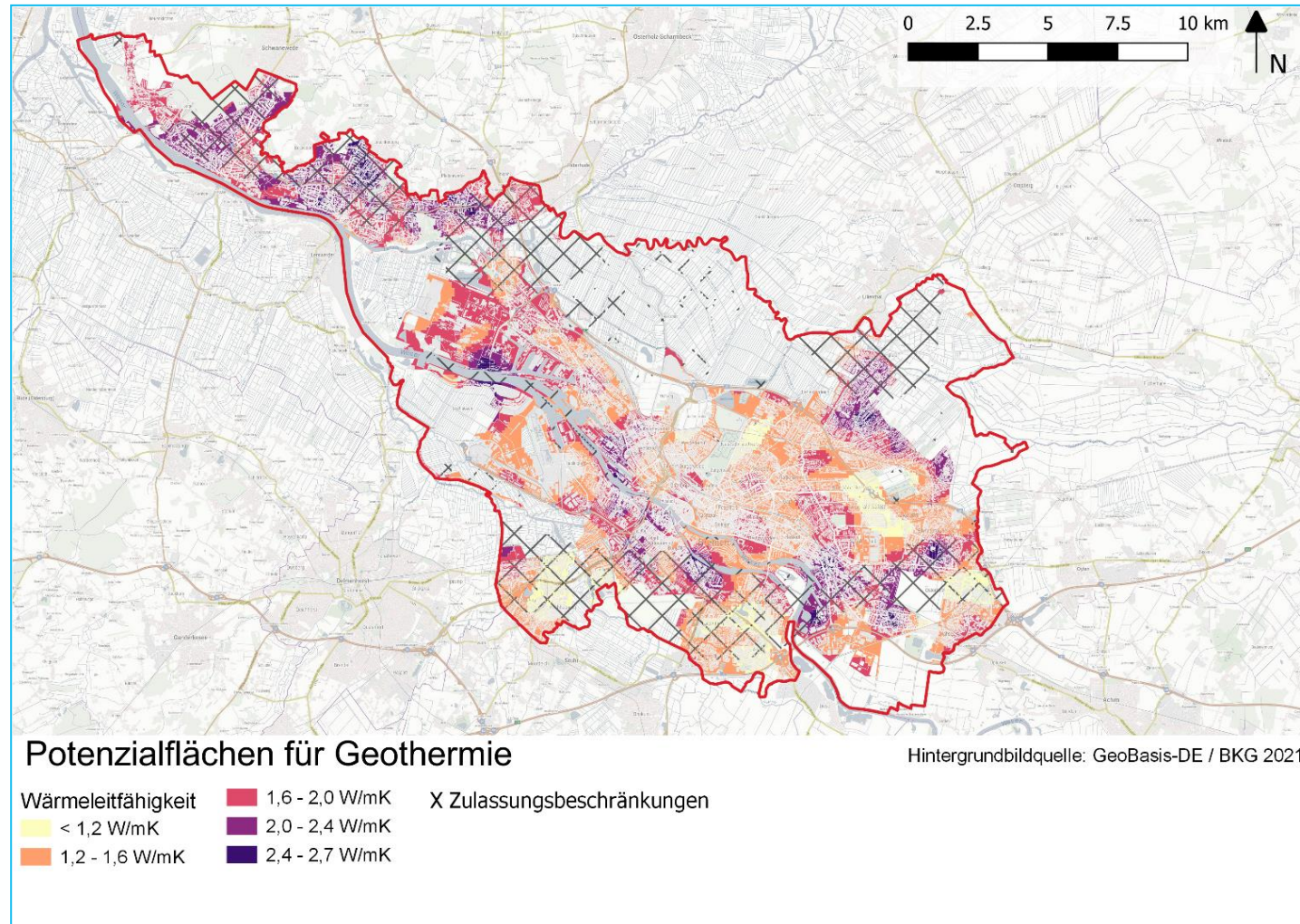
- Wärmepumpenquellen:
 - Geothermie
 - Luft
- Aufdach-Solarthermie

Qualitative Aussagen

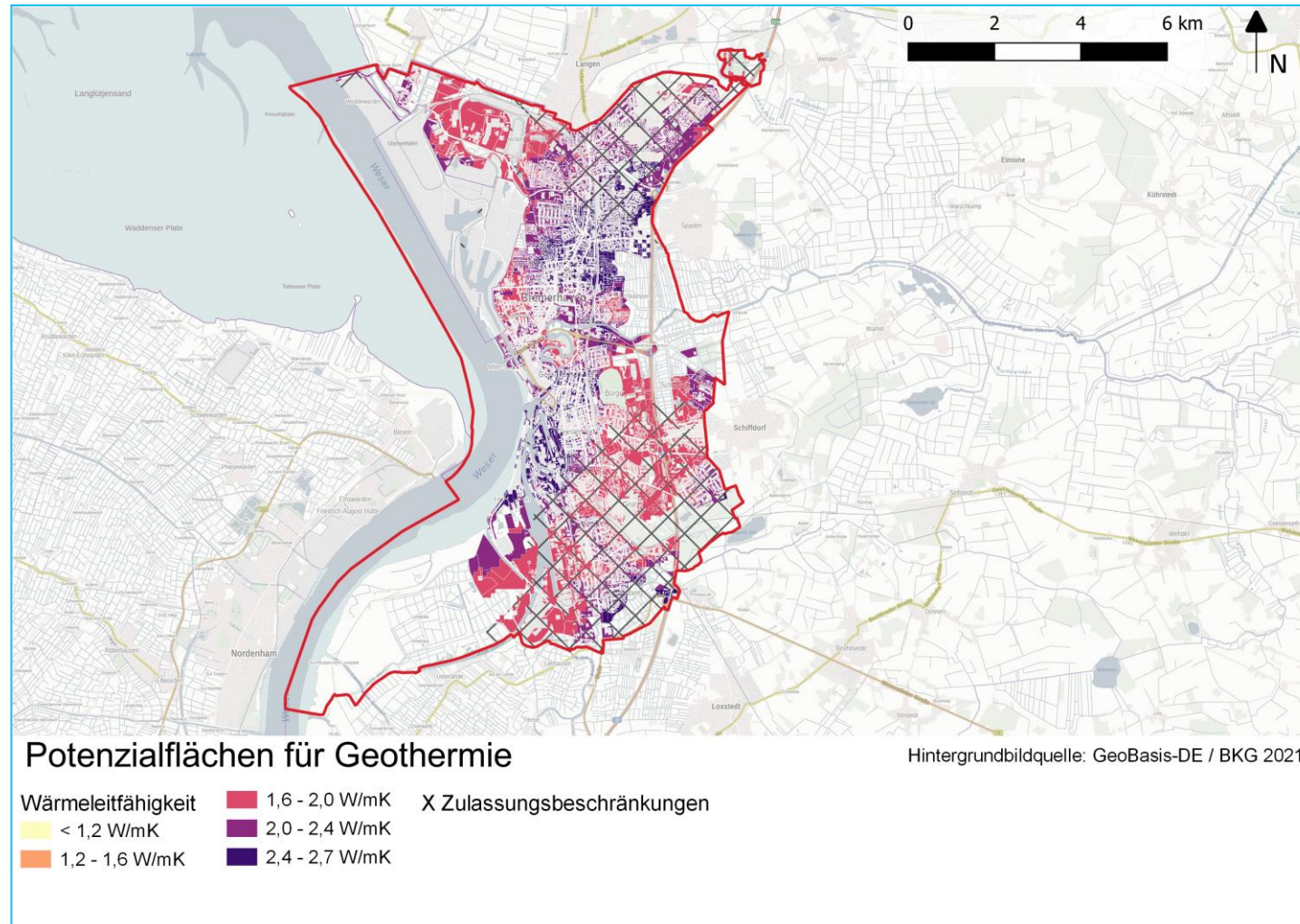
- Räumliche Nähe zu:
 - Abwärmequellen (Heizkraftwerk, Gewerbegebiet, Klärwerk)
 - Abwassersiel
 - Gewässer



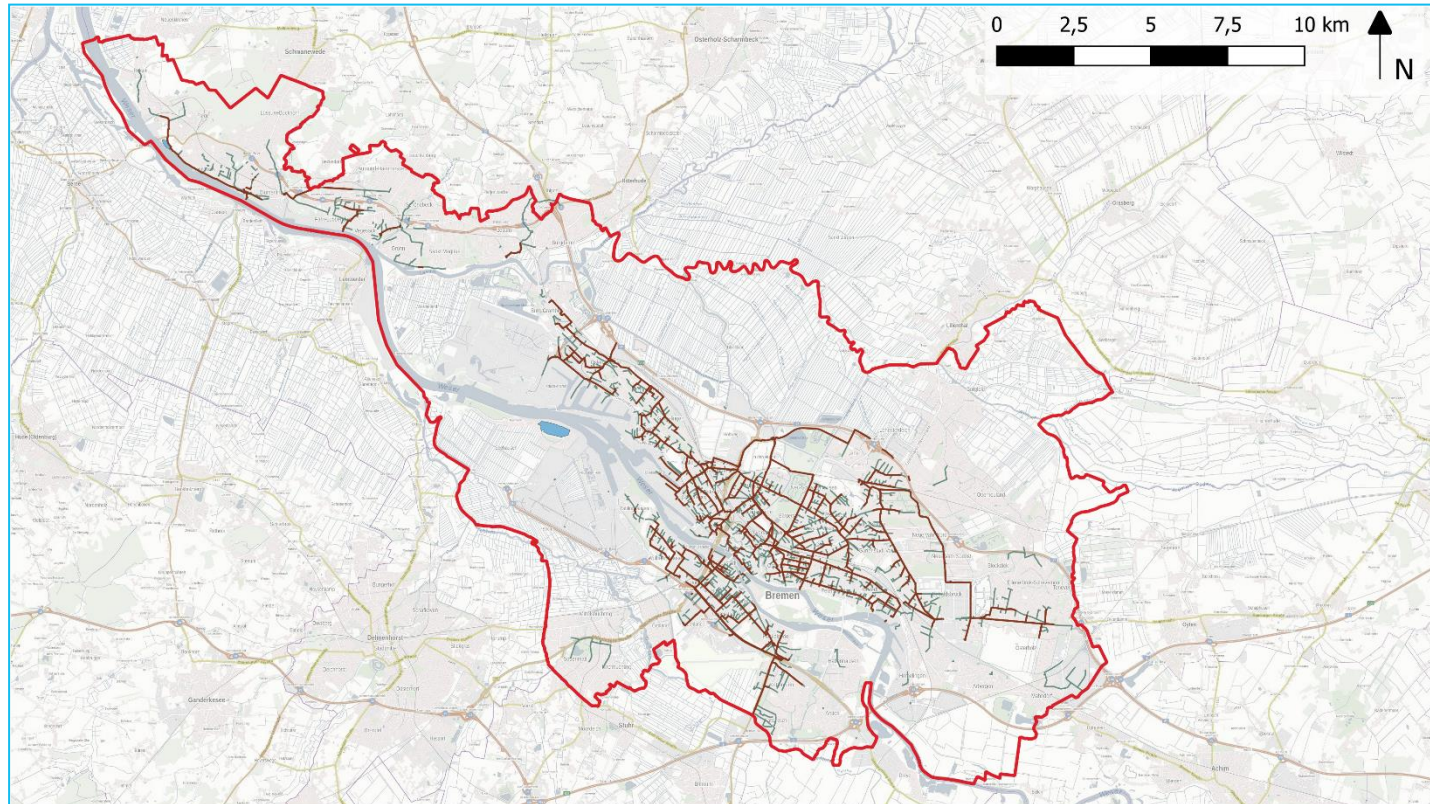
Identische Betrachtung auch für Bremerhaven



- Berechnung der Potenzialflächen über Verkehrsflächen, Wasserwege, Gebäudeflächen, Schutzgebiete, Baumkataster etc.
- Mittlere **Wärmeleitfähigkeit** Bremen: 1,92 W/m*K
- Basis Annahmen für Potenzialermittlung: Bohrtiefen ca. 100 m, Sondenabstände 7,5 m COP 3,5
- Einbringung von Erdsonden auch in LSG möglich
- Weitere Potenzialhebung durch **aktive Regeneration** des Untergrunds



- Berechnung der Potenzialflächen über Verkehrsflächen, Wasserwege, Gebäudeflächen, Schutzgebiete, Baumkataster etc.
- Mittlere **Wärmeleitfähigkeit** Bremerhaven: 2,36 W/m*K
- Basis Annahmen für Potenzialermittlung: Bohrtiefen ca. 100 m, Sondenabstände 7,5 m COP 3,5
- Einbringung von Erdsonden auch in LSG möglich
- Weitere Potenzialhebung durch **aktive Regeneration** des Untergrunds



Lokalisation von Abwärmepotenzialen aus Abwasser

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

- Misch- und Schmutzwassersiele
- DN 400 - 800
- >= DN 800
- Standort Klärwerk

- Leitungsauskunft von Hanse Wasser zu **Misch- und Schmutzwassersielen**
- Keine Daten für Bremerhaven erhalten
- Ganzjährige Abwärmequelle
- Nachträglicher Einbau der Wärmetauscher ab ca. DN 800 möglich
- Bei DN 400 ist die Kombination mit Baumaßnahmen am Siel vorteilhaft

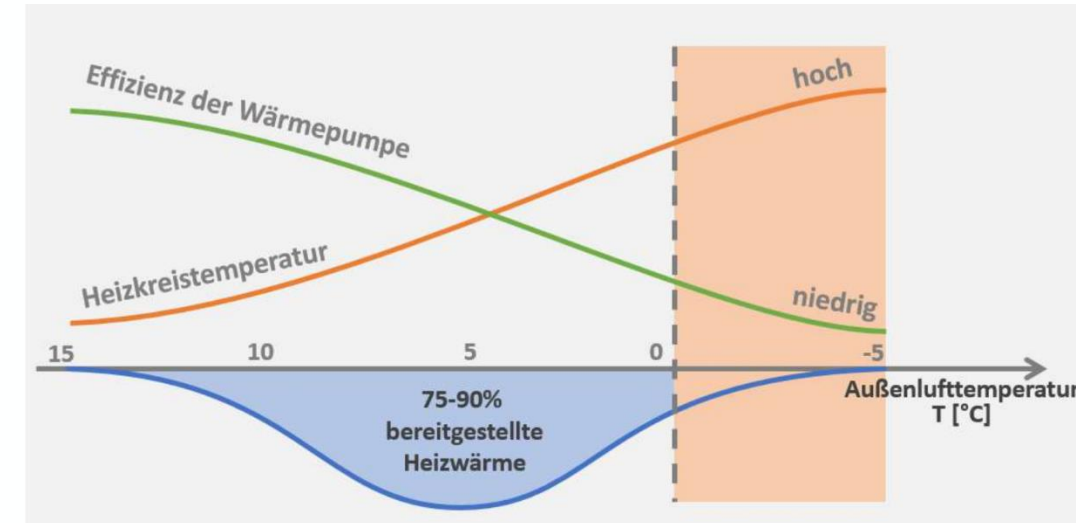


Abwasserwärmetauscher (Urheber Ulrich-Perrey)

- Große Luft-Wärmepumpen



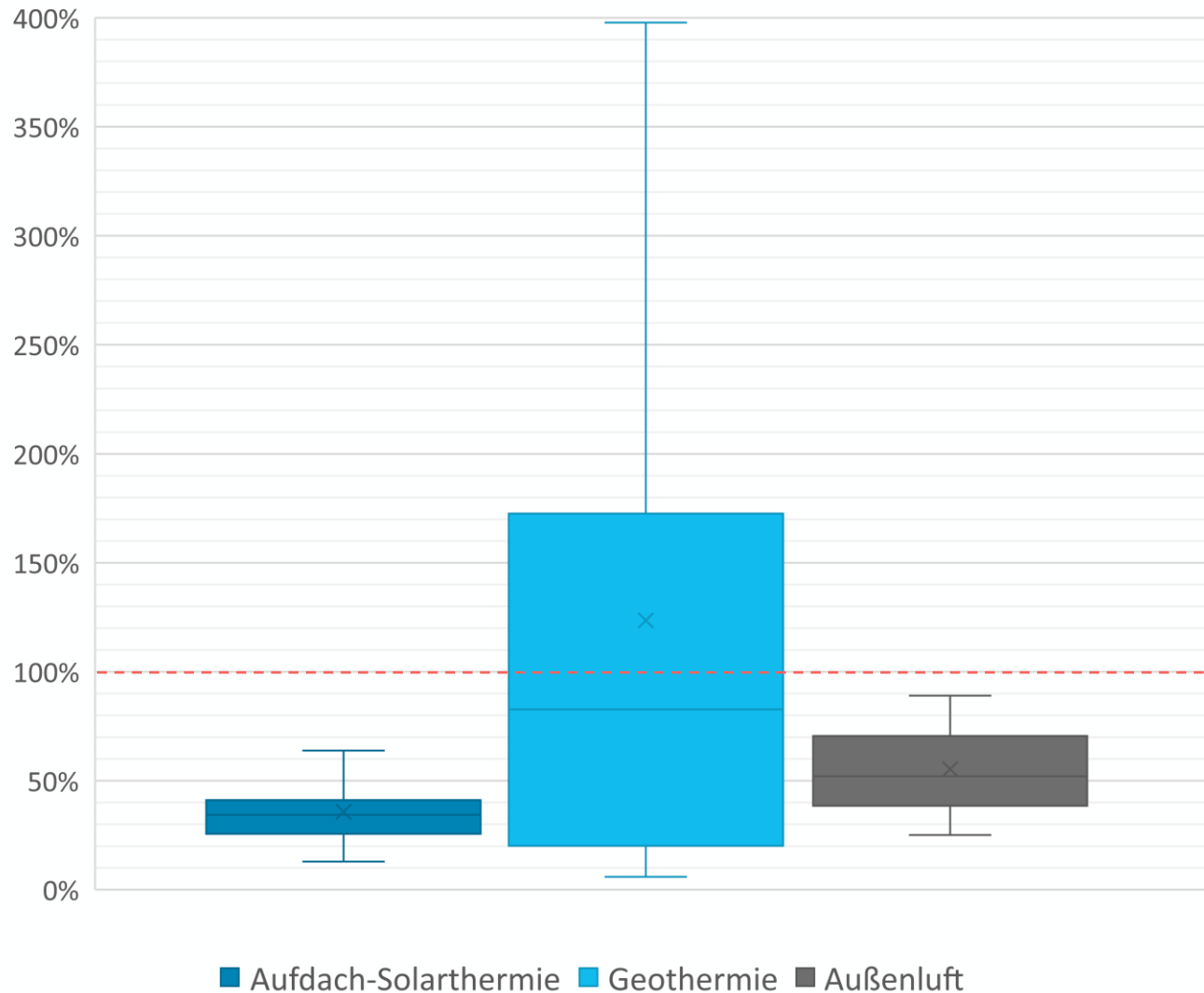
1 MW Luft-Wärmepumpe in Slagslund, Dänemark (Grafik: PlanEnergi)



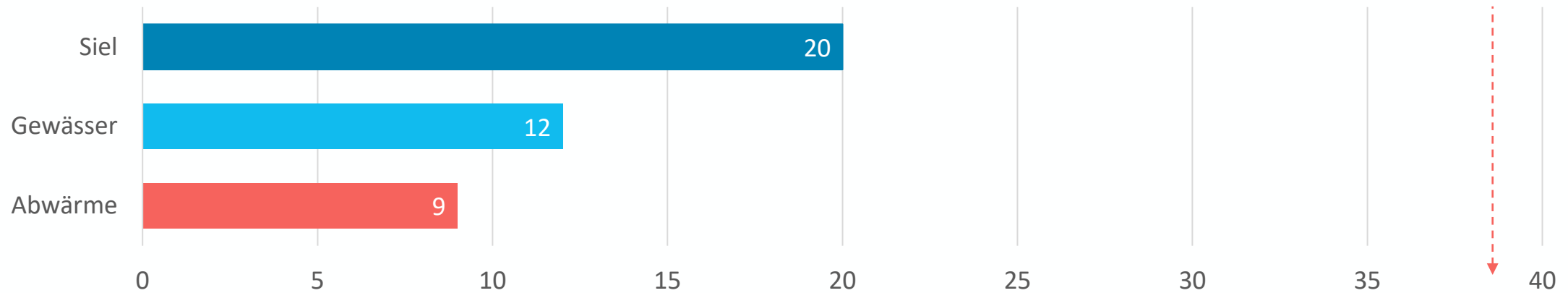
Grafik : Fraunhofer ISE)

- Potenziale liegen bei vorwiegender Wohnbebauung¹
 - Bei AUT bis 5°C bei 51-54 %
 - Bei AUT bis -5°C bei 96-98 %
- Besonders für Nahwärmenetze mit niedrigeren Netztemperaturen relevant

¹ Ortner, S. et al. (2020): Berichtspflicht gemäß der Richtlinie (EU) 2018/2001 zum Potenzial der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen – Bewertung des Potenzials im Bereich der Energie aus erneuerbaren Quellen und der Nutzung von Abwärme und -kälte im Wärme- und Kältesektor in der Bundesrepublik Deutschland. ifeu & Hamburg Institut Research gGmbH, Heidelberg



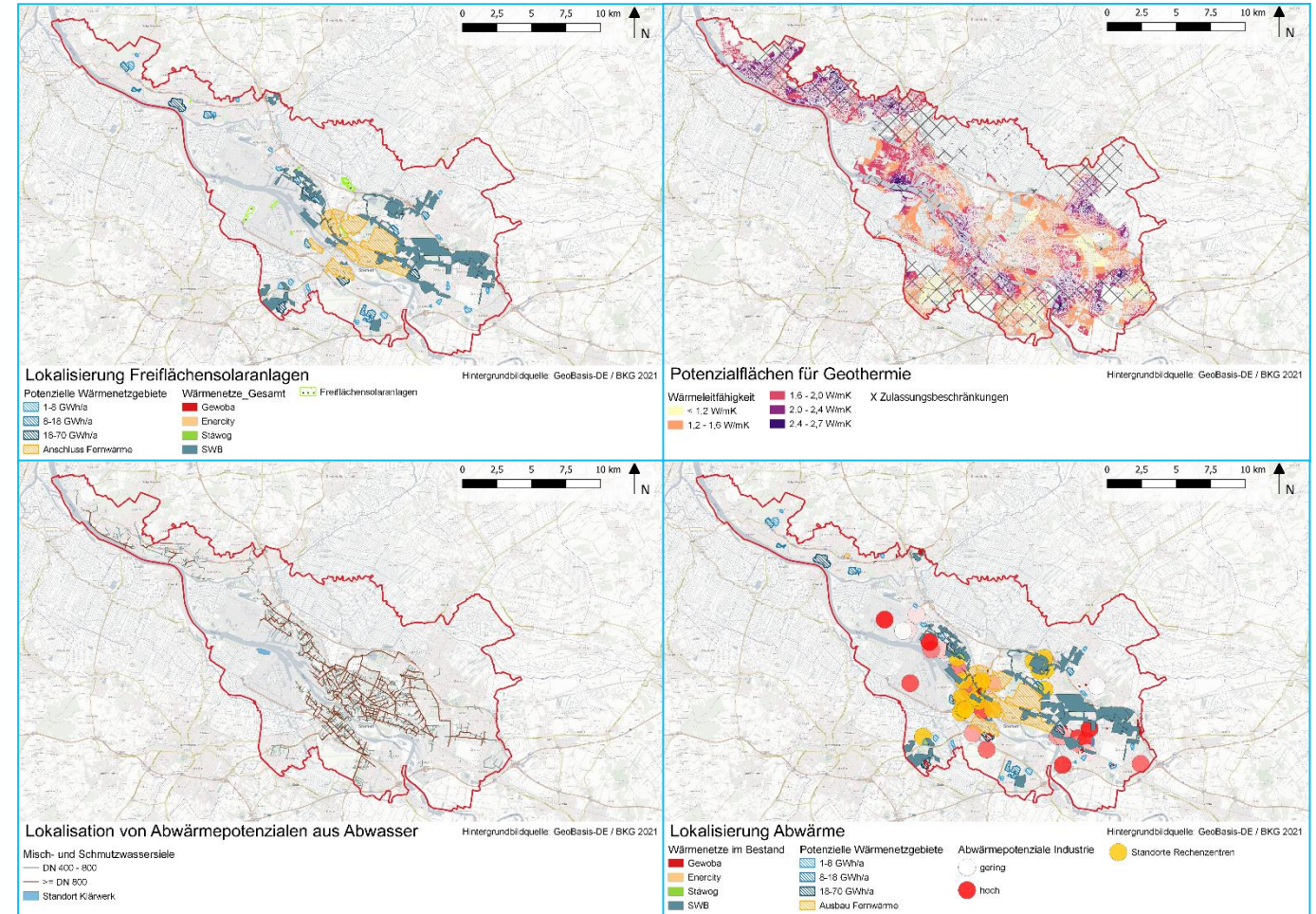
- Für jedes potenzielle Nahwärmenetz wurden die lokal verfügbaren erneuerbaren Energiequellen qualitativ ausgewertet.
- Dargestellt sind die potenziellen prozentualen Wärmebedarfsanteile in Quantilen. Die Deckungsanteile variieren je nach Netzgebiet.
- Bei der Nutzung der **Außenluft** als Wärmequelle können in Abhängigkeit des Betriebspunktes zwischen 25 % und > 90 % des Wärmebedarfs gedeckt werden.



- Für jedes potenzielle Nahwärmenetz der insgesamt 39 identifizierten Netzgebiete wurde ermittelt, ob in einem räumlichen Zusammenhang weitere erneuerbare Wärme oder Abwärmequellen erschlossen werden könnten.
- 12 von 39 Netzen haben auf den ersten Blick keine weiteren Wärmepotenziale.
- Häufig besteht ein räumlicher Zusammenhang zu mehr als einer möglichen Wärmequelle.
- Lesebeispiel: 20 von 39 Netzen haben einen räumlichen Zusammenhang mit einem Abwassersiel.
- Die Verifizierung und Quantifizierung der Potenziale kann durch Einzelauswertungen in [Quartiers- oder Energiekonzepten](#) erfolgen.

Hauptaussagen:

- Bei etwa 3/4 der pot. Nahwärmenetze kann der sommerliche Wärmebedarf vollständig durch **Solarthermieanlagen** gedeckt werden.
- Bei Erschließung von 25 % der Potenzialflächen für **Erdsonden** kann der Bedarf zum Großteil oder bereits vollständig gedeckt werden.
- Auch **Außenluft** als Wärmequelle kann in Abhängigkeit des Betriebspunktes einen Großteil des Wärmebedarfs decken.
- Häufig besteht **mehr als eine weitere optionale Wärmequelle**, wie (Ab)Wärme aus dem Sied, Gewerbe oder Gewässer.
- Verifizierung und Einzelauswertung in Quartiers- oder Energiekonzepten erforderlich



Identische Betrachtung auch für Bremerhaven

- Eine Verifizierung und Einzelauswertung der Wärmequellen und –senken ist für jedes potenzielle Wärmenetzgebiet erforderlich. Hierfür können Quartiers- oder Energiekonzepte durchgeführt werden.
- Das [KfW Programm 432 - Energetische Stadtsanierung](#) bezuschusst Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier mit bis zu 75 % der förderfähigen Kosten. Gefördert wird neben der Erstellung eines integrierten Quartierskonzeptes auch das anschließende Sanierungsmanagement.
- Neben der Verifizierung der Potenziale werden zudem [lokale Akteure](#) angesprochen und gemeinsam werden umsetzungsorientierte und vorabgestimmte Maßnahmen formuliert. Das Sanierungsmanagement verstetigt den Prozess und begleitet die Maßnahmenumsetzung.
- Besonders für Neubauvorhaben eignen sich [Energiekonzepte](#), um die lokalen erneuerbaren Wärmepotenziale zu prüfen und zu erschließen. Unter wirtschaftlicher Vertretbarkeit sollten in Neubaugebieten Nahwärmenetze mit größtmöglichen Anteilen erneuerbarer Wärme umgesetzt werden.
- Auch die Kombination von Energiekonzepten, in denen Neubauvorhaben und Bestandsquartiere gemeinsam untersucht werden, bieten weitere Vorteile.

AP2: Nahwärme

- Stand der Nahwärme
- Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete
- Potenzielle EE-Wärme
- Dekarbonisierung der Nahwärme
- Auswirkung des CO₂-Preises auf die WGK

Dekarbonisierung der Nahwärmenetze

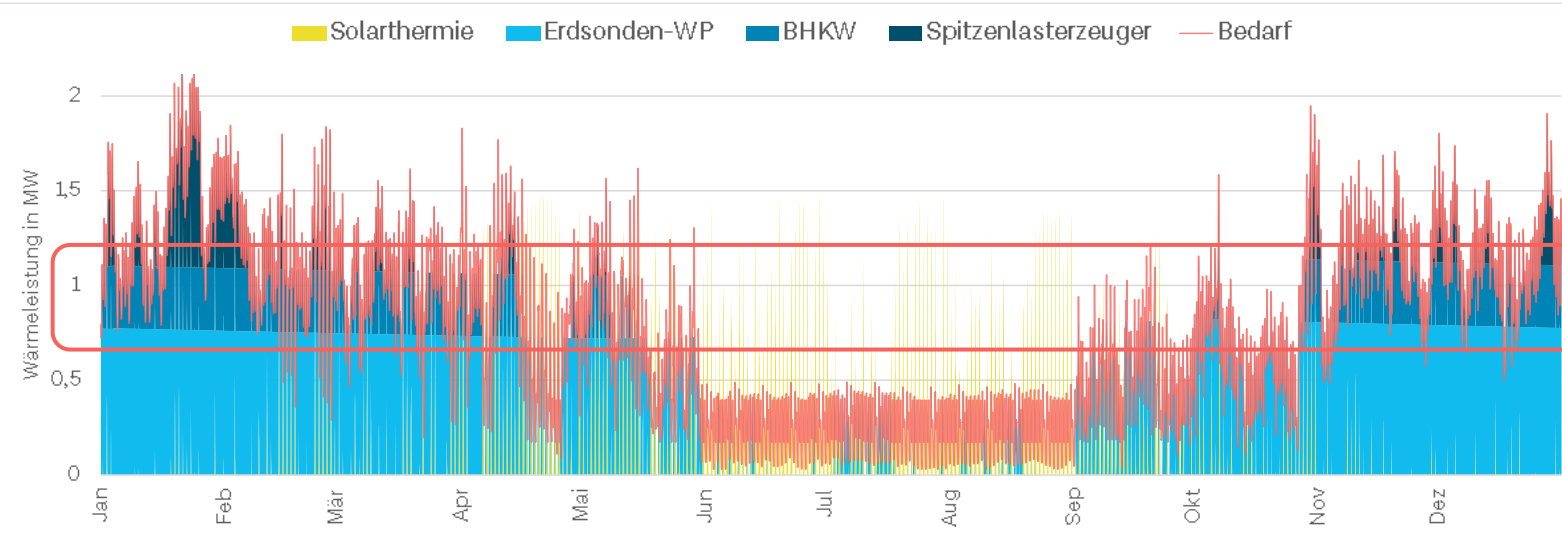


AVERDUNG

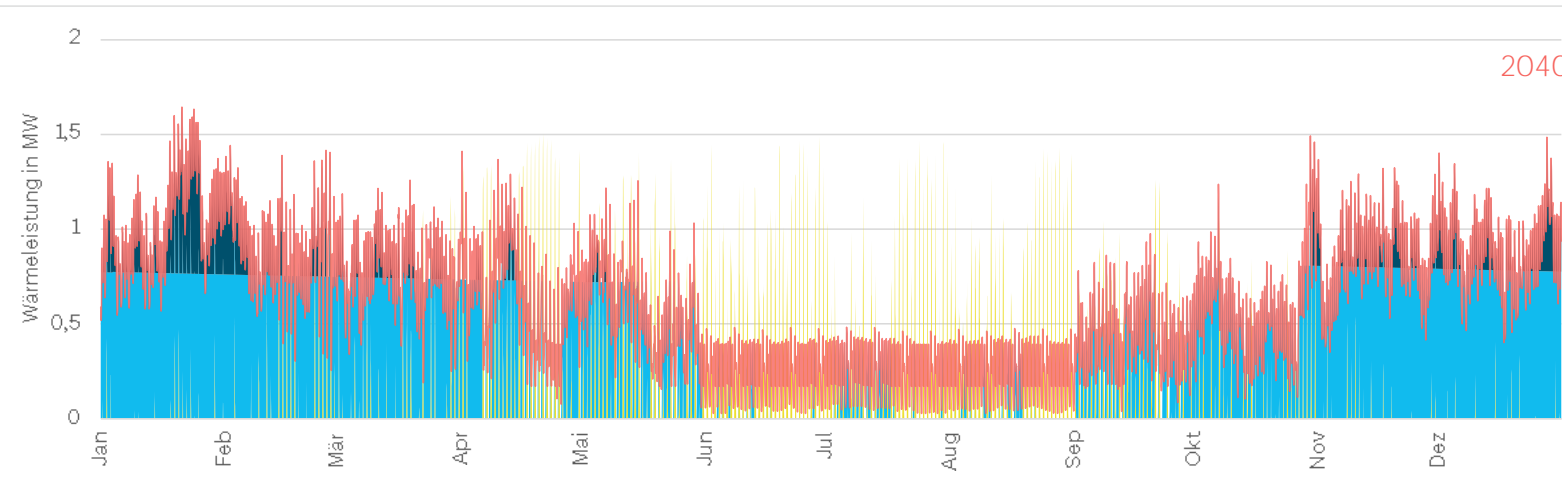


Absatzszenario von 6 GWh mit **Eigenstrom-BHKW**

2025



2040



1.) Integration von 50-70 % erneuerbarer Wärme in bestehende und neue Wärmenetze



2.) Bedarfsreduktionen durch Gebäudemodernisierungen tragen zur Dekarbonisierung der Netze bei.



3.) Ersatz des Spitzenlasterzeugers zur vollständigen Dekarbonisierung

Erläuterung zu vorheriger Folie:

- Das Wärmesystem kombiniert erneuerbare Wärme (Solarthermie in den Sommermonaten, Erdwärme in den Wintermonaten) mit einem **Eigenstrom-BHKW**. Das BHKW läuft immer zu Zeiten, in denen die Wärme und der Strom aus der gekoppelten Erzeugung vollständig im System genutzt werden können. Dafür wird das BHKW deutlich kleiner auf den Strombedarf der Wärmepumpe ausgelegt.
- Um Lock-in-Effekte zu vermeiden, sollte der erneuerbare Anteil im Wärmesystem bei einer Neuerrichtung oder Neuausrichtung von Wärmenetzen immer oberhalb von 50 % liegen.
- Um nach dem Abschreibungszyklus des BHKWs keine neue fossile Wärmequelle ins System zu integrieren, sollte die Sanierung im Absatzgebiet so weit vorangeschritten sein, dass das BHKW ersatzlos entfallen kann.
- In einem letzten Schritt sind die fossilen Spitzenlastkessel im System zu ersetzen. Aus wirtschaftlicher Sicht sind aktuell Erdgaskessel als Spitzenlasterzeuger Stand der Technik. Zukünftig könnte auf einen erneuerbaren Brennstoff oder PtH umgestellt werden. Welcher Spitzenlasterzeuger sich auf dem Markt in Zukunft durchsetzt, ist abzuwarten.

Dekarbonisierung der Nahwärmenetze

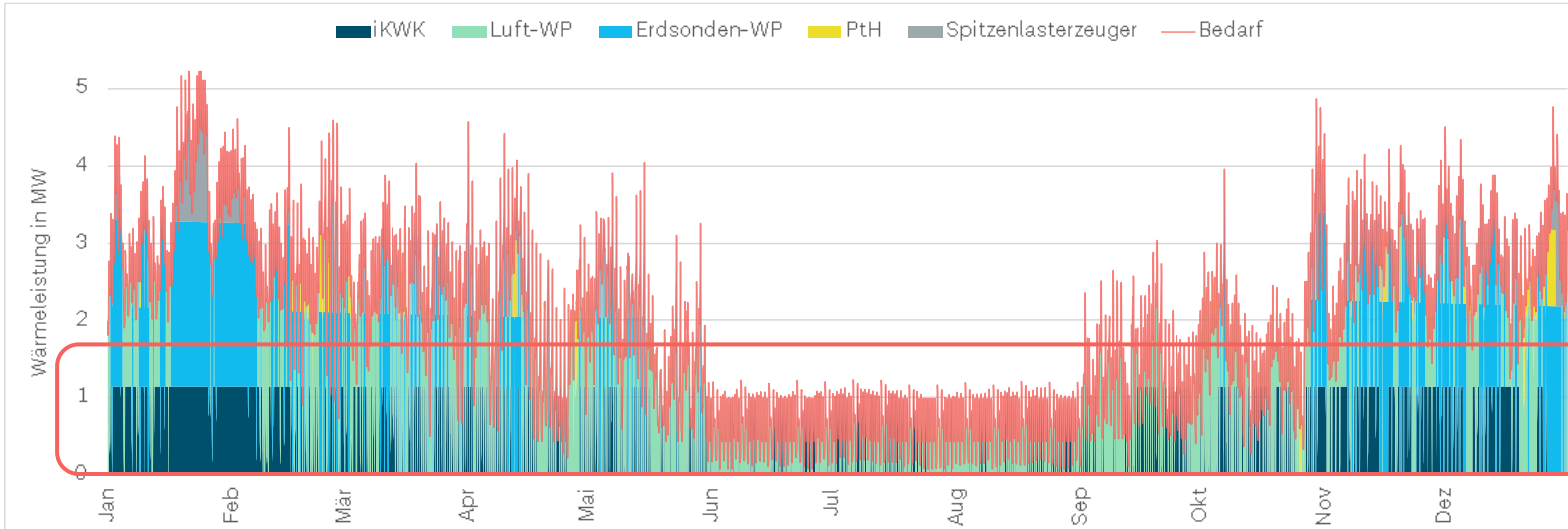


AVERDUNG

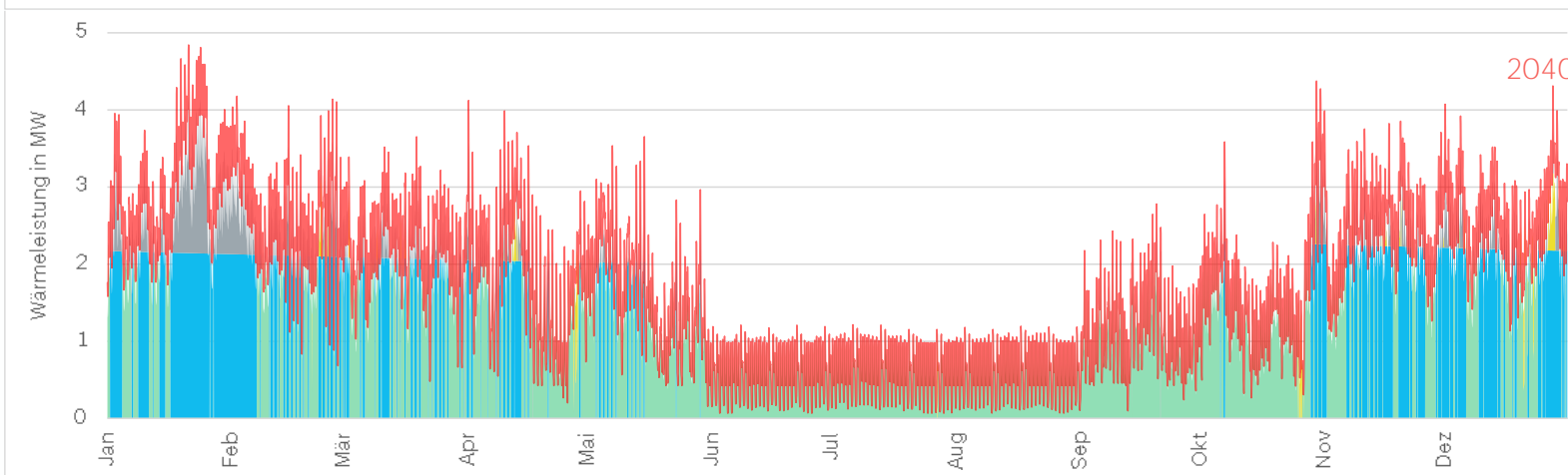


Absatzszenario von 15 GWh mit strommarktorientiertem BHKW

2025



Bedarfsreduktion von 20%



1.) Integration von 50-70 % erneuerbarer Wärme in bestehende und neue Wärmenetze



2.) Bedarfsreduktionen durch Gebäudemodernisierungen tragen zur Dekarbonisierung der Netze bei.



3.) Ersatz des Spitzenlasterzeugers zur vollständigen Dekarbonisierung

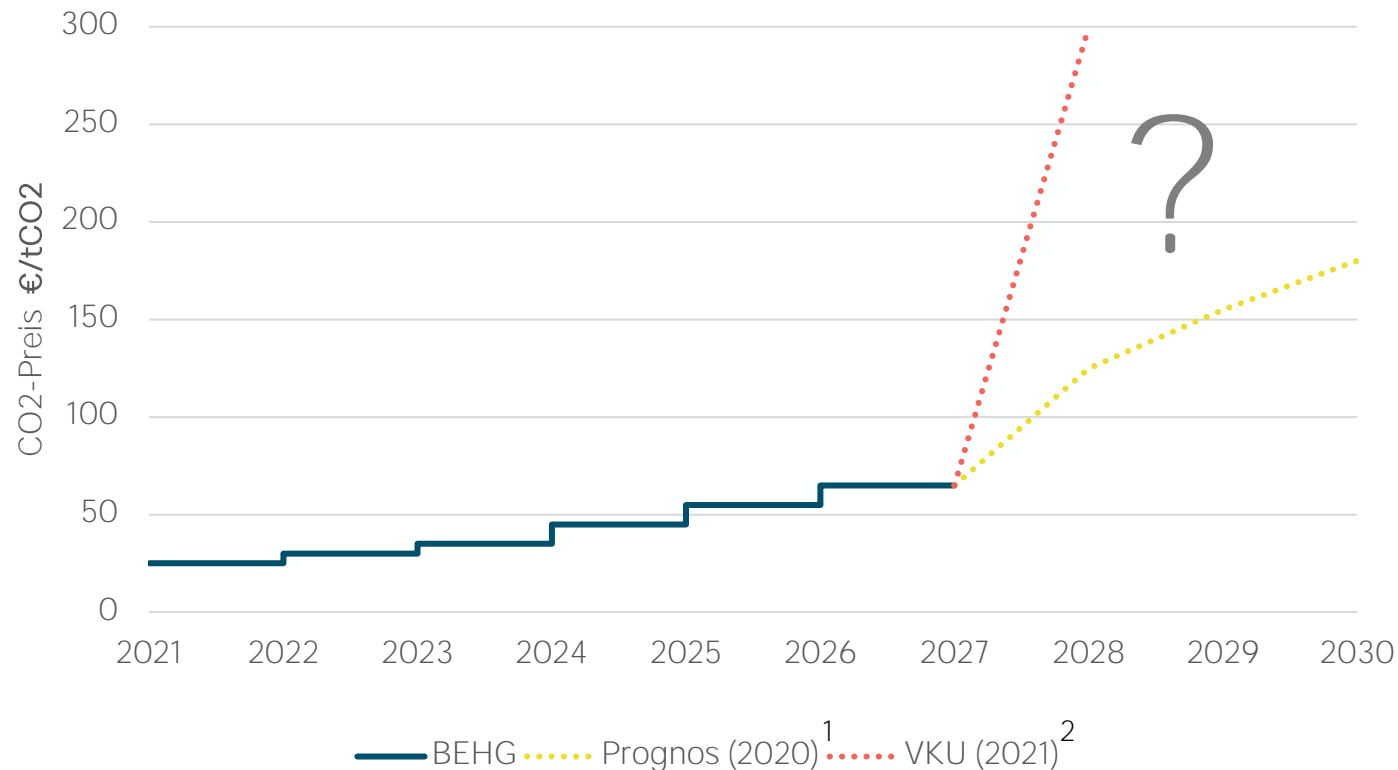
Erläuterung zu vorheriger Folie:

- In einem innovativen Kraft-Wärme-Kopplungssystem (iKWK) wird ein [strommarktorientiertes BHKW](#) mit einer innovativen Erneuerbare-Energien-Wärmequelle und einem elektrischen Wärmeerzeuger zu einem System verbunden. Als erneuerbare Wärme werden vorrangig Wärmepumpen eingesetzt, auch Kombinationen mit beispielsweise Solarthermieanlagen sind möglich.
- Die Integration eines iKWK-Systems kann bereits ab einem Wärmeabsatz von 6-8 GWh/a erfolgen. Sollen jedoch mehr als 30 % erneuerbare Energien integriert werden, um Lock-in-Effekte zu vermeiden, sollte das Absatzpotenzial mindestens 12-15 GWh/a betragen.
- Das iKWK-System führt dazu, dass aufgrund der aktuell sehr hohen Ausschreibungsergebnisse das Gesamtsystem wirtschaftlich umgesetzt werden kann. Der Förderzeitraum eines iKWK-Systems beträgt etwa 13 Jahre (45.000 VLH/3.500 h/a).
- Um keine neue fossile Wärmequelle ins System zu integrieren, sollte die Sanierung im Absatzgebiet so weit vorangeschritten sein, dass nach dem Investitionszyklus das BHKW entfallen kann.
- In einem letzten Schritt sind die fossilen Spitzenlastkessel im System zu ersetzen. Aus wirtschaftlicher Sicht sind aktuell Erdgaskessel als Spitzenlasterzeuger Stand der Technik. Zukünftig könnte auf einen erneuerbaren Brennstoff oder PtH umgestellt werden. Welcher Spitzenlasterzeuger sich auf dem Markt in Zukunft durchsetzt, ist abzuwarten.

AP2: Nahwärme

- Stand der Nahwärme
- Potenzielle Nahwärmeversorgungsgebiete
- Potenzielle EE-Wärme
- Dekarbonisierung der Nahwärme
- [Auswirkung des CO₂-Preises auf die WGK](#)

Entwicklungsprognosen der CO₂-Bepreisung nach BEHG



- Feuerungswärmeleistung von Energieanlagen in Nahwärmenetzen meist < 20 MW und fallen daher **nicht in den EU ETS**
- Vom Wärmenetzbetreiber sind die durchgereichten CO₂-Preise auf Gas und Heizöl zu zahlen
- Festgelegter CO₂-Preisfad bis 2027
- Mit verstärkten Klimaschutzambitionen und erhöhten Emissionsminderungszielen kann es zu einer **steilen Preissteigerung** nach der Festpreisphase kommen
- Die Einnahmen aus dem nEHS sollen zur **Absenkung der EEG-Umlage** genutzt werden

¹ Kemmler, A. et al. (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Prognos.

² r2b im Auftrag vom VKU. (2021): Finanzierung der Energiewende – Aktualisierung zum VKU-Reformvorschlag der Entgelte- und Umlagesystematik.

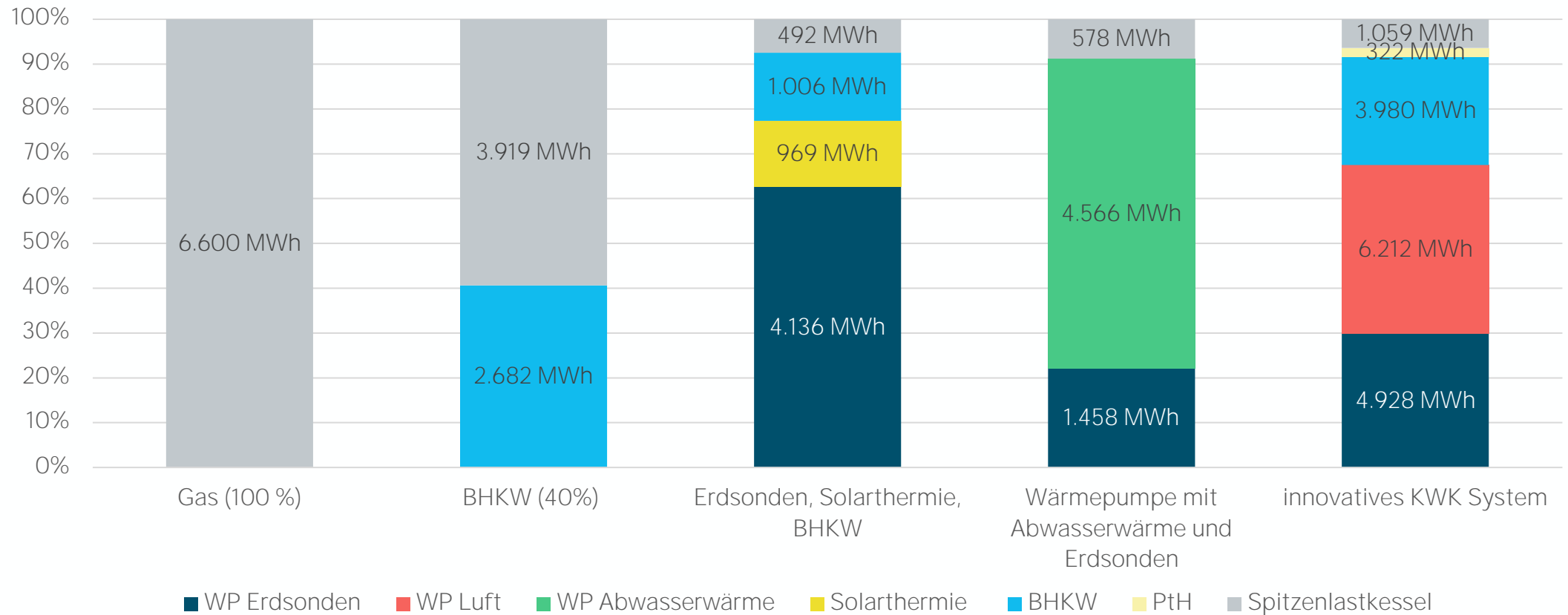
Um Aussagen zu den Auswirkungen des CO₂-Preises auf die Entwicklung der Wärmegestehungskosten (WGK) treffen zu können, wurden **fünf unterschiedliche Erzeugerkombinationen** untersucht.

Erläuterung zu nachfolgender Folie:

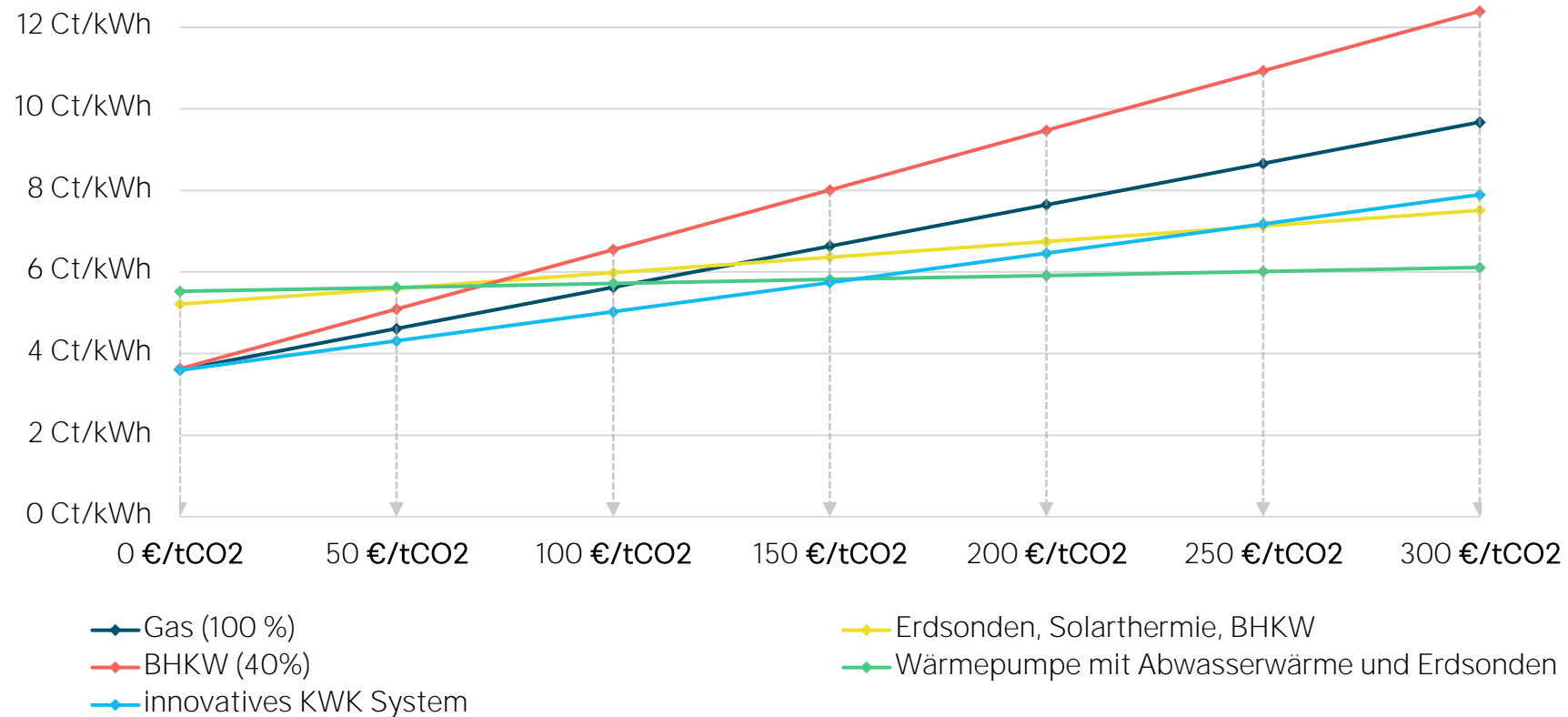
- Die Erzeugeranteile weichen aufgrund von Netz- und Speicherverlusten von den Absatzmengen und auch untereinander leicht ab.
- Es wurde angenommen, dass die Netzverluste etwa 10 % der Jahreswärmemengen entsprechen. (600 MWh/a bei einem jährlichen Wärmeabsatz von 6 GWh bzw. 1.500 MWh/a bei 15 GWh)
- In der Variante mit Solarthermie sind die Speicherverluste mit 3 MWh/a marginal höher als in den anderen Varianten.
- Alle Varianten wurden durch eine Jahressimulation in stündlicher Auflösung mit energyPRO durchgeführt.
- Die Energiebilanzen und Anlagengrößen sind die Basis für die Ermittlung der WGK.

Erzeugeranteil in den untersuchten Varianten

Absatzmenge	6.000 MWh	6.000 MWh	6.000 MWh	6.000 MWh	15.000 MWh
Produzierte Wärmemenge	6.600 MWh	6.601 MWh	6.603 MWh	6.602 MWh/a	16.501 MWh/a



Entwicklung der Wärmegestehungskosten in Abhängigkeit des CO₂-Preises



- Innovative KWK-Systeme (EE-Wärme > 50 %) sind bereits bei 0 €/tCO₂ konkurrenzfähig.
- Bei 55 €/tCO₂ kommt es noch nicht zu einem Technologiewechsel.
- Ab 150 €/tCO₂ ist die Wärmebereitstellung mit den größten erneuerbaren Anteilen am wirtschaftlichsten.
- Mehrkosten für BHKWs können durch die Stromvergütung nicht ausgeglichen werden.

AP3: Dezentrale Wärme

- Identifikation der Gebiete
- Typische Anwendungsfälle
- CO₂-neutrale Wärmeversorgungsoptionen
- Entwicklung der Wärmekosten

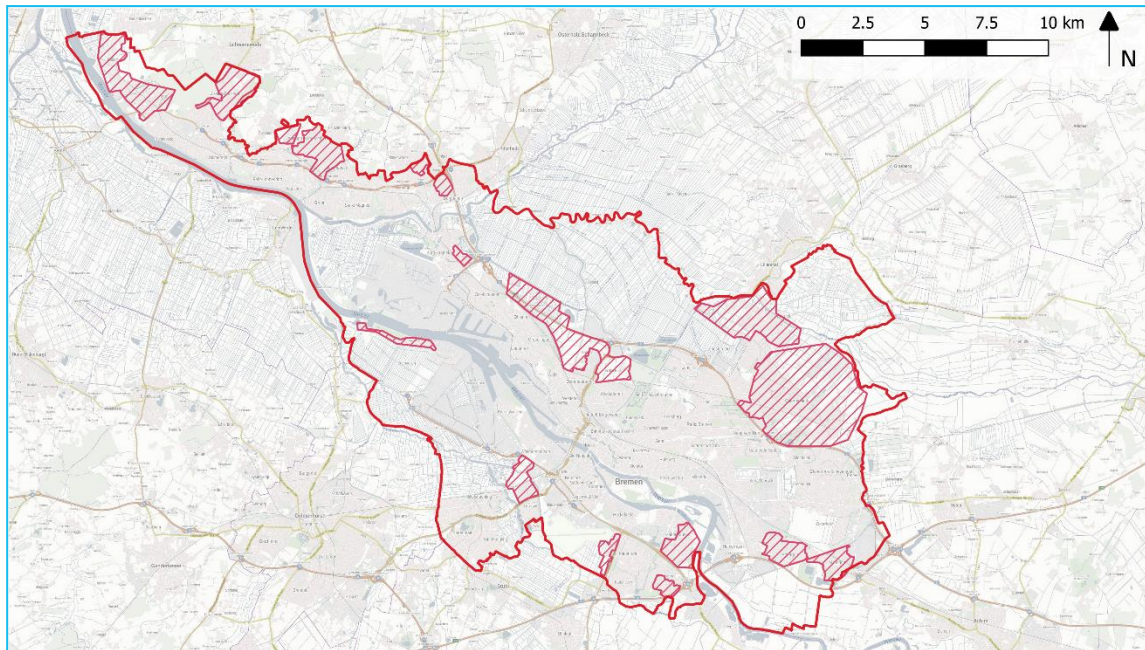
Potenziell dezentral versorgte Gebiete



AVERDUNG



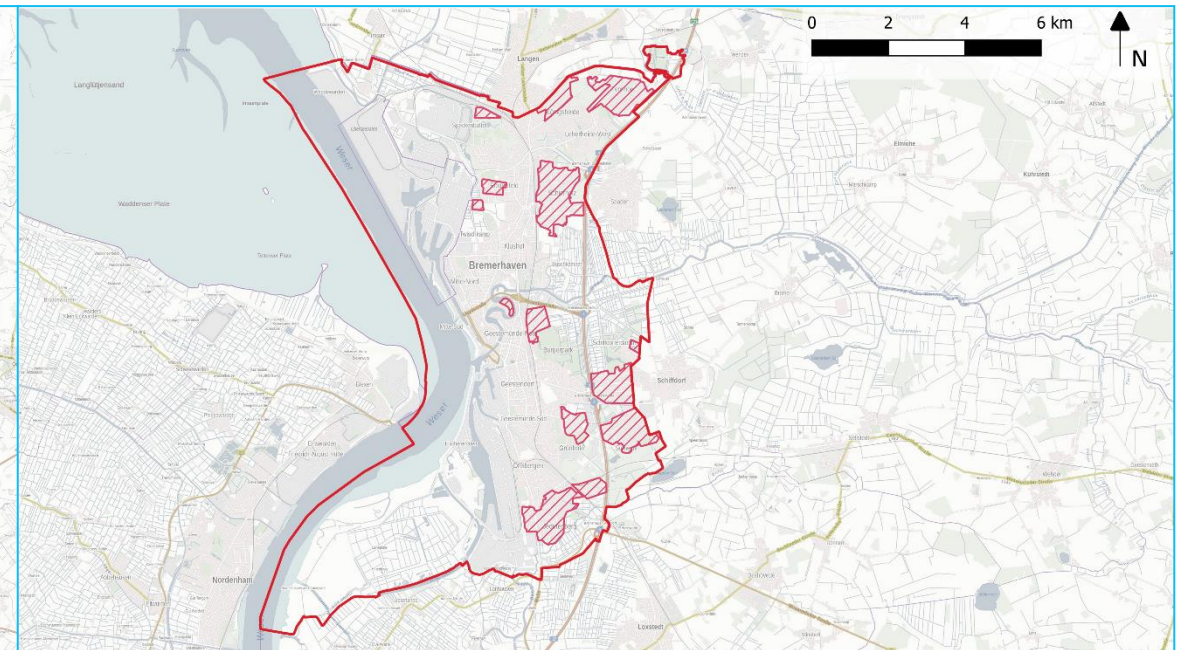
- Wärmeliniendichten (ohne Hausanschlussleitungen) liegen bei $< 0,75 \text{ MWh/m}$
- Gebiete vorwiegend am Stadtrand mit Einfamilienhaus- oder Reihenhaus-Bebauung



Lokalisierung dezentral versorgter Gebiete

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Dezentral versorgte Bereiche
▨ Gebietseingrenzung



Lokalisierung dezentral versorgter Gebiete

Hintergrundbildquelle: GeoBasis-DE / BKG 2021

Dezentral versorgte Bereiche
▨ Gebietseingrenzung

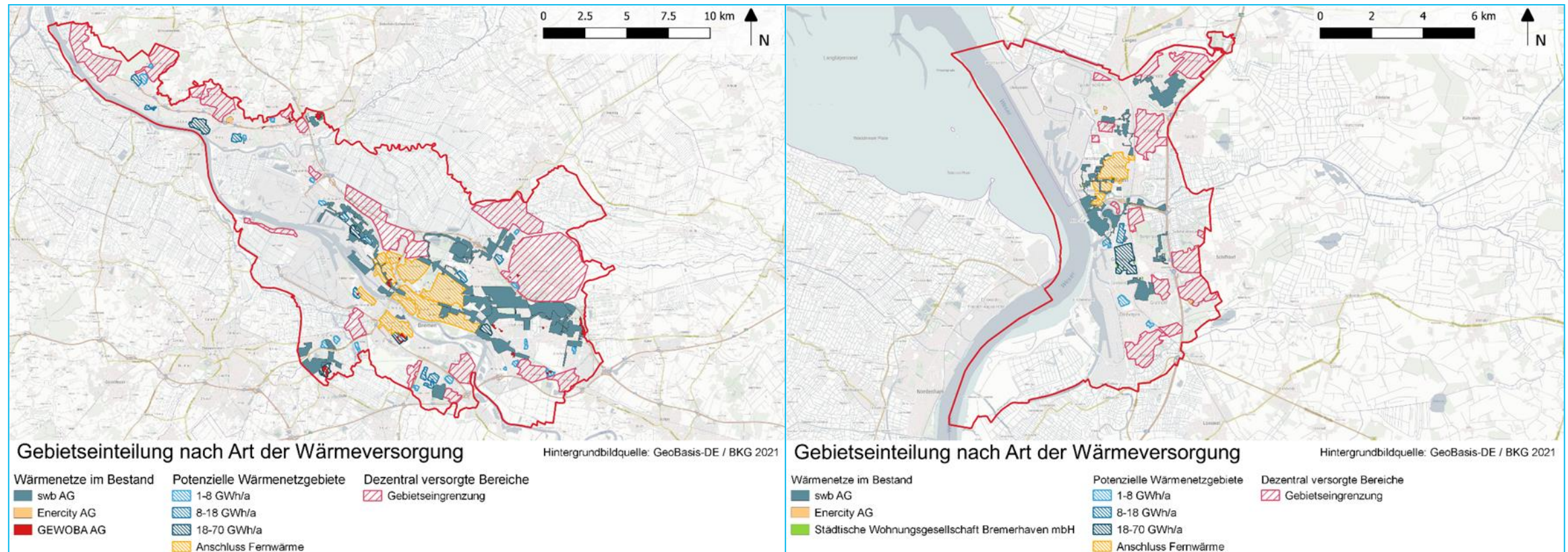
Potenziell dezentral versorgte Gebiete



AVERDUNG



- Wärmeliniendichten (ohne Hausanschlussleitungen) liegen bei $< 0,75 \text{ MWh/m}$
- Gebiete vorwiegend am Stadtrand mit Einfamilienhaus- oder Reihenhaus-Bebauung



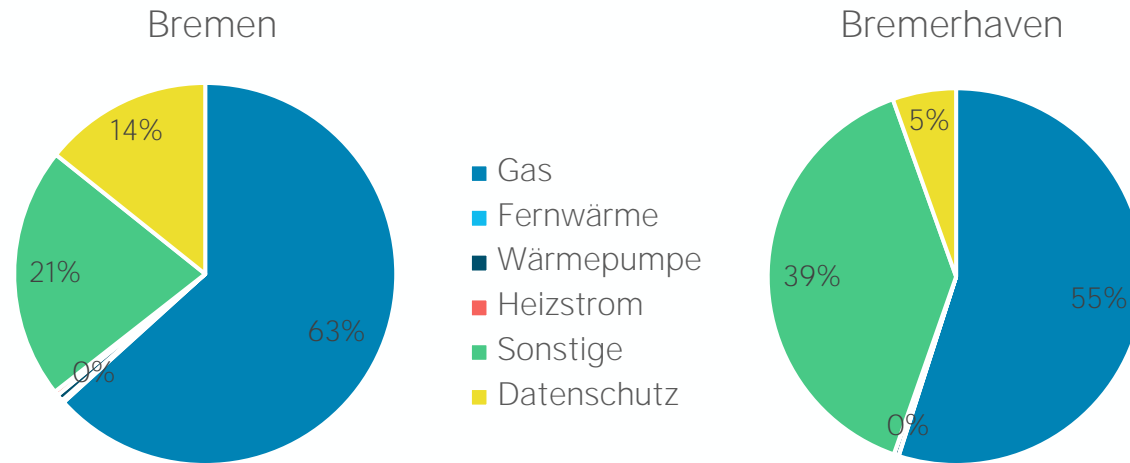
Potenziell dezentral versorgte Gebiete



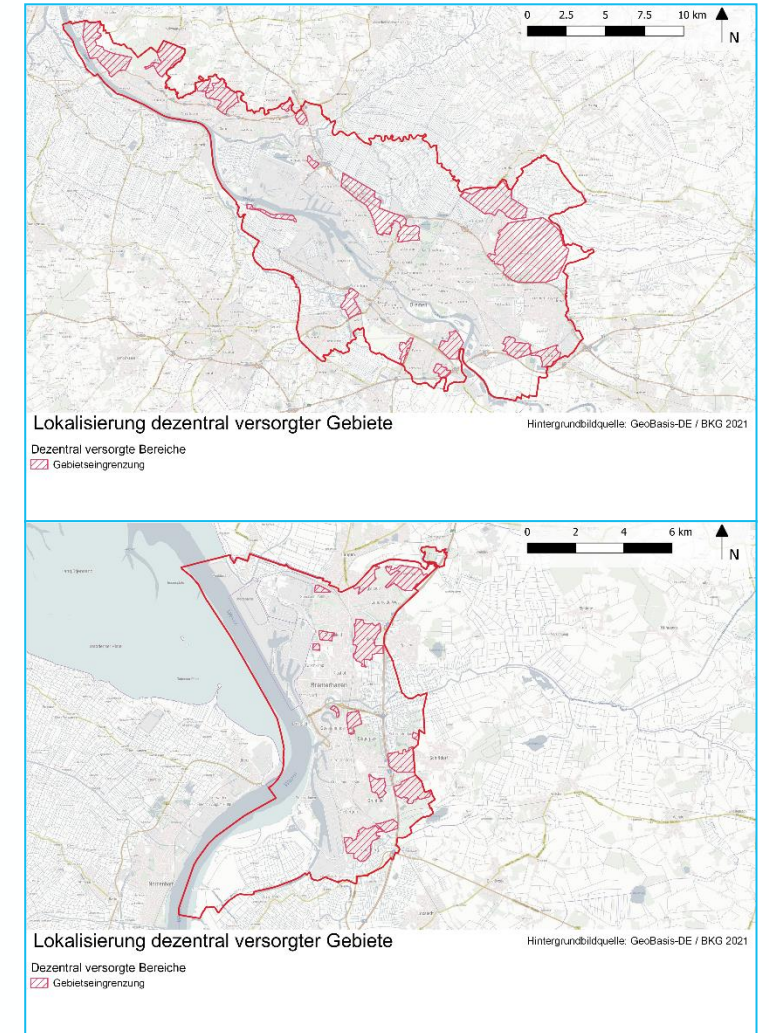
AVERDUNG



- Aktuelle Wärmeversorgungsstruktur der Gebiete



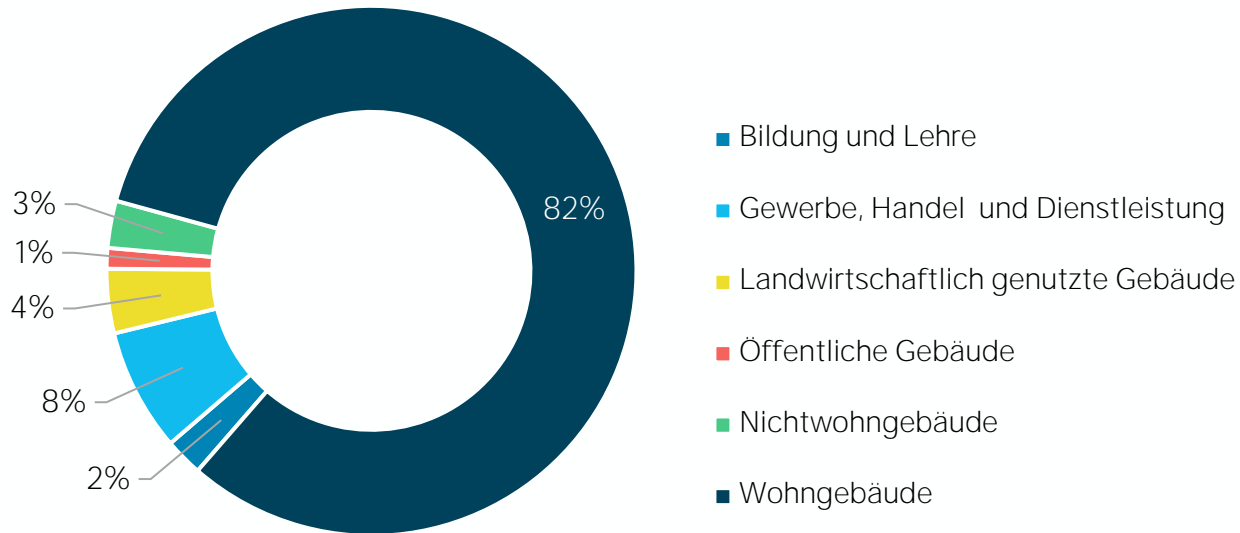
- Wärmeabsatz in 2017:
560 GWh/a in Bremen und 180 GWh/a in Bremerhaven
- Ein Großteil der Wärme wird bisher über Erdgas oder sonstige Energieträger bereitgestellt.
- Heizstrom wird kaum verwendet, aber auch Wärmepumpen sind so gut wie gar nicht vertreten.



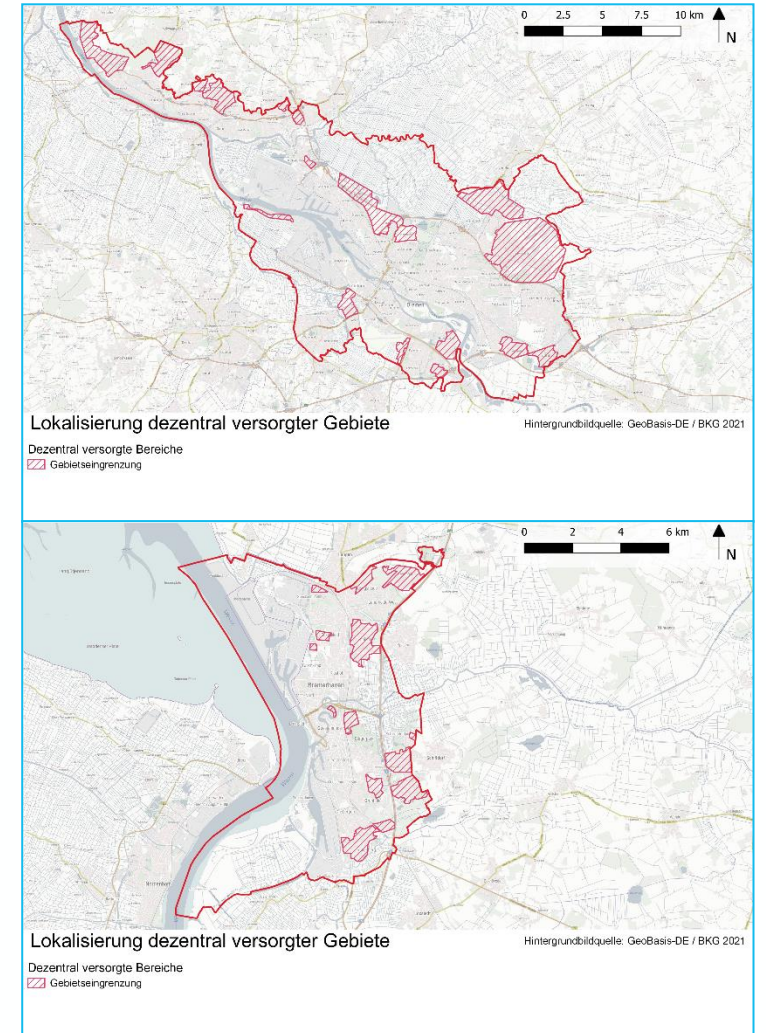
AP3: Dezentrale Wärme

- Identifikation der Gebiete
- **Typische Anwendungsfälle**
- CO₂-neutrale Wärmeversorgungsoptionen
- Entwicklung der Wärmekosten

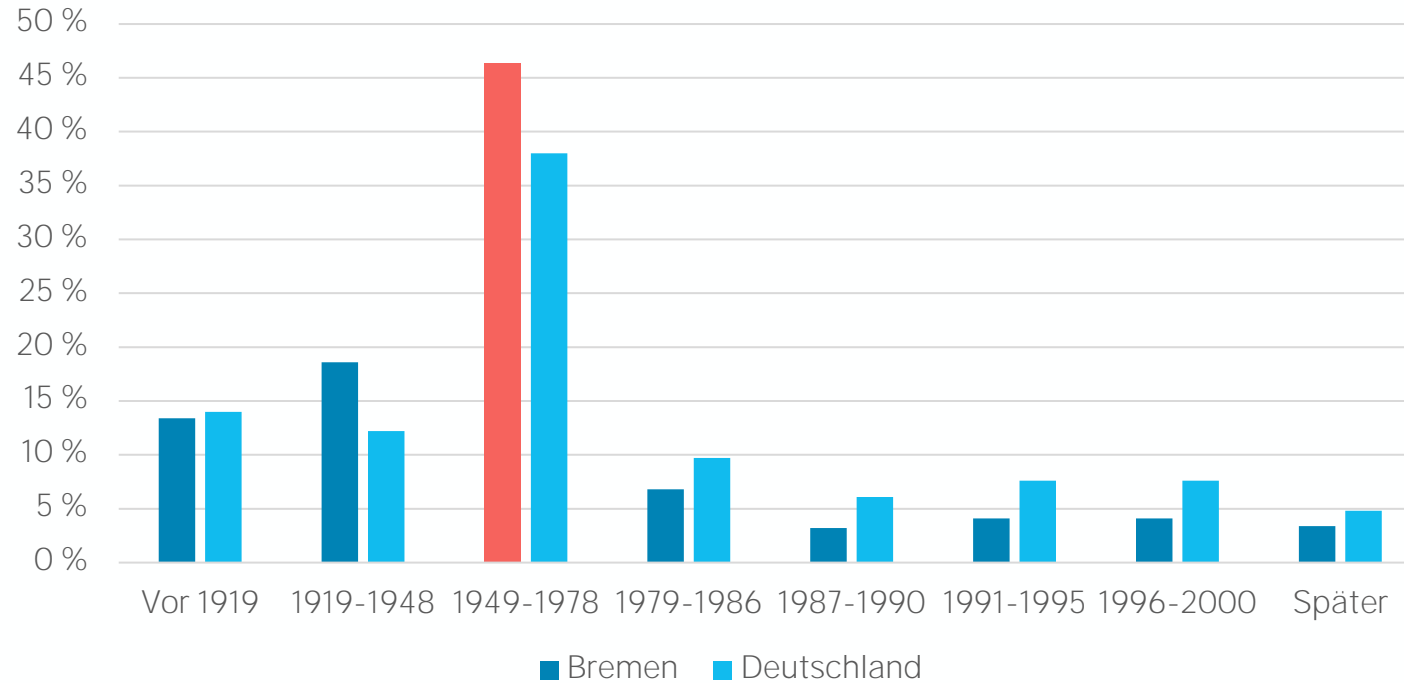
Anteile nach Nutzfläche



- Wohngebäude mit Abstand am meisten vertreten, Anteil EFH (Nutzfläche < 300 m²) 65 % und Anteil MFH (Nutzfläche > 300 m²) 35 %
- Zweitgrößte Gruppe mit einem Wärmebedarf ist GHD mit sehr heterogenen Nutzerstrukturen

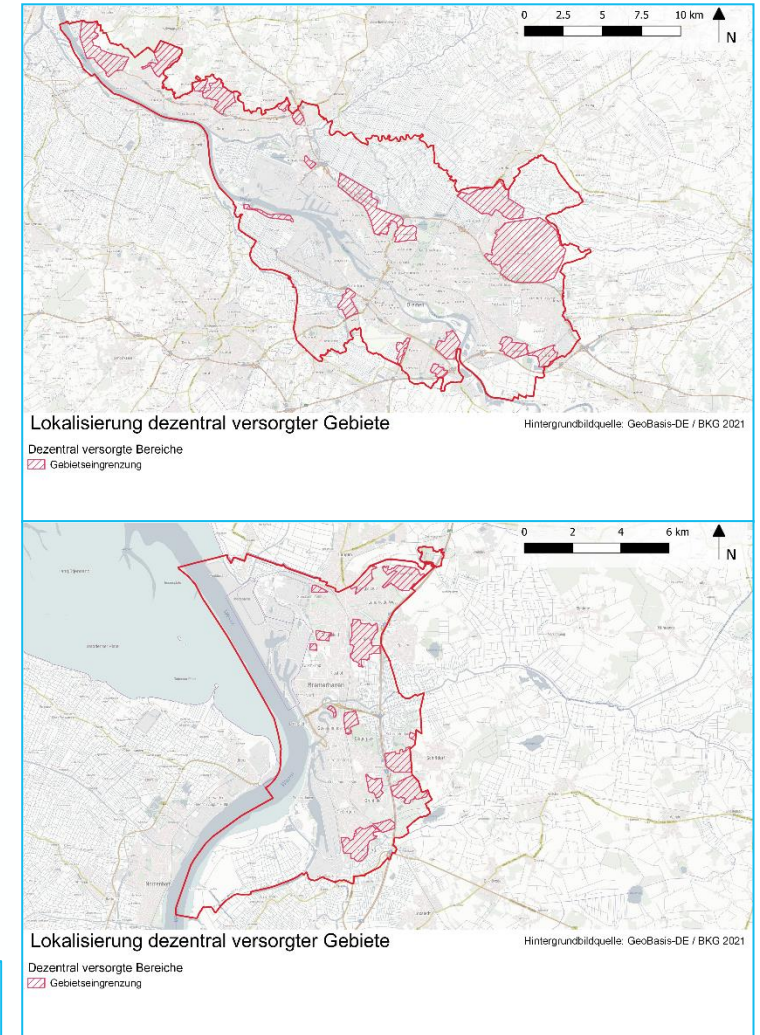


Gebäudealtersklassen



- Typische/ häufigste Anwendungsfälle im Bereich Objektversorgung MFH und EFH mit Baujahr 1949-1979¹

¹ Statistisches Landesamt Freie Hansestadt Bremen (2011): Zensus 2011 Gebäude und Wohnungen sowie Wohnverhältnisse der Haushalte – Bundesland Bremen.



AP3: Dezentrale Wärme

- Identifikation der Gebiete
- Typische Anwendungsfälle
- CO₂-neutrale
Wärmeversorgungsoptionen
- Entwicklung der Wärmekosten

Technologie (technische Machbarkeit)	Neu- bau	Be- stand	EFH	MFH
Flachkollektor	✓	✓	✓	✓
Vakuumröhrenkollektor	✗	✓	✓	✓
Kessel (Biomethan)	✓	✓	✓	✓
BHKW (Biomethan)	✓	✓	✓	✓
Pelletkessel	✓	✓	✓	✓
Holzhackschnitzel-Kessel	✓	✓	✗	✗
Power-to-Heat	✓	✗	✗	✓
(Kompressions-) Wärmepumpe	✓	✓	✓	✓
Solar-Luft-Absorber	✓	✓	✓	✓
Luftkühler	✓	✓	✓	✓
Erdsonden	✓	✓	✓	✓
Erdkollektoren	✓	✗	✓	✗
Energiepfähle	✓	✗	✗	✓
Eisspeicher	✓	✗	✓	✓
Abwasserwärme	✓	✓	✗	✓

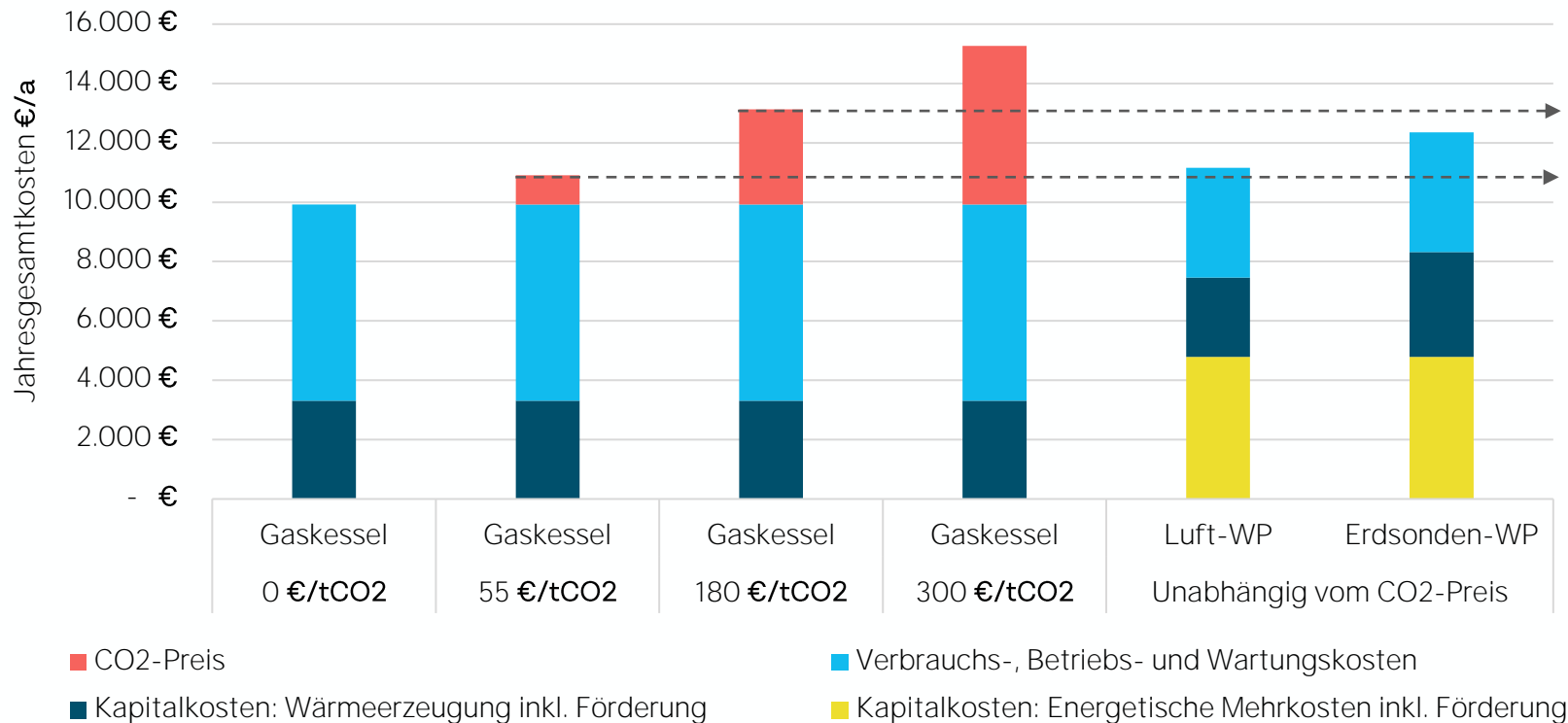
- Bewertung der technischen Eignung für typische Anwendungsfälle
- Bewertung der Standard-Erzeugertechnologien hinsichtlich der **Anforderung an Standort und Technik**
- Kombination mit Speichertechnologien und Photovoltaikanlagen
- CO₂-Neutralität dezentral nur ohne **vorgelagerte Emissionen** und bei Dekarbonisierung des Strommixes

Erläuterung zu vorheriger Folie:

- Grundsätzlich besteht eine ganze Reihe an CO₂-neutralen Wärmeversorgungsoptionen, die aus **technischer Sicht** in dezentral versorgten Bereichen eingesetzt werden können. Einige Technologien schließen sich aufgrund ihrer technischen Umsetzbarkeit schon von vornherein aus. In einem Bestandsgebäude können beispielsweise nachträglich keine thermisch aktivierten Gründungspfähle zur Energiegewinnung (Energiepfähle) umgesetzt werden. Auch eignet sich die Wärmeabgewinnung aus dem Abwasser nicht für Einfamilienhäuser.
- Ersatzbrennstoffe wie Biomethan und Wasserstoff stehen in einer **direkten Nutzungskonkurrenz** mit anderen Sektoren wie dem Verkehrssektor oder der industriellen Nutzung. Zudem würde die flächendeckende Nutzung von Wasserstoff einen starken Anstieg an erneuerbarem Strombedarf herbeiführen.
- **Festbrennstoffe** wie Holzhackschnitzel oder Pellets können auch perspektivisch zur Wärmebedarfsdeckung in Randgebieten beitragen. Die Rohstoffmengen für eine nachhaltige Nutzung sind jedoch begrenzt. In verdichteten urbanen Räumen ist die Verbrennung fester Biomasse zugunsten der Luftqualität möglichst zu vermeiden.
- Durch den Einsatz von **Wärmepumpentechnologien** können die nachgefragten erneuerbaren Strommengen im Vergleich zur H₂-Nutzung und direktelektrischer Wärmeerzeugung (PtH) gesenkt werden.
- Neben Wärmepumpen können vor allem auch **Solaranlagen** CO₂ neutrale Wärme bereitstellen. In Kombination mit Erdgaskesseln werden zwar 15-20 % erneuerbare Wärme bereitgestellt, jedoch kommt es bis zum Ersatz der Gaskessel zu Lock-in-Effekten. Die Kombination von Solarthermieanlagen und Wärmepumpen ist in der Objektversorgung häufig nicht rentabel.
- Ohne eine zu 100 % erneuerbare Stromversorgung sind Wärmepumpen nicht CO₂-neutral.

AP3: Dezentrale Wärme

- Identifikation der Gebiete
- Typische Anwendungsfälle
- CO₂-neutrale Wärmeversorgungsoptionen
- Entwicklung der Wärmekosten

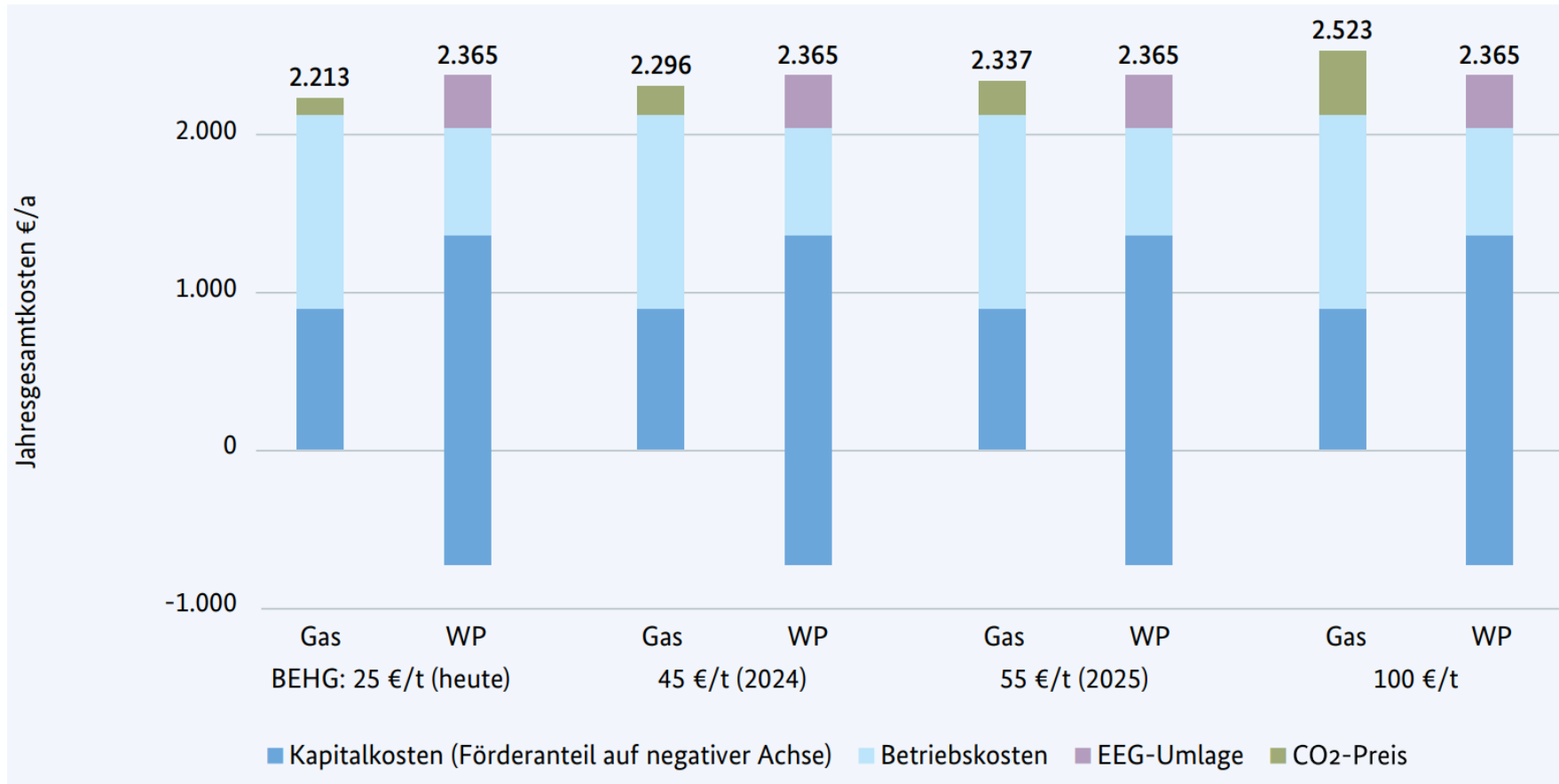


- Perspektivisch kommt es zu einem **Kostenanstieg in der Wärmeversorgung**
- **Kostenkontrolle** bei Umstellung auf erneuerbare Wärmeversorgung
- Ein geringer CO₂-Preis von 55 €/tCO₂ fördert noch nicht den Technologiewechsel
- Leichte **Förderlücke** bei niedrigen CO₂-Preisen

Annahmen:

Wohnfläche: 560 m² | Wohneinheiten: 9 | Spez. Wärmebedarf unsaniert: 120 kWh/m², saniert: 46 kWh/m²

Baujahr: 1949-1978 | Gebäudemodernisierung bei Wärmeumstellung auf E100 + energetische Mehrkosten



Grafik: BMWi¹

- **Kostenvergleich** zwischen erneuerbarer und fossiler Wärme am Beispiel Erdwärmepumpe und Gasbrennwertkessel im **EFH Bereich**
- Erst bei hohen CO₂-Preisen wird unter den gegebenen Rahmenbedingungen ein Technologiewechsel wirtschaftlich. Zusätzlich sind Förderungen erforderlich, um den **Nachteil** von billigen fossilen Brennstoffen, hohen Abgaben und Umlagen auf Strom und hohen Investitionskosten in Erdwärmepumpen auszugleichen.

¹ Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2021): Dialog Klimaneutrale Wärme – Zielbild, Bausteine und Weichenstellungen 2030/2050.

Annahmen aus der Studie:

- Teilsaniertes Wohngebäude aus dem 1990 Jahre
- Spezifischer Wärmebedarf von 120 kWh/m²*a
- Heizleistung von 20 kW_{th}
- COP der Wärmepumpe von 3,5
- Gaspreis: 6,5 ct/kWh
- Strompreis (brutto, WP-Tarif): 22,1 ct/kWh
- Annuitätenrechnung mit einem Betrachtungszeitraum von 15 Jahren

Weitere Erläuterungen:

- Die hohen Investitionen in die Wärmepumpentechnologie, Umlagen und Steuern auf den Wärmepumpenstrom und die niedrigen Erdgasbezugskosten sind ausschlaggebend für die starke Verbreitung von Wärmepumpen auch bei Erneuerung der Heizungsanlage in Bestandsimmobilien.
- Ein niedriger CO₂-Preis und die bisherigen Investitionsförderungen können die wirtschaftlichen Nachteile nicht kompensieren.
- Unter den gegebenen Rahmenbedingungen reicht ein CO₂-Preis von 55 **€/t nicht aus um einen Anreiz zum Wechsel der Technologie zu schaffen**. Erst bei höheren CO₂-Preisen ist der wirtschaftliche Anreiz ausreichend groß.



AP4: Kälteversorgung

- Kopplung mit dem Fernwärmenetz
- Vorteile in Kombination mit Nahwärme

Sorptionskältemaschinen

- keine Strategie, die verfolgt werden sollte
 - Hohe Vorlauftemperaturen werden benötigt
 - Hohe Kapitalkosten von Sorptionskältemaschinen -> Einsatz nur im Grundlastbetrieb
 - Fernwärme weist aus der Abfallbehandlung maximal in den Sommermonaten einen Überschuss auf.
 - Sommerliche Kältebedarfe weisen eine hohe Übereinstimmung mit PV-Strom auf und lassen sich effizient über elektrische Kältemaschinen decken in Verbindung mit PV-Strom.
 - Die Effizienz ist mäßig und große Wärmemengen müssen rückgekühlt werden.

Kopplung mit Wärmepumpen

- Kältenetze sind in der Nähe von Standorten für Wärmepumpen besonders sinnvoll und ggf. zu prüfen
- Zusätzliche Funktion des Kältenetzes:
 - Wärmequelle für die Wärmepumpe
- Bereits analysiert und dargestellt:
 - Abwärmequellen
 - Rechenzentren
 - Gewerbegebiete
 - Nahwärmegebiete

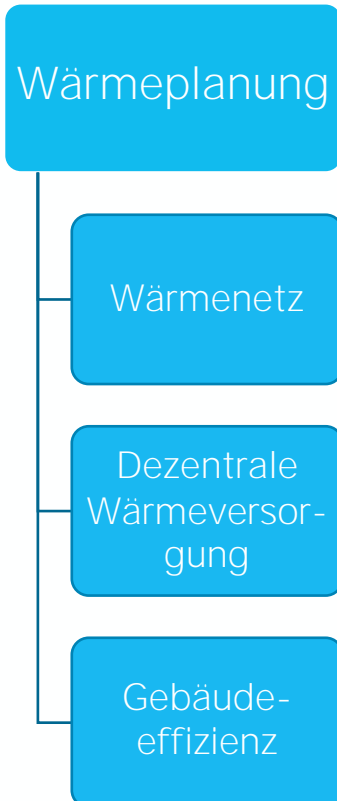
ganzjährig

- **gleichzeitiges** Aufkommen von Wärme- und Kältebedarf
- sehr hohe Effizienz und gute Wirtschaftlichkeit
 - Kombiniertes **COP 5-7** möglich
 - Wegfall der **Erschließung** der Umweltwärmequellen
 - Investition für Wärmepumpe kann **doppelt** genutzt werden
 - Bei neuen Netzen optimierte Auslegung der Systemparameter

saisonal

- **saisonal** versetzter Wärme- und Kältebedarf
- Regeneration von Erdsonden und Aquiferen
 - höhere **Effizienz**
 - höhere **Leistung** der Umweltwärmequelle
 - dadurch ggf. **geringere** Investitionskosten
 - Einsatz **freier** Kühlung möglich

AP 5: Umsetzungsstrategie



Fragen aus der Leistungsbeschreibung für die Ausschreibung des Gutachtens:

- Verbleibender **Handlungsspielraum der Landesgesetzgeber** nach GEG
- Rahmen und Ziele für **Fernwärmeausbau**
- Rahmen und Ziele für die **Dekarbonisierung der Wärmenetze**
- Abbau der **Hemmnisse** für die Dekarbonisierung der Wärmenetze
- Erforderlichkeit neuer **Landesförderprogramme**
- Betreiber- und Gesellschaftsformen für welche Form der Wärmeversorgung
- Ausbau der Fern- und Nahwärme nur mit einem Anschlusszwang oder auch andere Geschäftsmodelle

Was im Land Bremen für die
Wärmewende getan werden
müsste

Wozu das Land die rechtliche Kompetenz
oder die finanziellen Mittel hat

1. Rechtliche Grundlagen: Bremer **Wärmegesetz** (BremWärmeG)
2. Fachliche Grundlagen: **Wärmeplanung**
3. Städtische Handlungsfähigkeit Wärmenetze: **Fernwärme regulieren** (BremWärmeG) und/oder **rekommunalisieren**
4. Wärmenetze ausbauen: **Anschluss- und Benutzungsgebote + Förderung**
5. EE/Abwärme in Wärmenetzen: **Verbindliche EE/Abwärme-Quoten** (BremWärmeG)
6. **Saisonale Wärmespeicher**: geeignete Flächen ausweisen
7. Wärmepumpen **im Neubau** (B-Pläne Verbrennungsverbot)
8. Keine reinen Verbrennungsheizungen beim **Heizungstausch** (BremWärmeG + Förderung)
9. **Skalieren** und **Aggregieren** kleinteiliger Vorhaben (EFH): Institutionell und Förderung

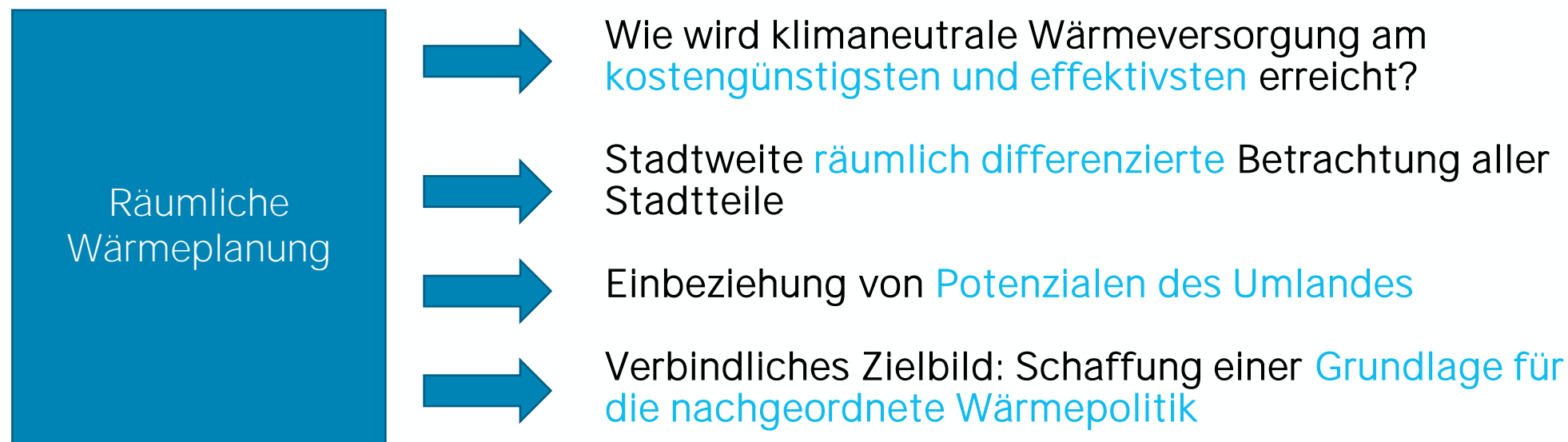
BremWärmeG

Wärmeplanung

B-Pläne

Institutionen

Förderung



Wärmeplanung: Inhalte und zeitliche Perspektive



Landesrechtlicher Rahmen

- Datenerhebung
- Aufgaben
- Verfahren
- Verbindlichkeit

Bestandsaufnahme und Prognose:

- Wärmebedarfe
- Versorgung
- EE-Potenziale
- Wärmekataster

Räumliche Szenarien & Kostenvergleiche

Welche Optionen
klimaneutraler
Wärme stehen in
den Stadtteilen zur
Verfügung und
was kosten sie?

Diskussion & Beschlussfassung

Öffentliche Debatte,
Abstimmung mit
Nachbarstädten, -LK
und -gemeinden,
rechtsverbindliche
politische
Entscheidung

Umsetzung

- Förderung und Beratung
ausgerichtet an den räumlichen
Zielen
- F-Plan und B-Pläne
- Anschluss- und Benutzungsgebote
- Netzentwicklung
- Speicherentwicklung (Planung der
Grundwassernutzung/Aquifer-
speicher)

Monitoring &
Fortschreibung

2021

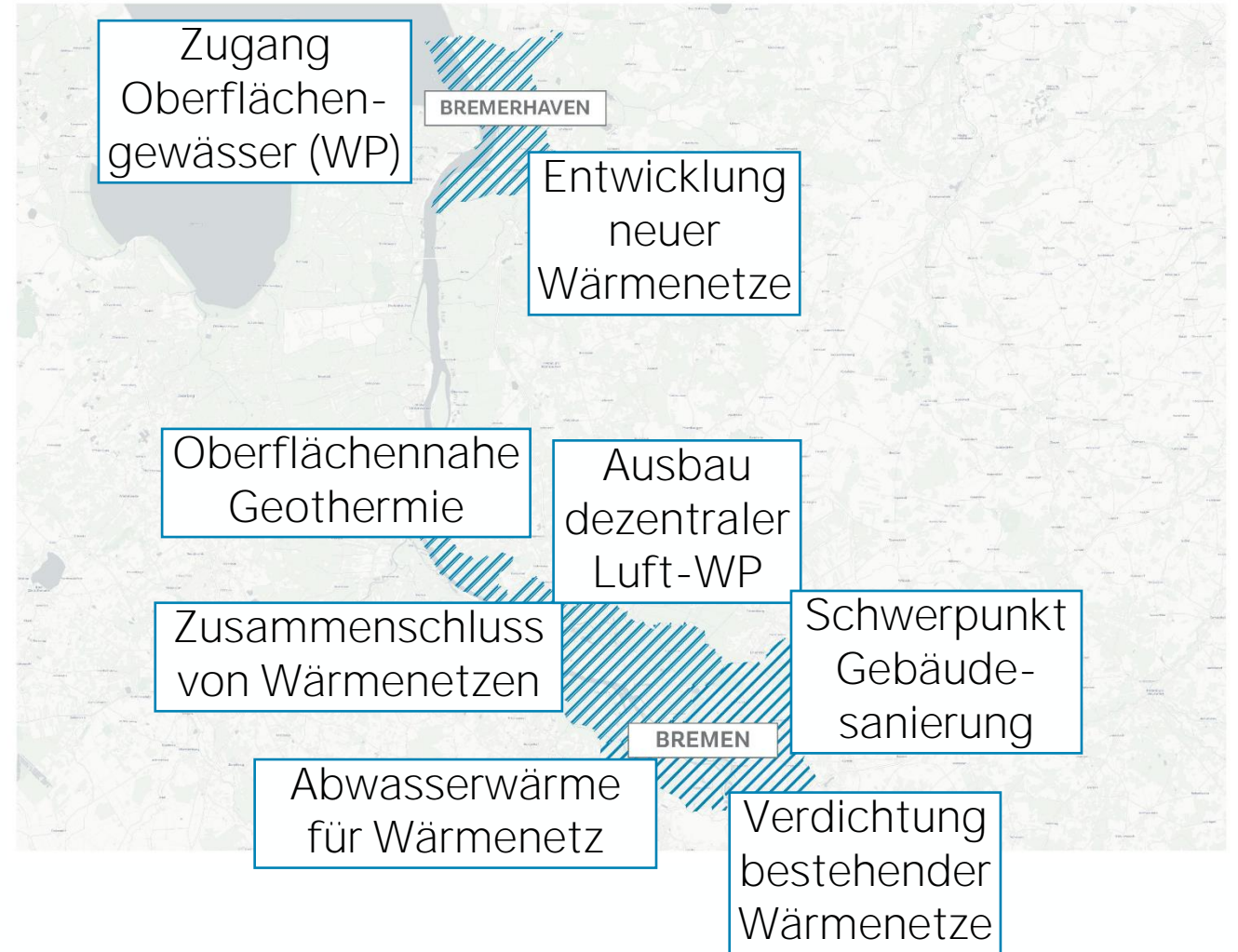
2025

Unterteilung in **Versorgungszonen** - Versorgung aus Wärmenetz oder dezentrale Wärmeversorgung

Vorgaben zu den jeweils **einzusetzenden EE Ressourcen**

Fernwärme: Festlegung Versorgungsumfang, Einsatz EE-Quellen und **Flächenbedarf**

Ggf. Priorisierung Gebiete für **energetische Gebäudesanierung** (Fördermittel)



→ Auf Basis der Wärmeplanung werden Eignungsgebiete identifiziert, z.B. (nicht abschließend) für:

Schwerpunktgebiet „Wärmenetz – Klassisch“ (Ausbau/Verdichtung)	Schwerpunktgebiet „LowEx-Wärmenetz“ (niedrige Temperatur, effiziente Einbindung EE-Quellen)	Schwerpunkt „EE Dezentral“	Schwerpunkt „Gebäude-sanierung“
z.B. bei hoher Wärmedichte; eher Bestand, der teuer zu modernisieren ist	z.B. bei mittlerer Wärmedichte; eher Neubau bzw. sanierte Gebäude, die niedrige Vorlauftemperaturtemperaturen benötigen	z.B. bei niedriger Wärmedichte	z.B. bei niedriger Wärmedichte

- Keine Förderung dezentraler Heizungen
- Ausschluss neuer dezentraler Heizungen (wenn Netz vorhanden)
- Ausschluss von Austausch dezentraler Heizungen
- Förderung Netzausbau
- Förderung gebäudeseitiger Sanierung: Priorität netzdienlicher Maßnahmen (z.B. hydr. Abgleich, RL-Absenkung)

- Festlegung von Flächen zur zentralen Erzeugung und Speicherung erneuerbarer Wärme
- Keine Förderung dezentraler Heizungen
- Ausschluss neuer dezentraler Heizungen (wenn Netz vorhanden)
- Ausschluss von Austausch dezentraler Heizungen

- thermische Untergrund-Bewirtschaftung in besonders geeigneten Gebieten
- Keine Förderung (oder Verbot) von neuen Biomasse-Heizungen
- Ggf. Förderung WP/Kessel-Hybrid-Heizungen
- **Gebäudeseitig: Förderung „WP-ready“**

- Die räumliche Wärmeplanung bildet die zentrale Grundlage für eine nachgeordnete, räumlich differenzierte Wärmepolitik. Sie ist das Mittel der übergeordneten räumlichen Steuerung und zielt darauf, die kostengünstigsten und schnellsten Wege zur klimaneutralen Wärmeversorgung einzelner Gebiete und Quartiere in Bremen und Bremerhaven zu identifizieren. Die Wärmeplanung ist ein fortlaufender Prozess in drei Schritten:
 1. Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Zielszenarienprognose und die Erarbeitung eines Maßnahmenplans mit Blick auf die Zielerreichung der zukünftigen Versorgungsstruktur 2030 und 2040 folgen in einem vorbereitenden Fachgutachten und unter Beteiligung der Öffentlichkeit.
 2. Ein Wärmeplan wird verbindlich beschlossen, der die angestrebte Versorgungsstruktur räumlich differenziert darstellt und ein Handlungsprogramm und einen Zeitplan festsetzt sowie bestimmte Umsetzungsmaßnahmen priorisiert.
 3. Der ordnungsrechtliche und förderpolitische Rahmen wird angepasst im Hinblick auf die Umsetzung der angestrebten Wärmeversorgung.
- Die flächendeckende Erfassung der bestehenden Wärmebedarfe und der verfügbaren erneuerbaren Wärmequellen bilden die Grundlage der Wärmeplanung. Auf ihr aufbauend werden für die Stadtquartiere individuelle strategische Ziele und Umsetzungsschritte entwickelt, die aufgrund der abweichenden Randbedingungen und vorhandenen EE-Potenziale von Quartier zu Quartier unterschiedlich ausfallen. Im Rahmen der Wärmeplanung soll dabei auch frühzeitig die thermische Bewirtschaftung des Untergrundes (Grundwasser als Wärmequelle/unterirdische thermische Speicher/Aquifere) betrachtet und möglichen Nutzungskonflikten durch vorausschauende Planung und Koordination vorgebeugt werden.
- Aus der Bestandserfassung erfolgt auch eine zeitliche Priorisierung für gebäudeseitige Maßnahmen der energetischen Sanierung im Quartier. Werden etwa Gebiete mit besonders hohen Wärmeverbräuchen identifiziert, können diese für den Einsatz von Fördermitteln oder für städtebaulicher Sanierungsinstrumente zeitlich vorgezogen werden. In Bereichen dezentraler Wärmeversorgung können Gebiete identifiziert werden, in denen prioritär die gebäudeseitige Vorbereitung des Einsatzes von Wärmepumpen erfolgen soll.

- Im Rahmen der Wärmeplanung erfolgt die langfristige Festlegung, ob ein Gebiet über ein Wärmenetz oder dezentral auf Gebäudeebene mit Wärme versorgt werden soll. Je nach Festlegung aufgrund der Wärmeplanung sollten dann die für die Erzeugung und Verteilung notwendige Flächen und der Zugang zu den vorhandenen erneuerbaren Wärmequellen bau- und fachplanerisch gesichert werden (z.B. Geothermie, Solarthermie, Oberflächengewässer und Abwärmequellen). Für dezentrale Versorgungsgebiete sollten technische Vorgaben an die Art der Anlagen in Erwägung gezogen werden, um Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung sicherzustellen. Dabei sollte soweit verfügbar die Nutzungsmöglichkeit von Umweltwärme aus dem Boden und dem Grundwasser oder Oberflächengewässern für den Betrieb von Wärmepumpen eröffnet werden. Wo das nicht möglich ist, sollten Aufstellflächen für Luftwärmepumpen dort im öffentlichen Raum zur Verfügung gestellt werden, wo ein Betrieb unter Einhaltung der Schallschutzbestimmungen erfolgen kann.
- Der Wärmeplan sollte aufgrund seiner übergeordneten Funktion auf Landesebene beschlossen werden. Für eine mögliche synergetische Erschließung von EE-Wärmequellen aus dem Umland von Bremen und Bremerhaven sollte für den Wärmeplan eine enge Abstimmung mit den und Einbeziehung der umliegenden Städten, Landkreisen und Gemeinden – etwa im AK Raumstruktur oder AK Energie und Klima der Metropolregion Nordwest erfolgen.
- Die Wärmeplanung als übergeordnetes Instrument sollte forciert werden. Als Grundlage sollte ein Landesgesetz geschaffen werden (BremWärmeG), um eine rechtssichere Datenerhebung und -verarbeitung zu ermöglichen und die Inhalte der Wärmeplanung sowie ihre Fortschreibung verbindlich festzulegen.
- Im BremWärmeG sollten zusätzlicher Regelungen zu Anforderungen an Wärmenetze (EE-Anteile, Transformationspläne) und zur EE-Nutzung im Gebäudebestand sowie Effizienzstandards für öffentliche Gebäude geschaffen werden.

ZIEL: Nutzung erneuerbarer Energien und Abwärme bei Verdichtung und Ausbau der Netze

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Tiefe und oberflächennahe Geothermie- Gewerbliche und industrielle Abwärme- Abwasserwärme- Solarthermie / Photovoltaik- Biomasse- Nutzung synthetischer/ fossilfreier Gase | <ul style="list-style-type: none">- Verdichtung und Ausbau der Wärmenetze- Kombination mit großen / saisonalen Wärmespeichern |
|---|--|

Instrumente

Schlüsseltechnologien zur Beschleunigung der Wärmewende

Zusätzliche Landesförderung

- Fernwärme-Anschluss
- Großwärmepumpen, Geothermie- und Abwärme-Fonds

Wärmenetz

- Regulierung
- Anschlusszwang (Neubau & Bestand)
- EE-Quote/CO₂-Grenzwert
- Verpflichtende Wärmenetztransformationspläne

Instrumente zur Dekarbonisierung:

- Einführung einer verpflichtenden **EE-Quote/CO₂-Grenzwert** für Wärme-Vertrieb (Bestand und neue Netze) im BremWärmeG
- Verpflichtende **Transformationspläne für Wärmenetze**, die von den Wärmenetzbetreibern aufzustellen sind, zeitlich fixierte Zwischenziele enthalten und verbindlich umzusetzen sind.
- Gezielte (zusätzliche) Förderung von **Schlüsseltechnologien** (insb. Wärmepumpen, industrielle Abwärme)
- Schaffung einer landesrechtliche Regelung zur Ermöglichung von EE-Quoten für die Wärmeversorgung im Gebäudebestand (BremWEG) mit **Erfüllungsoption Fernwärmeanschluss** (wenn diese ihrerseits EE-Quote/CO₂-Grenzwert erfüllt)
- Abschluss **städtebaulicher Verträge** mit Effizienz- und EE-Versorgungsverpflichtung (bei Nahwärme/Quartierslösung im Rahmen wettbewerblicher Ausschreibung)

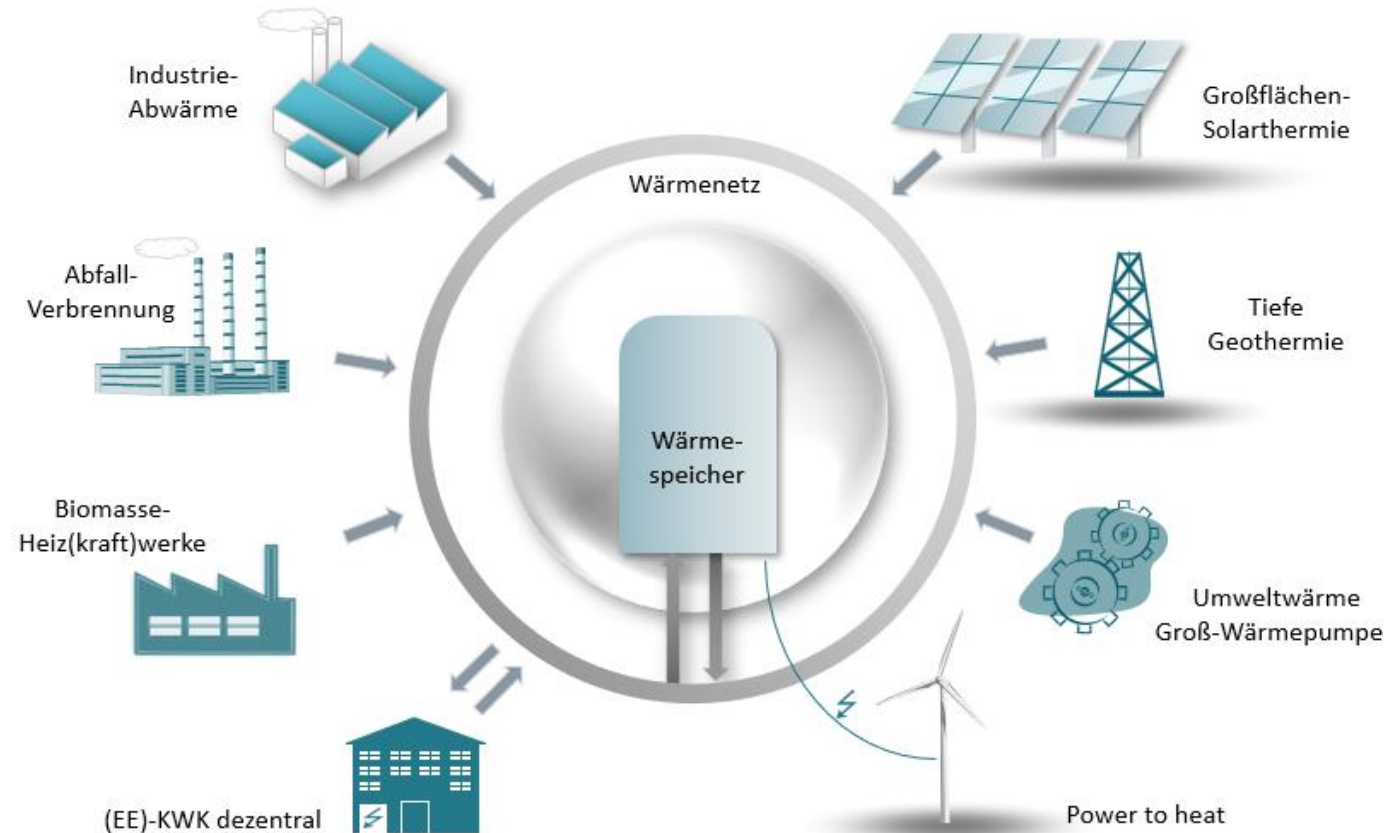
Wärmenetze: Dekarbonisierung - Technologiespezifische Handlungsoptionen



AVERDUNG



- **Gewerbliche Abwärme:** Ausfallbürgschaften Land
- **Tiefe Geothermie:** Absicherung des Fündigkeitsrisikos
- **Wärmespeicher:** Flächen, wasserrechtlichen Verfahren
- **Wärmepumpen:** Zugang zu Klärwerken, Abwasserkanälen, Oberflächengewässern, Grundwasser (möglichst gebührenfrei)
- **Solarthermie:** Bereitstellung von Flächen (z.B. große Gebäudedächer)



Instrumente für Nachverdichtung und Ausbau:

- Zwingende Voraussetzung auf **Bundesebene**: Änderung § 556c BGB und WärmeLV. Hierfür sollte sich das Land Bremen auf Bundesebene einsetzen.
- Einführung von **Anschluss- und Benutzungsgeboten** für Bestand (bei Heizungstausch) und Neubau in Netzgebieten bzw. Netzausbaugebieten (starkes Instrument, unterstützt auch Nachverdichtung)
- **Verbrennungsverbot**: mehr Freiheit für Gebäudeeigentümer:innen (vgl. mit Anschluss und Benutzungsgeboten), da etwa die Wahl einer WP als Alternative besteht
- Gezielter Einsatz von **Landesförderung** für Netz-Verdichtung: Hausanschlussleitung, Übergabestationen etc.
- Einführung einer **Nutzungspflicht für erneuerbare Energien** beim Heizungstausch (BremWärmeG): Mittelbarer Vorteil für Fernwärme, wenn diese EE-Anteil enthält
- Stärkung der leitungsgebundenen Wärmeversorgung im Rahmen der **Quartiersentwicklung**

Keine Regelungen im EnWG, grds. konkurrierende Gesetzgebungskompetenz des Landes.

- **Option 1: Endkunden-Wettbewerb / Durchleitungspflicht** (analog Strom/Gas)
 - Durchleitung ggf. nach allg. Kartellrecht gemäß § 19 Abs. 2 Nr. 4 GWB
 - Anspruch auf Durchleitung von verschiedenen technisch-wirtschaftlichen Voraussetzungen abhängig
 - Sehr hoher Regulierungsaufwand

- **Option 2: Erzeuger-Wettbewerb / Single-Buyer-Modell** (analog EEG)
 - Verpflichtende Ausschreibungen für Fernwärmebetreiber zum Bezug von EE-Mindestmengen
 - Instrument gewährt (anders als 1 und 3) keinen Verbraucherschutz

- **Option 3: Preisregulierung** (analog aller anderen Staaten mit Fernwärme)
 - Kostenkontrolle
 - Begrenzung der Marge
 - Transparenz für den Kunden (Akzeptanzförderung)
 - Gemeinwohlorientierung Fernwärme?

Wärmenetz (Fernwärme): Rekommunalisierung zum Zwecke der Gestaltung der klimaneutralen Transformation?



Laufende Wegenutzungsverträge
„Fernwärme“ bis 31.12.2033



Netzübernahme durch Möglichkeit zum Erwerb nach
Beendigung der Wegenutzungsverträge „Fernwärme“



Zahlung eines „angemessenen Kaufpreises“
bemessen am Sachzeitwert (entspr.
Wegenutzungsverträge „Fernwärme“)

Alternativ: Rekommunalisierung aufgrund
von Landesgesetz?



Prüfung der Möglichkeit zur Schaffung einer
landesgesetzlichen Regelung zur (vorzeitigen)
Übertragungsverpflichtung des Netzes in Anlehnung
an § 46 Abs. 2 Satz 2 EnWG



Wirtschaftlich angemessene Vergütung auf Basis des
objektivierten Ertragswerts

ZIEL: Elektrifizierung der dezentralen Wärmeversorgung unter Nutzung erneuerbarer Energien

Wärmepumpe
+ möglichst Erdwärme (Effizienz)
+ möglichst mit Wärmespeicher (Flexibilität)
+ möglichst mit dezentraler Solarenergie (maximaler EE-Anteil)
+ (nur) falls nötig Spitzenlastkessel (insbes. MFH)

Instrumente

EEWärmeG Bremen (EE-Quote bei Heizungstausch)
Zusätzliche Landesförderung
(Heizungstausch)
Verbrennungsverbot
Vereinfachung von Sanierungen
Beratungsoffensive (gezielte Haus-zu-Haus Beratung)

Ziel: Wechsel von fossiler Verbrennungsheizung zu Wärmepumpe (ggf. + Spitzenlastkessel)

Instrumente:

- Für **Gebäudebestand**: Einführung einer **Nutzungspflicht für erneuerbare Energien** (BremWärmeG)
 - Auslösepunkt: Heizungstausch
 - Mindestanteil EE am jährlichen Wärmeenergiebedarf > 25 % + JAZ > 1 (Ausschluss Biomasse);
 - Es soll ein grundsätzlicher Wechsel der Haupt-Wärmequelle induziert werden, deshalb anderes Regelungskonzept als BW, HH, SH
- Für **neue Gebäude** (und ggf. auch Gebäudebestand): **Verbrennungsbeschränkungen** durch B-Pläne
 - Für Neubau **keine gesetzlichen Handlungsmöglichkeiten des Landes** wegen Sperrwirkung des GEG (gegen welche die Bremer Bürgerschaft abstrakte Normenkontrolle vor dem BVerfG erheben könnte)
 - Aber: Möglichkeit zur Festsetzung von **Verbrennungsbeschränkungen/-verboten** auf Grundlage des BauGB
 - Für Neubau sowie bei Heizungswechsel auch für Gebäudebestand
 - Darf konzeptionell auf gesamtes Gemeindegebiet ausgedehnt werden
 - Textliche Festsetzung in neuen B-Plänen
 - Textliche B-Planergänzungen oder einfache B-Plänen im unbeplanten Innenbereich
 - Für bestehende Gebäude (sofern keine Regelung in BremWärmeG): Verbrennung zulässig nur in Spitzenlastkesseln wenn Haupt-Wärmeleistung über das Jahr durch Wärmepumpe erbracht wird.

Instrumente (Fortsetzung):

- Beratungsoffensive für bestehende EFH-Gebiete, möglichst in Verbindung mit PV-Kampagne
- Landes-Förderprogramme für Wärmepumpen im Gebäudebestand
- Vereinfachung des Zugangs von Wärmepumpen zu Wärmequellen wie Oberflächengewässer (dabei auch: Anpassung der Wassernutzungsgebühren), Abwasser und Geothermie (WasserR)
- Einbindung städtische Wohnungsbaugesellschaften als Vorreiter
- Aus- und Weiterbildungsoffensive (Installateure)

Instrumente sofort anwenden: Mehr als Hälfte der Feuerungsanlagen wird bis 2030 altersbedingt ausgetauscht

ZIEL: Optimierung des Zusammenspiels beider Kenngrößen

Verringerung Wärmebedarf

Wärmepumpen-ready

Instrumente

Strengere Anforderungen durch landesgesetzliche Regelung?

Bestandsanalyse bzw. Wärmekataster

Zusätzliche Landesförderung

- Sanierung Gebäudehülle & Heizanlage
- Sozial differenzierte Förderung

Strenge Energiestandards für öffentliche Gebäude

Festsetzung städtebaulicher Sanierungsgebiete (Klimaschutz)?

Beratungsoffensive (gezielte Haus-zu-Haus-Beratung)

Ziele: 1) Reduktion Wärmeverbrauch 2) Gebäude „Wärmepumpen-ready“

Instrumente:

- Strengere Regelung durch landesgesetzliche Regelung im Neubau? (Bislang nach Auffassung der BReg kein Spielraum wegen [abschließender Regelung im GEG](#)) Diese Auffassung wäre abschließend nur im Rahmen eines verfassungsgerichtlichen Verfahrens überprüfbar.
- [Beratungsoffensive für Gebäudeeigentümer:innen](#) (energetische Sanierung/Nutzung erneuerbarer Energien)
- [Energiestandards für öffentliche Gebäude](#): Neubau und Sanierung, s. § 20 HmbKlimG: Effizienzhaus-40-Standard bei Neubauten und Erweiterungen von öffentlichen Nichtwohngebäuden
- [Förderprogramme](#) für energetische Gebäudesanierung ergänzend zur Bundesförderung (vorzugsweise in priorisierten Sanierungsgebieten)
- [Vereinbarungen mit Wohnungsbaugesellschaften](#) – Anwendung der Standards für öffentliche Gebäude
- Festsetzung [städtebaulicher Sanierungsgebiete nach §§ 136 ff. BauGB](#) mit Ziel energetischer Sanierung?

Gebäudeeffizienz: EE-Vorgaben - Handlungsmöglichkeiten für Kommunen



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT

Bauleitplanung

- **Akteur:** Senat
- **Scope:** Neue Siedlungen auf Grundlage von B-Plan
- **Inhalt:**
 - spezifische Festsetzungen gem. § 9 BauGB, keine Dämmstandards, CO₂-Werte
 - Aber: Landesrechtliche Regelung wie HH ermöglicht parallele Festsetzung von EE-Vorgaben für Wärmenetze mit Anschluss- und Benutzungszwang in B-Plänen (§ 8 HmbKlimSchG i.V.m. § 9 Abs. 4 BauGB)

Liegenschaftspolitik / Grundstücksvergabe

- **Akteur:** Öffentliche Grundstücksverkäufer (z. B. Immobilien Bremen AöR)
- **Scope:** Gebäude auf verkauften Liegenschaften
- **Inhalt:**
 - Energie/Klima als Vergabekriterium
 - Landesrechtliche Mindestanforderungen?

Städtebauliche Verträge: Vertragliche Anforderungen

Beispiel Bauleitplanung EE-Wärmenetz



Bebauungsplan St. Pauli 41 (Bavaria-Brauerei) 2004

Festsetzung: min. 30 % erneuerbare Energie bei Warmwasserbereitung, 800 m² Solarkollektorfläche;
Rechtsgrundlage: Hamburger Klimaschutzgesetz 1997

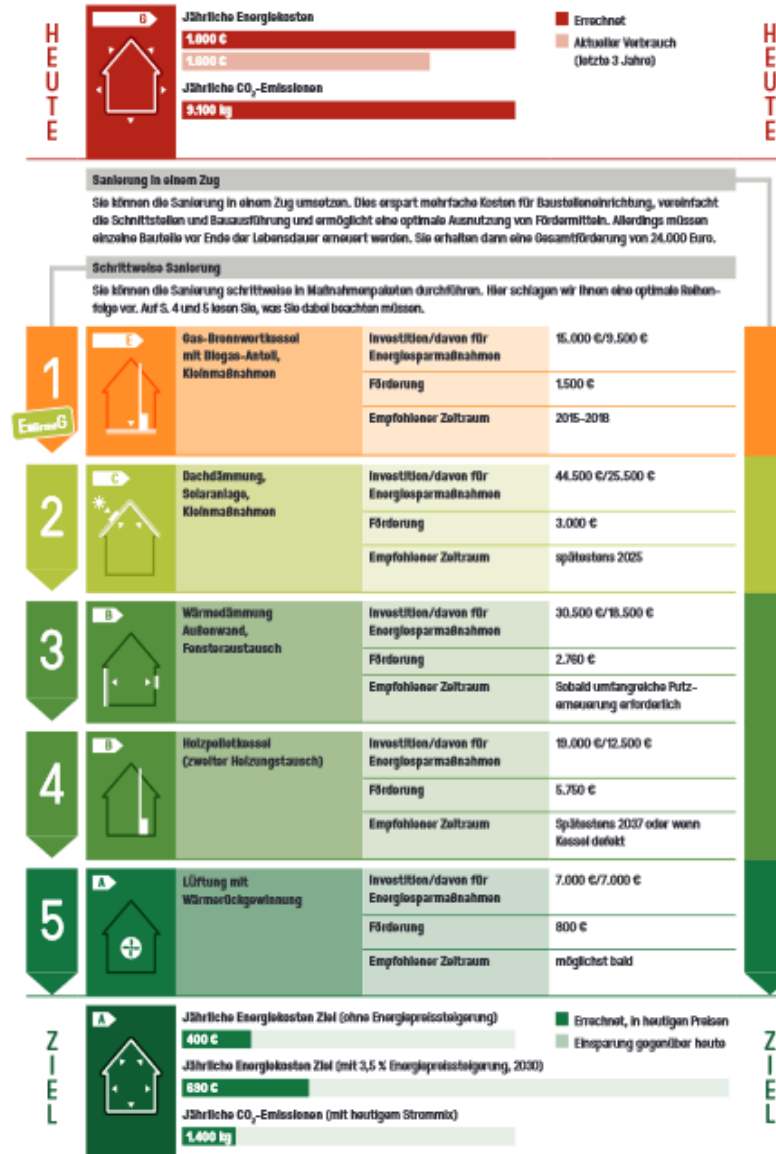
Gebäudeeffizienz: Individuelle Sanierungsfahrpläne Bestandsgebäude



AVERDUNG



- Schrittweises energetisches Sanierungskonzept für Gebäude auf Basis von Vor-Ort-Beratung
- BAFA-Förderung (Energieberatung Wohngebäude)
- Keine verbindliche gesetzliche Regelung auf Bundesebene (**≠ Energieausweis, geregelt durch GEG 2020, Teil 5**)
- Landesrechtliche Pflicht auch für private Gebäude?
- Als Teil-Erfüllung i.R.v. Landes-EWärmeG (BW, HH)
- Anknüpfungspunkt städtische Wärmeplanung

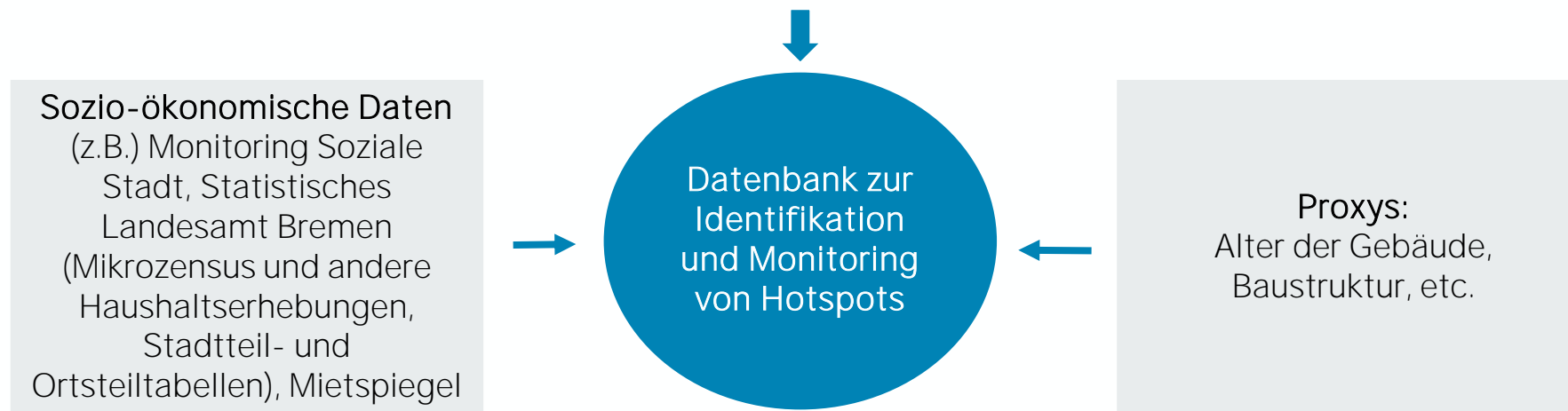


Gebäudeeffizienz: Förderung Bestandsgebäude - soziale Differenzierung



- Förderpriorität **Gebäude mit hoher Zahl an Transferleistungsempfängern**
 - Einsparungen des Landes bei der Übernahme von Heizkosten (grds. in Höhe der tatsächlichen Aufwendungen gem. Ziffer 10 der **Verwaltungsanweisung zu § 22 SGB II und §§ 35, 36 SGB XII vom 01.11.2018**)
 - Wirkt Steigerung der Kaltmiete (durch nicht warmmietenneutrale Sanierung) entgegen
- Förderpriorität **Gebäude mit einkommensschwacher Mieterstruktur**
 - Entspannung des Konflikts zwischen hohen Heizkosten und Mietsteigerung nach Sanierung

Sanierungsuntätigkeit entgegenwirken



Gebäudeeffizienz: Förderung Bestandsgebäude - Neue Fördermodelle



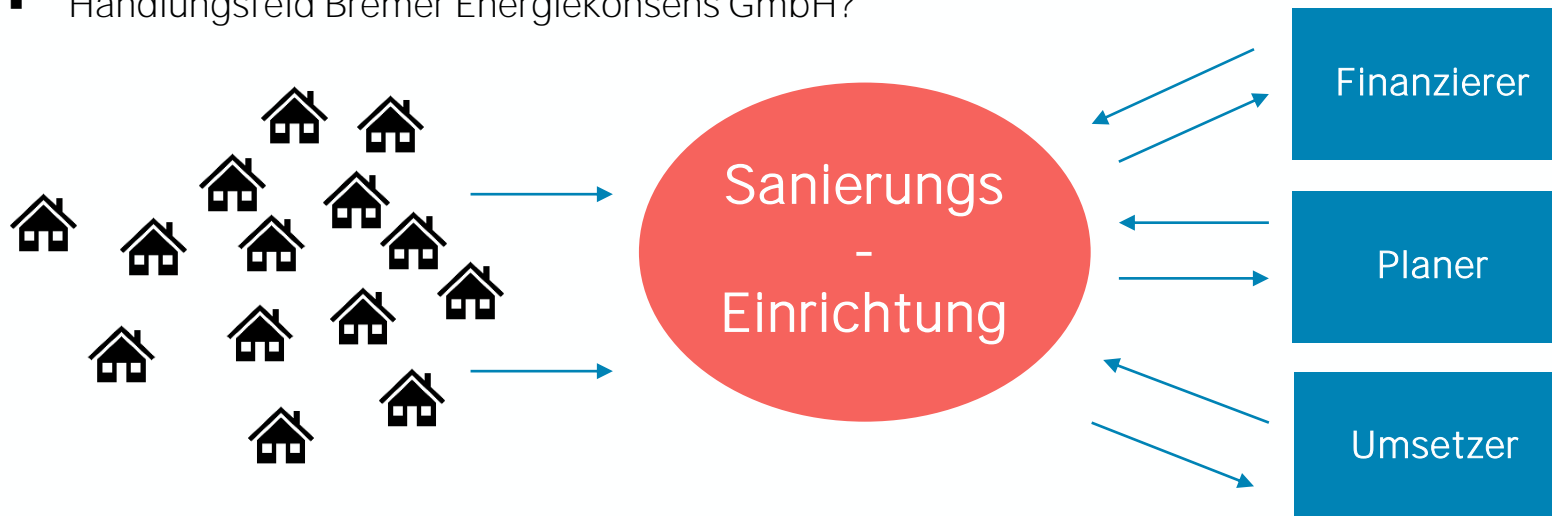
AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT

- Öffentlich finanzierte „Sanierungs-Einrichtung“

- Kleinteilige Vorhaben (z.B. Einbau von Wärmepumpen in bestehende EFH) aggregieren und skalieren → Kosten senken
- „One-Stop-Shop“ → Senkung der hohen Transaktionskosten für nicht-professionelle Gebäudeeigentümer
- Schnittstelle zwischen **privaten („kleinen“) Eigentümern** und weiteren Beteiligten des Sanierungsvorhabens → Einrichtung übernimmt die Organisation bestimmter Sanierungsvorhaben
- Eine Art Energieeffizienz-Contracting mit sehr langen Laufzeiten (privatwirtschaftlich nicht darstellbar)
- Leistungsumfang der Einrichtung:
 - Abwicklung der Umsetzung, Förderung und Finanzierung aus einer Hand
 - Aggregation von gleichartigen Sanierungsvorhaben, Bündelung von Ausschreibungen
- Finanzierung über **Wärmewende-Fonds**: Rückzahlung des Darlehens durch die Bauherren richtet sich nach Wärmeeinsparung (= kalkulatorische Wärmekosten ohne Effizienzmaßnahmen – tatsächliche Wärmekosten)
- Handlungsfeld Bremer Energiekonsens GmbH?



Gebäudeeffizienz Öffentliche Gebäude



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT

Verpflichtende Anwendung hoher energetischer Standards bei Neubauten

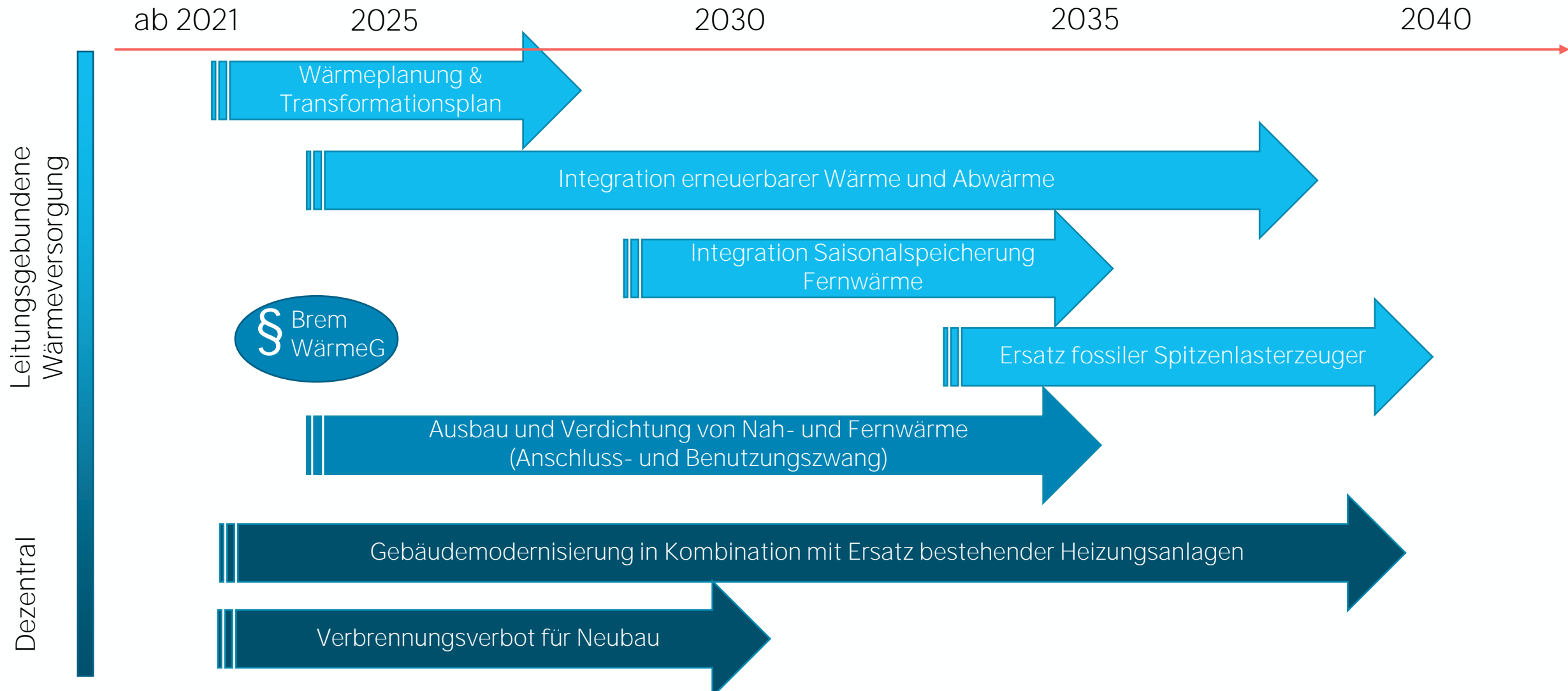
Beispiel § 20 Hamburgisches Klimaschutzgesetz: Effizienzhaus-40-Standard bei Neubauten und Erweiterungen von öffentlichen Nichtwohngebäuden

Nukleus/Keimzelle für neue Wärmenetze

Öffentliche Bauvorhaben übernehmen die Rolle als große Ankerkunden und ermöglichen somit den anfänglichen Bau des Wärmenetzes (als Voraussetzung für dessen spätere Ausdehnung auf kleinere Anlieger)



Meilensteine zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung





FAZIT

- Eine CO₂-neutrale Wärmeversorgung bis 2040 ist möglich, wenn technische und politische Handlungsoptionen voll ausgeschöpft werden.
- Der Ausbau der Fernwärme muss umgehend angestoßen und durch einen Transformationsplan im Rahmen einer Wärmeplanung mit einer CO₂-neutralen Erzeugung umgesetzt werden.
- Verfahren, Inhalte und Verbindlichkeit der Wärmeplanung sowie u.a. verpflichtende EE-Quoten beim Wärme-Vertrieb und der Wärmeversorgung im Gebäudebestand sind in einem neu zu schaffenden Landeswärmegesetz (BremWärmeG) zu regeln.
- Die Versorgung über Nahwärmnetze bietet weiteres Ausbaupotenzial – es ist darauf zu achten, dass es nicht zu Lock-in-Effekten kommt und fossile Erzeuger nach Durchführung von Sanierungsmaßnahmen ersatzlos entfallen können.

Wir sind gern für Sie da.



AVERDUNG



HAMBURG
INSTITUT



Matthias Sandrock
Strategische Projektleitung

sandrock@hamburg-institut.com

Tel +49 40 - 3910 6989-20



Felix Landsberg
Operative Projektleitung

landsberg@hamburg-institut.com

Tel +49 40 - 3910 6989-35