

Stadtgemeinde Bremen

Entwurf des Wärmeplans

Auftraggeberin

Stadtgemeinde Bremen
Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft
Referat 41 (Wärmewende)

Auftragnehmerin / Gutachterin

Qoncept Energy GmbH
Kassel

Impressum

Dieser Bericht wurde erstellt von:

Qoncept Energy GmbH
Universitätsplatz 12
34127 Kassel
www.qoncept-energy.de
info@qoncept-energy.de

Autoren:

Hagen Braas, M. Sc.
Dr. Thorsten Ebert
Dr. Oleg Kusyy
Joachim Sieglar, M. Sc.
Niklas Hoffmann, M. Sc.
Dr. Janybek Orozaliev
Weena Bergsträßer, M. Sc.

Im Auftrag von:

Stadtgemeinde Bremen
Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft
Referat 41 (Wärmewende)
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen

Kassel, August 2025

Inhalt

1 Zielsetzung und Inhalte des Gutachtens.....	6
2 Eignungsprüfung	8
2.1 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wärmenetz.....	8
2.2 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wasserstoffnetz.....	11
3 Bestandsanalyse.....	13
3.1 Datenerhebung	13
3.2 Aktueller Wärmebedarf oder Wärmeverbrauch einschließlich der eingesetzten Energieträger.....	16
3.2.1 Jährlicher Endenergieverbrauch.....	16
3.2.2 Treibhausgasemissionen	20
3.3 Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen.....	22
3.4 Für die Wärmeversorgung relevante Infrastrukturanlagen	22
3.4.1 Dezentrale Wärmeerzeuger.....	22
3.4.2 Überwiegender Gebäudetyp.....	26
3.4.3 Überwiegende Baualtersklassen	27
3.4.4 Großverbraucher	28
3.4.5 Wärmenetze	30
3.4.6 Gasnetze	34
3.4.7 Abwassernetze.....	36
3.4.8 Wärmeerzeugungsanlagen mit Einspeisung in ein Wärmenetz.....	38
3.4.9 Wärme- und Gasspeicher	43
3.4.10 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen.....	44
3.4.11 Stromnetze	44
3.4.12 Überseehafengebiet in Bremerhaven	45
3.5 Wärmedichten – kartografische Darstellungen gemäß Anlage 2 zu § 23 WPG.....	45
3.6 Neubaugebiete ab 2025 (Wohnen und Gewerbe)	49
4 Potenzialanalyse	52
4.1 Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion und Fortschreibung des Wärmebedarfs der Gebäude bis 2038.....	53
4.2 Unvermeidbare Abwärme.....	54
4.2.1 Industrielle Abwärme	54
4.2.2 Auswertung Plattform für Abwärme	55
4.2.3 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).....	58
4.2.4 Klärschlammverbrennung	61
4.2.5 Sperrmüll	61
4.3 Potenziale durch Nutzung von Großwärmepumpen.....	62
4.3.1 Randbedingungen zur Berechnung.....	62

4.3.2	Flusswasserwärmepumpen.....	63
4.3.3	Abwärme aus Kläranlagen	67
4.3.4	Abwärme aus Abwasserpumpwerken und dem Abwasserkanalnetz	70
4.4	Oberflächennahe Geothermie	73
4.4.1	Erdwärmesondenanlagen auf Freiflächen	73
4.4.2	Erdwärmesonden im öffentlichen Verkehrsraum	77
4.4.3	Erdwärmesonden zur dezentralen Wärmeversorgung	77
4.5	Tiefe Geothermie	77
4.6	Grundwasser	78
4.7	Umgebungsluft	80
4.7.1	Nutzung der Luft als Wärmequelle zur zentralen Wärmeversorgung	80
4.7.2	Nutzung der Umweltwärme Luft zur dezentralen Wärmeversorgung.....	82
4.8	Solarthermie auf Freiflächen und großen Dachflächen	82
4.9	Biomasse	83
4.10	Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase	86
4.11	Großwärmespeicher.....	87
4.12	Fazit zur Potenzialanalyse	89
5	Eignungsgebiete für dezentrale Wärmepumpen.....	89
5.1	Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Einzelgebäudeversorgung	90
5.1.1	Datengrundlage und Vorgehen	90
5.1.2	Ergebnisse	92
5.2	Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung	95
5.2.1	Datengrundlage und Vorgehen	95
5.2.2	Ergebnisse	98
5.3	Vergleich Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung	100
5.4	Fazit zur Eignung für eine Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen	100
6	Eignungsgebiete für Wärmenetze	101
6.1	Vorgehen.....	101
6.2	Ausbaukonzept für die Fernwärmenetze in Bremen West-Mitte-Ost.....	103
6.2.1	Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit	103
6.2.2	Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario für das Netzgebiet West.....	117
6.2.3	Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario für das Netzgebiet Uni+Ost	121
6.3	Ausbaukonzept für Wärmenetze in Bremen Nord.....	125
6.3.1	Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit	125
6.3.2	Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario	129
6.4	Ausbaukonzept für Wärmenetze in Bremen Süd bzw. Links der Weser	132

6.4.1	Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit	132
6.4.2	Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario für das Netzgebiet Bremen Süd.....	137
6.5	Planungen für Nahwärmenetze	141
6.6	Planung von Anergienetzen	144
6.7	Ausbaukonzept für Wärmenetze im Überseehafengebiet	146
6.8	Fazit zu den Ausbaupotenzialen von Wärmenetzen	146
7	Zielszenario	149
7.1	Eignungsstufen für Wärmeversorgungsarten im Zielszenario gemäß § 19 WPG.....	150
7.1.1	Eignungsstufen für Wärmenetze	150
7.1.2	Eignungsstufen für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen.....	153
7.2	Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG.....	157
7.3	Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial gemäß § 18 Abs. 5 WPG	165
7.4	Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung.....	168
7.4.1	Umsetzungsszenario 1.....	169
7.4.2	Umsetzungsszenario 2	175
7.4.3	Überseehafen.....	180
7.4.4	Vergleich der Umsetzungsszenarien	181
7.5	Auswirkungen auf das Stromnetz.....	185
7.6	Kennzahlen für das Zielszenario	187
7.6.1	Umsetzungsszenario 1.....	187
7.6.2	Umsetzungsszenario 2	189
8	Anforderungen an einen Wärmeplan für ein Gemeindegebiet mit mehr als 45 000 Einwohnern.....	191
8.1	Grundsatz Energieeffizienz an erster Stelle	191
8.2	Rolle von Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften.....	192
8.3	Finanzierung von Maßnahmen zur Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien	193
8.4	Potenzielle Synergieeffekte mit den Plänen benachbarter Behörden.....	193
9	Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog	195
10	Zusammenfassung	195
11	Abkürzungsverzeichnis	201
12	Abbildungsverzeichnis	203
13	Tabellenverzeichnis	211
14	Literaturverzeichnis	215
15	Anhang.....	220

1 Zielsetzung und Inhalte des Gutachtens

Die Enquetekommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ hat in ihrem Ende 2021 vorgelegten Abschlussbericht die Zielsetzung empfohlen, im Land Bremen bis zum Jahr 2038 die Klimaneutralität zu erreichen. In diesem Zusammenhang hat die Enquetekommission vorgeschlagen, für die Städte Bremen und Bremerhaven eine am Leitbild der Klimaneutralität ausgerichtete kommunale Wärmeplanung zu erarbeiten.

Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft (SUKW) als zuständige planungsverantwortliche Stelle für die kommunale Wärmeplanung in der Stadt Bremen hatte im Rahmen der Erarbeitung der Wärmeplanung Gutachten zu unterschiedlichen Teilaspekten vergeben.

Dieses Gutachten hat zum Ziel, für die Stadt Bremen einen umfassenden und den Vorgaben des Gesetzes zur Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG) des Bundes entsprechenden Entwurf eines kommunalen Wärmeplans zu erstellen. In diesem Abschlussbericht werden die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung erläutert. Es handelt sich dabei um einen Entwurf, der im Rahmen eines öffentlichen Beteiligungsprozesses zur Diskussion gestellt wird. Nach Abschluss des Beteiligungsprozesses und der Berücksichtigung der eingegangenen Hinweise soll der endgültige Wärmeplan in den Gremien der Stadt Bremen beschlossen werden.

Im Jahr 2023 wurde zunächst ein Fachgutachten mit der folgenden Aufgabenstellung beauftragt:

- Geeignete Gebiete für eine Fern- oder Nahwärmeversorgung in der Stadt Bremen zu identifizieren, diese räumlich abzugrenzen und auf ihre wirtschaftliche Erschließbarkeit hin zu untersuchen.
- Im Zusammenhang mit den Eignungsgebieten für Fern- und Nahwärme relevante Potenziale für erneuerbare Wärme und Abwärme zu analysieren. Im Fokus standen dabei Gebiete für neue Wärmenetze.
- Die Potenziale zur Wärmebedarfsdeckung auf Ebene der Einzelgebäude durch Luftwärmepumpen oder Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zu untersuchen. Entscheidungskriterien waren die Schallemissionen der Luftwärmepumpen und die Anzahl möglicher Erdwärmesonden auf dem Grundstück/Flurstück der Gebäude.

Die Untersuchungen erfolgten dabei nach folgender Gebietseinteilung:

- **Gebiet Bremen West-Mitte-Ost**
Dabei handelt es sich um das Gebiet rechts der Weser, in dem bereits die beiden Fernwärmenetze West und Uni+Ost der swb AG (swb) bestehen. Für dieses Gebiet kann davon ausgegangen werden, dass durch einen Ausbau und gegebenenfalls auch eine Ver-

bindung dieser Netze weitere Erschließungen erfolgen können (vgl. Kapitel 6.2). Im weiteren Verlauf dieses Berichts wird die Abkürzung swb einheitlich für alle Tochtergesellschaften der swb-Gruppe – unabhängig von der konkreten Zuständigkeit der jeweiligen Gesellschaft (insbesondere swb) – verwendet.

- **Gebiet Bremen Nord**

In diesem Gebiet nördlich der Lesum plant die enercity Contracting GmbH (enercity Contracting) den Aufbau eines Wärmenetzes mit der Abfallentsorgungsanlage und dem Heizkraftwerk Blumenthal als Wärmequelle (vgl. Kapitel 6.3).

- **Gebiet Bremen Süd bzw. Links der Weser**

In diesem Gebiet bestehen bisher kleinere Nahwärmenetze. Derzeit plant die swb dort den Aufbau weiterer Wärmenetze. Für einen großflächigen Ausbau von Wärmenetzen müssen in diesem Gebiet neue Wärmequellen erschlossen werden (vgl. Kapitel 6.4).

Das Fachgutachten basierte auf einem intensiven Abstimmungsprozess mit den Wärmenetzbetreibern und den Genehmigungsbehörden über Methodik, Annahmen und Ergebnisse. Es wurde im September 2024 veröffentlicht und war eine wichtige Vorarbeit für die Erstellung des vorliegenden Wärmeplanentwurfs. Die Gebietseinteilung wurde für das aktuelle Gutachten übernommen. Die Austauschprozesse mit Wärmenetzbetreibern und Wohnungswirtschaft wurden auch im Rahmen dieses Gutachtens fortgesetzt.

Nach § 13 Abs. 3 WPG erstellt die planungsverantwortliche Stelle nach Durchführung der Eignungsprüfung, der Bestandsanalyse und der Potenzialanalyse einen Entwurf nach Maßgabe der Anlage 2 (zu § 23) WPG für

- das Zielszenario nach § 17 WPG,
- die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete nach § 18 WPG,
- die Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr nach § 19 WPG sowie
- die Umsetzungsstrategie nach § 20 WPG.

Der hier vorliegende Bericht bildet diese vom WPG vorgegebene Vorgehensweise ab. Die Eignungsprüfung, die Bestandsanalyse und die Potenzialanalyse werden in den Kapiteln 2 bis 4 behandelt.

Anschließend erfolgt die Darstellung der Eignung für die Wärmeversorgungsarten getrennt nach dezentraler Wärmeversorgung (Kapitel 5) und Wärmenetzen (Kapitel 6). Darauf aufbauend wird das Zielszenario in Kapitel 7 erläutert.

Da Bremen mehr als 45 000 Einwohner hat, sind die Anforderungen gemäß § 21 WPG zu beachten. Diese werden in Kapitel 7.6.2 erläutert. Eine Umsetzungsstrategie mit von der Stadt Bremen unmittelbar selbst zu realisierenden Umsetzungsmaßnahmen in Form eines Maßnahmenkataloges wird separat erstellt und vervollständigt die Unterlagen für den Wärmeplan.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde eine Aktualisierung der Datenbasis vorgenommen. Die Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen des Fachgutachtens von 2024 ist damit nur begrenzt möglich. Die Ermittlung des wirtschaftlichen Netzausbaus erfolgt nach wie vor auf Ebene der Ortsteile. Die kartografischen Abbildungen in diesem Gutachten werden weitgehend baublockbezogen dargestellt.

Das Zielszenario ist gemäß § 17 WPG für das beplante Gebiet als Ganzes darzustellen. In diese Untersuchung ist deshalb das stadtbremische Überseehafengebiet in Bremerhaven (im Weiteren Überseehafengebiet) einbezogen. Das Überseehafengebiet weist einige Besonderheiten auf. So besteht keine räumliche Verknüpfung mit dem Stadtgebiet Bremen und das Gebiet war zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens trotz seiner Größe nur in einen Baublock eingeteilt. Zudem wurde bereits ein Projekt mit dem Titel „CO₂-neutraler Überseehafen bis 2035“ durchgeführt, dessen Ergebnisse berücksichtigt werden konnten. Daher wird auf das Überseehafengebiet in der Regel in den jeweiligen Kapiteln separat eingegangen (Ausnahmen sind gekennzeichnet).

2 Eignungsprüfung

Im Rahmen der Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG wird das beplante Gebiet auf Teilgebiete untersucht, die sich mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung durch ein Wärmenetz oder ein Wasserstoffnetz eignen. Die Prüfungskriterien werden in § 14 Abs. 2 und 3 definiert. Da es nur um eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine fehlende Eignung geht, kann sich im weiteren Verlauf des Verfahrens oder auch bei zukünftigen Aktualisierungen der Wärmeplanung ergeben, dass sich dennoch eine Wärmenetzeignung ergibt. Umgekehrt ist zu beachten, dass die dort nicht genannten Teilgebiete nicht zwingend für ein Wärme- oder ein Wasserstoffnetz geeignet sind.

2.1 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wärmenetz

Ein beplantes Gebiet oder Teilgebiet eignet sich gemäß § 14 Abs. 2 WPG in der Regel mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für eine Versorgung durch ein Wärmenetz, wenn

- in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Wärmenetz besteht und keine konkreten Anhaltspunkte für nutzbare Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme vorliegen, die über ein Wärmenetz nutzbar gemacht werden können, und
- aufgrund der Siedlungsstruktur und des daraus resultierenden voraussichtlichen Wärmebedarfs davon auszugehen ist, dass eine künftige Versorgung des Gebiets oder Teilgebiets über ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich sein wird.

Zu prüfen sind somit die drei Kriterien:

- vorhandenes Wärmenetz,
- konkrete Anhaltspunkte für nutzbare Potenziale für Wärme aus erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme und
- voraussichtlicher Wärmebedarf, der eine wirtschaftliche Erschließbarkeit durch ein Wärmenetz nicht wirtschaftlich erscheinen lässt.

Der § 14 Abs. 2 WPG enthält eine „Und-Verknüpfung“. Dementsprechend müssten alle drei Kriterien kumulativ gelten. Schon das Kriterium „nutzbare Potenziale aus erneuerbaren Energien“ wird sich aber nur in sehr seltenen Fällen ausschließen lassen, da zum Beispiel große Luftwärmepumpen unter Berücksichtigung der notwendigen Abstände nahezu überall installiert werden können. Auch die Nutzung von Biomassepotenzialen in Heizkesseln wird nahezu überall möglich sein. In diesem Wärmeplan wird daher vor allem auf den Wärmebedarf (oder genauer „die Wärmebedarfsdichte“) als Kriterium der wirtschaftlichen Erschließbarkeit abgestellt. Diese wird wiederum aus den im Wärmeatlas abgebildeten Wärmebedarfsdichten abgeleitet. Ein Wärmeatlas zeigt auf Basis von gebäudescharf erfassten Zählerdaten, Gebäudetypologiedaten und weiteren Eingangsgrößen unter anderem gebietsspezifische Wärmebedarfsdichten in der Kennzahl MWh/(ha·a). Dabei bezieht sich das Flächenmaß Hektar (ha) auf die jeweilige Gebietsfläche, zum Beispiel eines Baublocks, Quartiers oder Ortsteils. Als „mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht geeignet“ werden in diesem Gutachten Gebiete eingestuft, die in der Eignungsprüfung oder nach Vorliegen des Wärmeatlas einen Wärmebedarf von

- weniger 175 MWh/(ha·a) in Bestandsgebieten oder
- weniger als 70 MWh/(ha·a) in Neubaugebieten aufweisen.

Diese Kategorisierung wurde aus den Hinweisen des Leitfadens zum WPG abgeleitet. Dort werden folgende Indikatoren genannt:

Tabelle 1: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (KEA-BW, 2020).

Wärmedichte in MWh/(ha·a)	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0-70	Kein technisches Potenzial
70-175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175-415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415-1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzeignung

Auf Basis der Prüfung dieser Kriterien wurden die auf der folgenden Karte dargestellten Teilgebiete mit Wärmebedarfen zwischen 0 und 175 MWh/(ha·a) als mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet eingeschätzt.

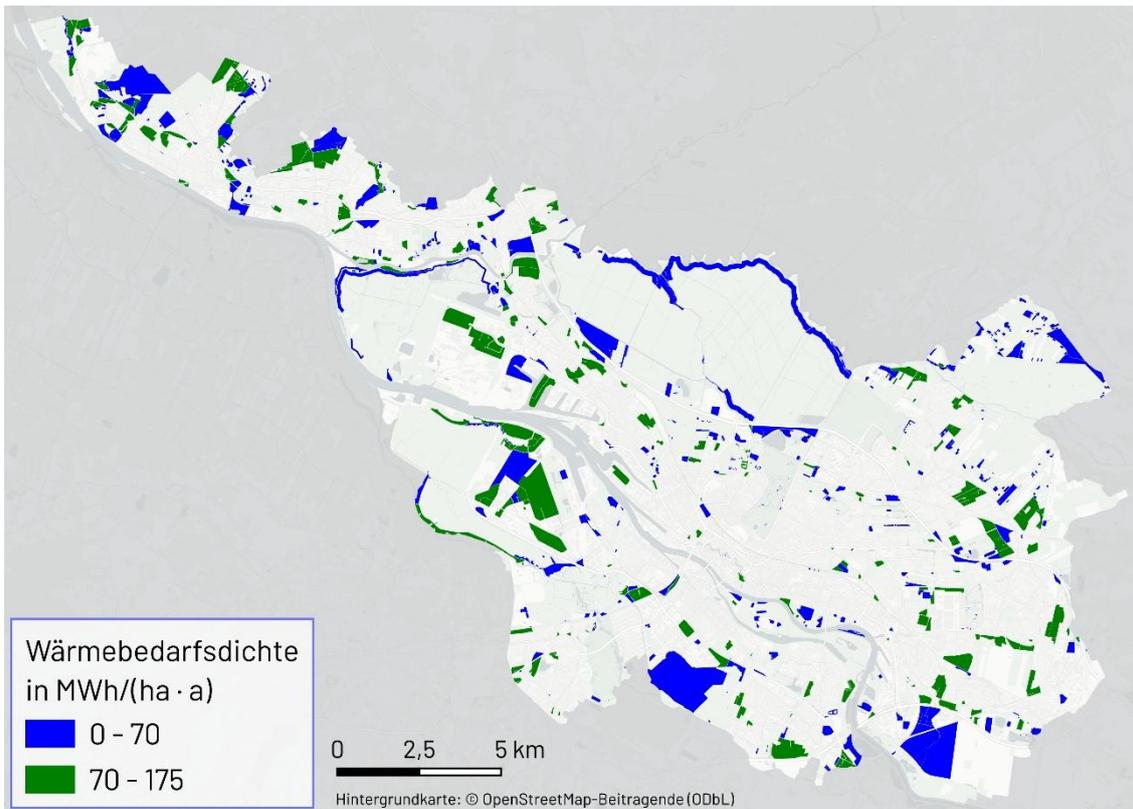


Abbildung 1: Baublockbezogene Darstellung von Teilgebieten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind (grüne und blaue Einfärbungen)

Das Überseehafengebiet war zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens noch nicht in mehrere Baublöcke eingeteilt. Als einheitlicher Baublock hat das Überseehafengebiet eine Wärmebedarfsdichte von 52 MWh/(ha·a) und gehört somit ebenfalls in die Kategorie 0 bis 70 MWh/(ha·a).

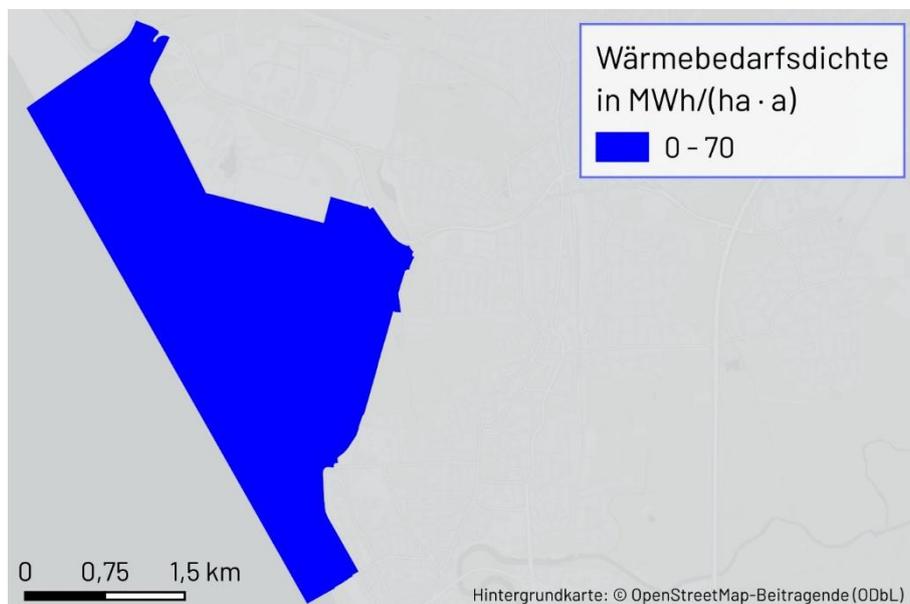


Abbildung 2: Baublockbezogene Darstellung der Wärmebedarfsdichte im Überseehafengebiet

Zu beachten ist, dass die hier dargestellte Eignungsprüfung gemäß § 14 Abs. 2 als eine Vorprüfung zu verstehen ist. Im weiteren Verlauf der Analysen können sich auch andere Einschätzungen zu diesen Gebieten ergeben. Umgekehrt gilt auf Basis dieser Vorprüfung für alle anderen Gebiete nicht, dass diese als voraussichtliche Wärmenetzgebiete anzusehen sind.

2.2 Teilgebiete mit fehlender Eignung für ein Wasserstoffnetz

Für die Prüfung hinsichtlich der fehlenden Eignung als Wasserstoffnetzgebiet regelt das Wärmeplanungsgesetz § 14 Abs. 3 WPG, dass die Eignung dann fehlt, wenn

- in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet derzeit kein Gasnetz besteht und entweder keine konkreten Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff vorliegen oder die Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes über darüberliegende Netzebenen nicht sichergestellt erscheint im Sinne des § 71k Abs. 3 Nr. 1 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) oder
- in dem beplanten Gebiet oder Teilgebiet ein Gasnetz besteht, aber insbesondere aufgrund der räumlichen Lage, der Abnehmerstruktur des beplanten Gebiets oder Teilgebiets und des voraussichtlichen Wärmebedarfs davon ausgegangen werden kann, dass die künftige Versorgung über ein Wasserstoffnetz mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht wirtschaftlich sein wird.

Auf dieser Grundlage stellt sich zunächst die Frage, ob konkrete Anhaltspunkte für eine dezentrale Erzeugung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff vorliegen und die Versorgung eines neuen Wasserstoffverteilnetzes über darüberliegende Netzebenen im Sinne des § 71k Abs. 3 Nr. 1 GEG sichergestellt erscheint. Wenn eines dieser beiden Kriterien nicht gegeben ist, wäre auch die Existenz eines Gasnetzes nicht hinreichend, um von einer Eignung als Wasserstoffnetzgebiet auszugehen.

Nach derzeitigem Stand soll Bremen an das in Planung befindliche überregionale Wasserstoffkernnetz angeschlossen werden. Damit wären die Voraussetzungen für ein Wasserstoffverteilernetz gegeben. Der Antrag wurde von der Bundesnetzagentur am 22.10.2024 mit Änderungen genehmigt. Die Wasserstoff-Kernnetz-Genehmigung sieht Maßnahmen mit einer Leitungslänge von 9 040 km vor, die zu rund 60 % auf Umstellungen bestehender Erdgasleitungen basieren. Die zu erwartenden Investitionskosten belaufen sich auf 18,9 Milliarden Euro. Auf Anfrage durch die Stadt Bremen hat die Gasunie Deutschland Transport Services GmbH (Gasunie) als vorgelagerter Netzbetreiberin Folgendes mitgeteilt:

- Gasunie errichtet unter dem Projektnamen „Hyperlink“ ein überregionales Wasserstoffnetz (als Bestandteil des Wasserstoffkernnetzes, welches auch an Bremen vorbeiführt). Die Anbindung Bremens ist über den Hyperlink 1 geplant. Die Inbetriebnahme der Wasserstoffanbindung Bremens ist ab 2027 geplant. Der Übergabepunkt befindet sich in Bremen-Mittelsbüren.

- Seitens Gasunie ist keine Erzeugung, Speicherung oder Nutzung von Wasserstoff für Bremen vorgesehen.
- Es liegt ein Netzanschlussbegehren für den Raum Bremen (EWE/swb) mit einer Einspeiseleistung von ca. 50 MW (5 000 t Wasserstoff pro Jahr) vor. Die konkrete Umsetzung erfolgt in Abstimmung mit den Netzanschlusspetenten und hängt zeitlich in der Regel von der Projektentwicklung der Netzanschlusspetenten ab.

Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Stadt Bremen bis spätestens 2032 an das überregionale Wasserstoffnetz angeschlossen wird. Eine Eignung für Wasserstoffnetzgebiete in Bremen setzt aber voraus, dass diese auch durch ein nachgelagertes Verteilnetz erschlossen werden. Zuständiger Gasnetzbetreiber ist aktuell die swb. Auf Anfrage hinsichtlich der Umstellung des Gasverteilnetzes auf Wasserstoff oder der Neueinrichtung eines Wasserstoffnetzes teilt die swb auf Anfrage Folgendes mit:

- Im Rahmen des Projekts „HyBit“ unterstützt die swb gemeinsam mit EWE einen großen Industriekunden bei der Umstellung auf grüne Stahlproduktion.
- Am swb-Kraftwerk Mittelsbüren wird eine 10-MW-Elektrolyseanlage geplant, die rund 1 500 t grünen Wasserstoff pro Jahr produzieren soll. Zusätzlich wird eine Trailerabfüllstation entwickelt, um regionalen Unternehmen die Nutzung von Wasserstoff zu ermöglichen.
- Der Anschluss einzelner Kunden an ein Wasserstoffnetz ist nicht geplant, unter anderem weil die vorrangige Nutzung von Wasserstoff im Industriesektor und nicht in der Beheizung einzelner Gebäude gesehen wird. Dementsprechend geht die swb davon aus, dass große Teile oder sogar das gesamte Stadtgebiet in Bremen nicht für eine wirtschaftliche Versorgung über ein Wasserstoffnetz geeignet sein werden. Dies betrifft insbesondere Gebiete, die überwiegend durch Raumwärmebedarf geprägt sind.

Auf dieser Grundlage ist davon auszugehen, dass sich in Bremen auf absehbare Zeit eine flächenhafte Erschließung durch ein Wasserstoffnetz nicht ergeben wird. Zu beachten ist zudem, dass der Betreiber des Gasverteilernetzes, an dessen Netz eine potenzielle „Wasserstoffheizungsanlage“ angeschlossen ist oder werden soll, und die nach Landesrecht für die Wärmeplanung zuständige Stelle (also die Hansestadt Bremen) bis zum Ablauf des 30.6.2028 einen einvernehmlichen, mit Zwischenzielen versehenen, verbindlichen Fahrplan für die bis zum Ablauf des 31.12.2044 zu vollendende Umstellung der Netzinfrastruktur auf die vollständige Versorgung der Anschlussnehmer mit Wasserstoff beschlossen und veröffentlicht haben müssen (§ 71k Abs. 1 Nr. 2 GEG). Nur in diesem Fall würden wasserstoffbasierte Heizungsanlagen (sogenannte H₂-Ready-Heizungen) als Erfüllungsoption gemäß § 71 Abs. 3 Nr. 5 gelten.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit für ein Wasserstoffnetz kann darüber hinaus angenommen werden, dass diese für ein Gebiet nur dann gegeben ist, wenn in diesen Gebieten bereits ein großer, insbesondere industrieller Ankerkunde für Wasserstoff existiert oder absehbar vorhanden sein wird. Ein entsprechender Kunde könnte zum Beispiel ein Gaskraftwerk, ein Industriebetrieb

mit hohem Bedarf für Hochtemperatur-Prozesswärme oder ein Industriebetrieb mit hohem Wasserstoffbedarf für industrielle Anwendungen (Stahlindustrie) sein. Alternativ kämen auch Transportdienstleister infrage, die ihre Fahrzeugflotte auf Wasserstoffantriebe umgerüstet haben oder dies absehbar anstreben. Zwar bestehen – etwa mit dem Stahlwerk oder auch potenziellen größeren Wärmeerzeugungsanlagen – solche Ankerkunden, aber es ist aktuell nicht mit hinreichender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass sich daraus für die umliegenden Gebiete dieser Ankerkunden wirtschaftliche Szenarien für ein Wasserstoffnetz ergeben könnten.

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass für Bremen auf Basis des aktuellen Kenntnisstandes von einer fehlenden Eignung für Wasserstoffnetzgebiete – jedenfalls für die in der Wärmeplanung im Fokus stehenden Raumwärmeanwendungen – ausgegangen werden kann.

3 Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse dient der Erfassung und Beschreibung der aktuellen Wärmeversorgung des beplanten Gebiets. Den Einstieg bildet die Erhebung umfangreicher Daten und Informationen auf der Grundlage von Anlage 1 (zu § 15) WPG. Anschließend wird die Struktur der Wärmeversorgung beschrieben und in diversen kartografischen Darstellungen abgebildet. Dazu gehören sowohl gebietsspezifische Wärmedichten als auch die für die Wärmeversorgung relevante Infrastruktur. Wesentliche Ziele der Bestandsanalyse gemäß § 15 Abs. 1 WPG sind die Ermittlung

- des derzeitigen Wärmebedarfs oder Wärmeverbrauchs innerhalb des beplanten Gebiets einschließlich der hierfür eingesetzten Energieträger,
- der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen und
- der für die Wärmeversorgung relevanten Energieinfrastrukturanlagen

3.1 Datenerhebung

Ausgangspunkt der Bestandsanalyse war eine Erhebung der für die Wärmeplanung relevanten Informationen und erforderlichen Daten zur aktuellen Versorgung des beplanten Gebiets mit Wärme. Die Daten wurden auf der Grundlage der Anlage 1 (zu § 15) WPG erhoben. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Daten und die zugehörigen Datenquellen:

Tabelle 2: Erhobene Daten auf Grundlage der Anlage 1 (zu § 15) WPG

Erhobene Daten	Datenquelle	Bemerkung
Gasverbräuche	Wärmeatlas	Der bestehende Wärmeatlas von 2019 mit der Datengrundlage 2012–2015 (für Strom 2013–2016) wurde um Neubauten und Gebäudeabrisse (Stand 2024) aktualisiert. Für die Neubauten wurden Wärmebedarfsannahmen getroffen.

Erhobene Daten	Datenquelle	Bemerkung
Zählerdaten Wärmeverbräuche	Wärmeatlas. Ergänzende Abfrage der Gebäudedaten und Wärmeverbräuche bei Unternehmen der Wohnungswirtschaft	Enthalten sind die Stromverbräuche von Wärmepumpen und Heizstrom, sofern über separate Zähler erfasst, und die Zählerdaten der von swb betriebenen Wärmenetze. Der bestehende Wärmeatlas von 2019 mit der Datengrundlage 2012–2015 (für Strom 2013–2016) wurde um Neubauten und Gebäudeabrisse (Stand 2024) aktualisiert. Für die Neubauten wurden Wärmebedarfsannahmen getroffen.
Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen mit Verbrennungstechnik	Wärmeatlas. Ergänzende Abfrage der Gebäudedaten und Wärmeverbräuche bei Unternehmen der Wohnungswirtschaft	Die über den Wärmeatlas und die zugrundeliegenden Zählerdaten identifizierbaren dezentralen Erzeuger wurden berücksichtigt.
Gebäudedaten (Lage, Nutzung, Nutz- bzw. Wohnfläche, Baujahr)	Statistisches Landesamt Bremen, Landesamt Geoinformation Bremen, Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) Bremen, Wärmeatlas	
3D-Gebäudedaten	Geoportal Bremen	
Straßennetz	Geoportal Bremen	
Straßen und Wege	OpenStreetMap	
Ortsteilgrenzen, statistische Baublöcke und statistische Quartiere	Geoportal Bremen	
Prozesswärmeverbrauch der letzten drei Jahre	Annahmen auf Basis des Wärmeatlas	Bei 13 Unternehmen mit sehr hohem Wärmebedarf wurde von überwiegendem Prozesswärmeverbrauch ausgegangen.
Eingesetzte Energieträger für Prozesswärme	Abfrage bei Industrieunternehmen	
Unvermeidbare Abwärmemenge	Abfrage bei Industrieunternehmen, Plattform für Abwärme bei der Bundesstelle für Energieeffizienz (BfEE)	
Informationen zu bestehenden oder konkret geplanten	Abfrage Wärmenetzbetreiber	

Erhobene Daten	Datenquelle	Bemerkung
Wärmenetzen und zu bestehenden oder konkret geplanten Wärmeerzeugern und Wärmespeichern		
Informationen zu bestehenden, konkret geplanten oder bestehenden Gasnetzen	swb	
Informationen zu bereits bestehenden, konkret geplanten oder bereits genehmigten Stromnetzen auf Hoch- und Mittelspannungsebene einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung	Planungsregion Mitte, Netzbetreiber swb, Eurogate, GETEC	Netzausbaupläne können über VNBdigital.de abgerufen werden. Dies gilt für swb und die Planungsregion Mitte, zu der verschiedene Verteilernetzbetreiber gehören.
Informationen zu geplanten Optimierungs-, Verstärkungs-, Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungsnetz	Planungsregion Mitte, Netzbetreiber swb, Eurogate, GETEC, GEWOBA	
Informationen zu Kläranlagen, die für die Abwasserwärmenutzung relevant sind, mindestens die Kapazität in Einwohnergleichwerten	hanseWasser	
Informationen zu Abwassernetzen mit einer Mindestnennweite von DN 800	hanseWasser	
Informationen zu Bauleitplänen, die bereits wirksam sind oder die aufgestellt werden, anderen städtebaulichen Planungen und Konzepten sowie zu Planungen anderer öffentlicher Planungsträger, die Auswirkungen auf die Wärmeplanung haben können.	Austausch mit: Senatorin für Bau, Mobilität und Stadtentwicklung – Referat 66: Geoinformationswesen, Service-Center Bau; Senatorin für Wirtschaft, Häfen und Transformation	
Energieverbräuche und Interesse am Anschluss an ein Wärmenetz in der Wohnungswirtschaft	Abfrage bei Unternehmen der Wohnungswirtschaft	
Informationen zur Wärmeversorgung und zu Infra-	Gespräche mit bremenports zum Projekt „CO ₂ -neutraler Überseehafen“	Es wurden ausgewählte Informationen durch bremenports

Erhobene Daten	Datenquelle	Bemerkung
strukturdaten des Übersee- hafengebiets in Bremer- haven		für die Wärmeplanung der Stadt Bremen bereitgestellt.

Auf Basis der erhobenen Daten sind gemäß Anlage 2 (zu § 23) Abs. 1 WPG die Ergebnisse der Bestandsanalyse im Wärmeplan textlich und grafisch sowie kartografisch darzustellen. Die dort geforderten Darstellungen sind in den folgenden Kapiteln abgebildet.

3.2 Aktueller Wärmebedarf oder Wärmeverbrauch einschließlich der eingesetzten Energieträger

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung des aktuellen Wärmebedarfs und -verbrauchs und der dafür eingesetzten Energieträger. Auf dieser Grundlage können sowohl ein Zielszenario für eine klimaneutrale Wärmeversorgung entwickelt als auch der dafür notwendige Umstellungsprozess erarbeitet werden. Die in diesem Kapitel dargestellten Informationen werden jeweils getrennt nach der Stadt Bremen und dem Überseehafengebiet beschrieben. Abweichungen in der Darstellung zwischen diesen beiden Bereichen werden in den jeweils dargestellten Tabellen und Abbildungen deutlich und kurz begründet.

3.2.1 Jährlicher Endenergieverbrauch

Alle folgenden Tabellen und Abbildungen sind, wenn nichts anderes angegeben ist, ohne das Stahlwerk und ohne das Überseehafengebiet dargestellt. Der Endenergieverbrauch für den Wärmebedarf ist in Bremen sehr stark durch die Industrie und hierbei vor allem durch das Stahlwerk der ArcelorMittal Germany Holding GmbH (ArcelorMittal) geprägt. Eine vom Stahlwerk unabhängige Analyse ist deshalb notwendig, weil die Umstellung der Wärmeversorgung des Stahlwerks und hier insbesondere der Prozesswärme einer individuellen Betrachtung bedarf. Das geht deutlich über den üblichen Rahmen einer kommunalen Wärmeplanung hinaus.

Bei den dargestellten Werten für Wärmenetze ist zu beachten, dass nur die Wärmeversorgung von Wärmenetzen berücksichtigt werden konnte, für die Wärmezählerdaten vorlagen. Nahwärmenetze, die zum Beispiel mit einem Gaskessel oder Gas-BHKW versorgt werden, sind Bestandteil der Darstellungen zu Erdgas (vgl. auch Kapitel 7.1.1). Der Endenergieverbrauch der durch Wärmenetze versorgten Gebäude wurde auf Basis der im Wärmetlas enthaltenen Wärmeverbrauchsdaten und für die dezentralen Wärmeerzeuger auf Basis von angenommenen Effizienzfaktoren berechnet.

Tabelle 3: Aktueller jährlicher Endenergieverbrauch für Wärme in GWh/a nach Energieträgern und Sektoren (ohne Überseehafengebiet und ohne das ArcelorMittal-Stahlwerk)

Energieträger (in GWh/a)	HH	GHD	öffentliche Gebäude	Industrie	Summe	Anteil in %
Erdgas	2.325	628	325	1.214	4.492	65
Strom	14	2	0		16	0
Wärmenetz	491	82	195	246	1.014	15
Unbekannt	700	525	203	7	1.435	21
Summe	3.529	1.237	724	1.467	6.957	100
Anteil in %	51	18	10	21	100	

In Tabelle 3 sind Endenergieverbräuche aus unbekanntem Sektoren nicht dargestellt. Diese umfassen 6,1 GWh/a und sind zu 36 % dem Energieträger Gas und zu 64 % der Energieträgerkategorie „Unbekannt“ zuzuordnen.

Der Wärmebedarf des Stahlwerks liegt bei 8 220 GWh/a und ist somit höher als der gesamte Wärmebedarf der Stadt Bremen. Der Endenergiebedarf des Wärmesektors für das Überseehafengebiet liegt bei 40 GWh/a (ausschließlich für GHD und Industrie). Davon werden ca. 26 GWh/a mit Gas erzeugt.

In folgender Tabelle ist die Aufteilung der dezentralen und zentralen Wärmeversorgung nach erneuerbarer und fossiler Erzeugung aufgeschlüsselt. In der Kategorie „Unbekannt“ sind bei den dezentralen Erzeugern auch Biomassekessel und Wärmepumpen enthalten, da die verfügbare Datengrundlage keine genauere Zuordnung erlaubte.

Tabelle 4: Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern (ohne Überseehafengebiet und das ArcelorMittal-Stahlwerk)

Wärmebereitstellung (in GWh/a)	Fossil	Unbekannt	Erneuerbare und un- vermeidbare Abwärme	Gesamt
Dezentrale Versorgung	4.501	1.439	10	5.950
Wärmenetz	659	0	355	1.013
Summe	5.159	1.439	365	6.963
Anteil in %	74	21	5	100

In Tabelle 4 enthalten sind die in Tabelle 3 nicht erfassten Endenergieverbräuche aus unbekanntem Sektoren in Höhe von 6,1 GWh/a. Daraus resultiert die entsprechende Abweichung bei den Summen beider Tabellen.

Insgesamt ist die Wärmeversorgung, wie in den meisten größeren Städten in Deutschland, überwiegend fossil – und dabei weitestgehend durch Erdgas – geprägt.

In der baublockbezogenen Darstellung stellen sich die Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch wie in den folgenden Abbildungen gezeigt dar. Dabei ist zu beachten, dass Baublöcke ohne oder mit sehr geringfügiger Bebauung nicht oder nicht vollständig in der jeweiligen Farbskala berücksichtigt werden. Das gilt zum Beispiel für Parkflächen und Baublöcke, in denen auf einer sehr großen Fläche weniger als fünf Gebäude stehen. Es besteht sonst das Problem, dass diese (häufig großen) statistischen Blöcke den optischen Eindruck der Karten zu stark prägen. Auch der Baublock des Stahlwerks ist aufgrund des außerordentlich hohen und sehr spezifischen Wärmebedarfs (mit sehr hohen Temperaturen für die Prozesswärme) nicht in die farbliche Darstellung einbezogen.

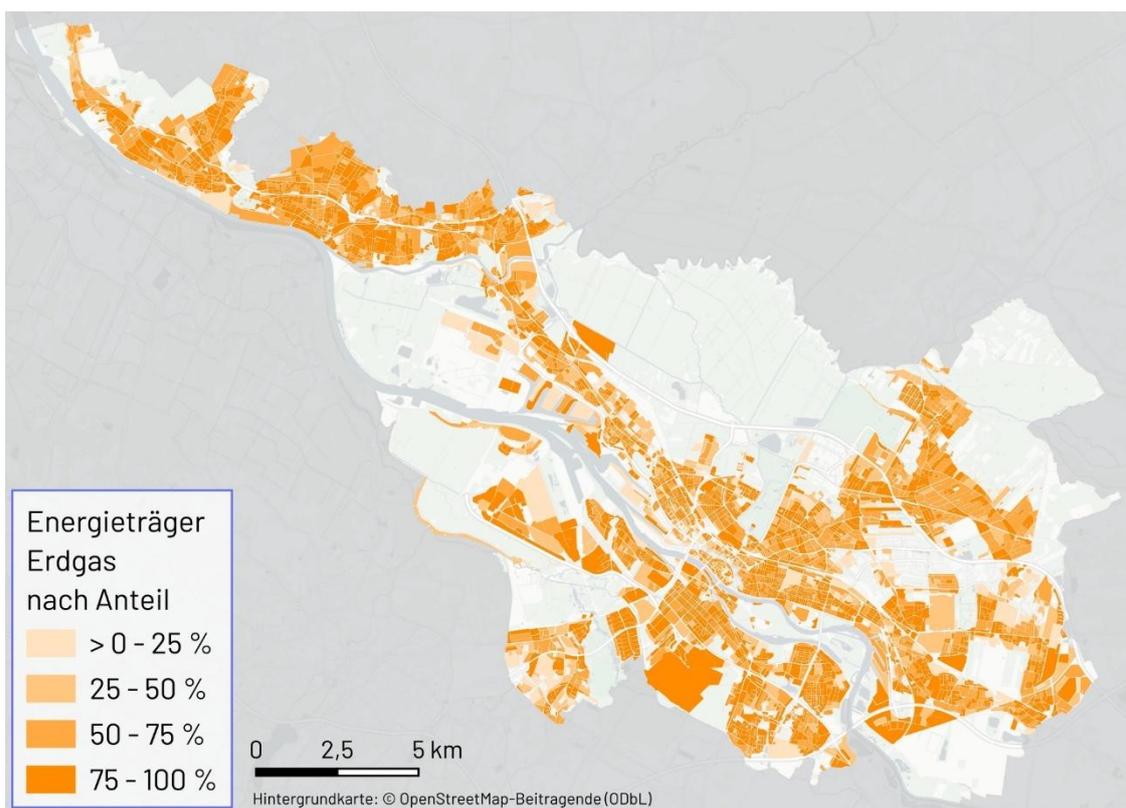


Abbildung 3: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Gas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

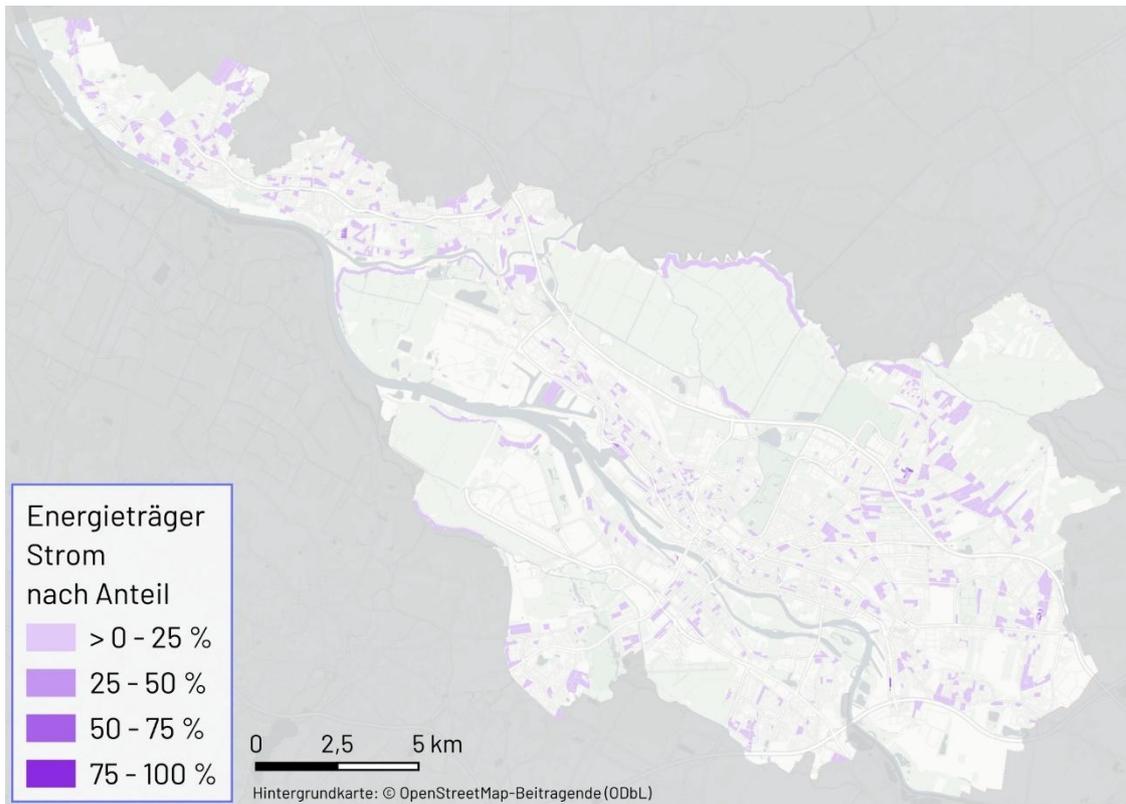


Abbildung 4: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung des Energieträgers Strom am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

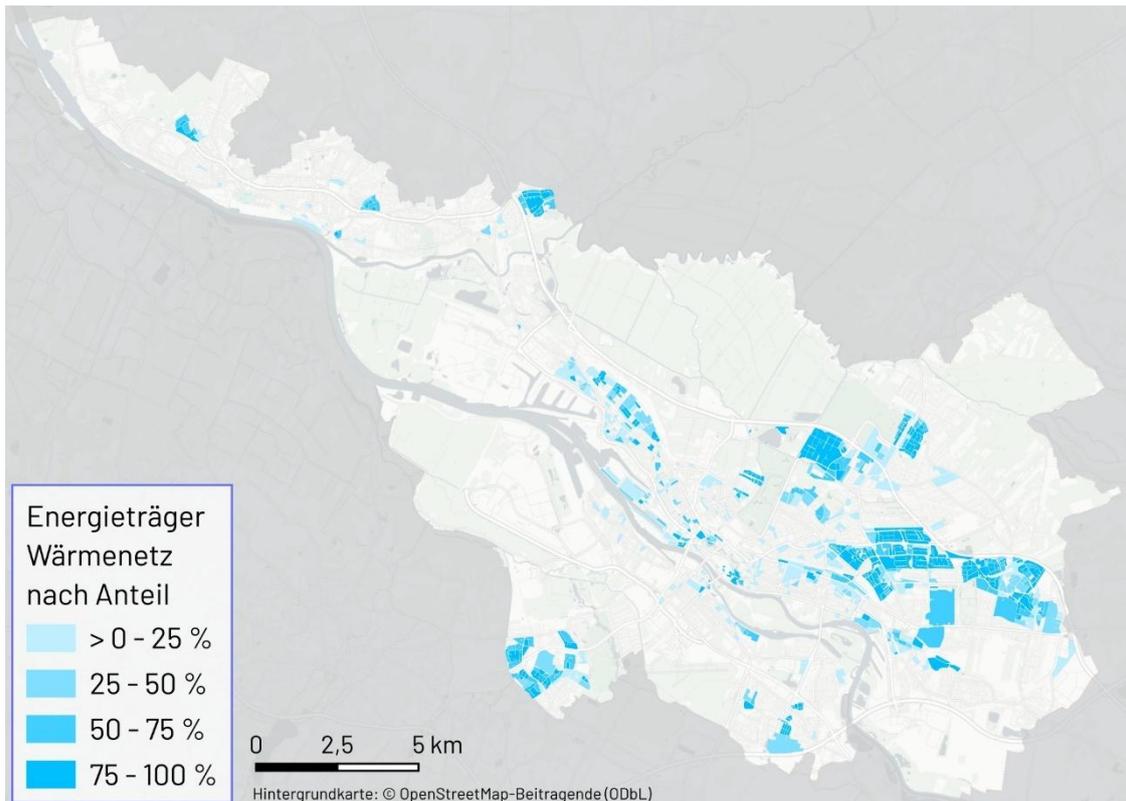


Abbildung 5: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

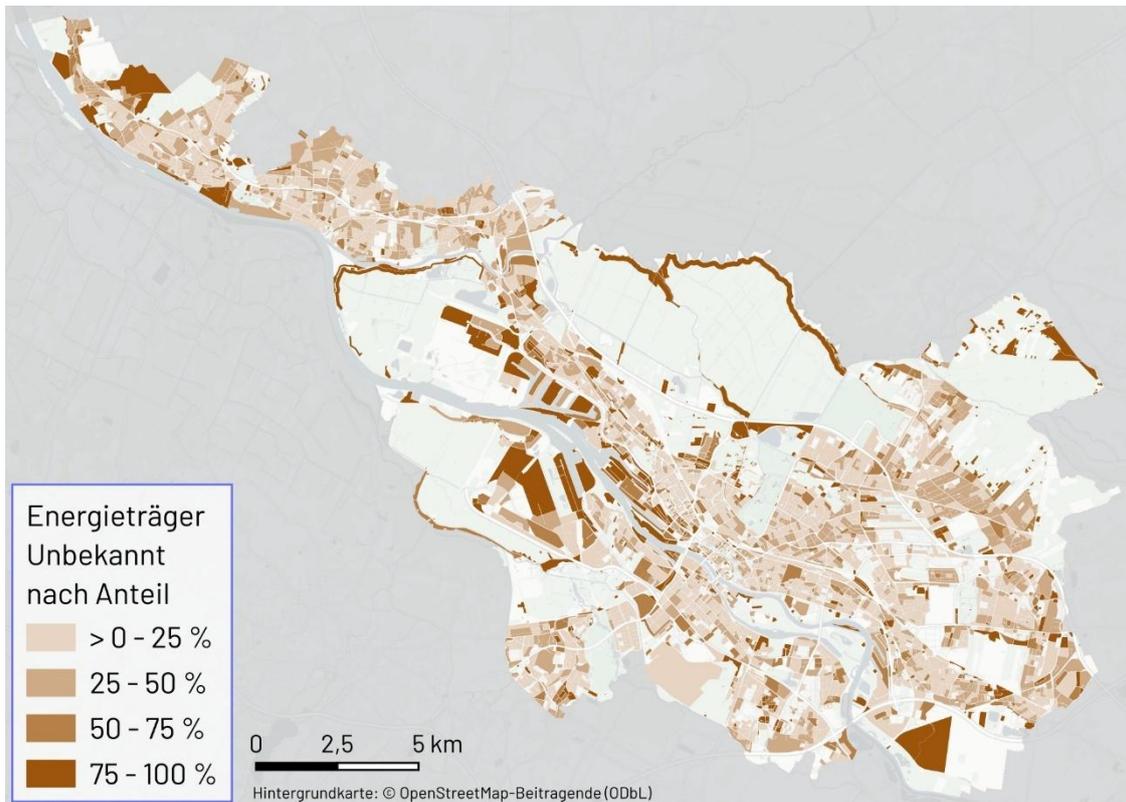


Abbildung 6: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über aktuell unbekannte Energieträger (vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse) am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme

3.2.2 Treibhausgasemissionen

Die Bilanz für die Treibhausgase (THG) wurde basierend auf der Endenergieträgerbilanz und mit den CO_{2eq} -Emissionswerten (inklusive Vorkette) gemäß der aktuellen Fassung des Technikkatalogs zum WPG berechnet.

Rund 21 % des Endenergieverbrauchs konnten keinem Energieträger zugeordnet werden (Kategorie „Unbekannt“). Es ist anzunehmen, dass es sich dabei vor allem um Ölkessel, Biomassekessel, Kohlekessel und Wärmepumpen handelt. Die Aufteilung der unbekanntes Wärmemenge wird deshalb für die Sektoren Haushalte, GHD und öffentliche Gebäude auf Basis der Erzeugungsstruktur im Wohnungsbestand in Deutschland vorgenommen (BDEW, 2025). Demnach werden von der unbekanntes Wärmemenge 66 % Heizöl, 17 % Wärmepumpenstrom, 16 % Holz und 1 % Kohle zugeordnet. Der BDEW veröffentlicht auch landesspezifische Zahlen. Diese basieren jedoch auf einer sehr geringen Anzahl von ausgewerteten Fragebögen. Daher wurden hier die deutschlandweit ermittelten Werte verwendet. Die Aufteilung der unbekanntes Wärmemenge im Sektor Industrie wird auf Basis einer Auswertung des Statistischen Landesamts für das Jahr 2015 vorgenommen. Demnach teilte sich der nicht durch Gas oder Fernwärme versorgte Anteil des industriellen Wärmebedarfs auf die Energieträger Biomasse (36,7 %), Heizöl (33,7 %), Kohle (29,3 %) und Flüssiggas (0,2 %) auf.

Zur Berechnung der THG-Emissionen wurden für die verschiedenen Energieträger folgende Nutzungsgrade angesetzt: Öl (0,92), Erd- oder Flüssiggas (0,93), Holz (0,85), Kohle (0,87), Direktstromheizungen (0,97), Wärmepumpen (3,03) und Fernwärme (0,98). Für die Energieträger werden die spezifischen THG-Emissionsfaktoren aus dem Technikkatalog Wärmeplanung angenommen (Langreder, et al., 2024). Die Emissionen der Fernwärmenetze wurden nach folgender Methode berechnet:

- Für die großen Fernwärmenetze West und Uni+Ost wurden die aktuellen Treibhausgasemissionsfaktoren nach Carnot-Methode aus der abgeschlossenen oder laufenden BEW-Transformationsplanung verwendet. Die Emissionsfaktoren (41,3 kg CO_{2eq}/MWh für West, Stand 2022, und 121 kg CO_{2eq}/MWh für Uni+Ost, Stand 2023) wurden anschließend mit dem Wärmeabsatz beziehungsweise dem Wärmebedarf der versorgten Gebäude aus dem Wärmetals multipliziert.
- Für Nahwärmenetze wurden Standard-Emissionsfaktoren nach Anlage 9 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) verwendet. Bei einer Wärmebereitstellung zu mehr als 70 % über Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung wurden folglich 180 kg CO_{2eq}/MWh und sonst 300 kg CO_{2eq}/MWh angesetzt. Bei unbekanntem Anteil der einzelnen Erzeugungsanlagen wurden Annahmen getroffen.

Im Bestand werden aktuell rund 1,59 Mio. t CO_{2eq} pro Jahr in der Stadt Bremen freigesetzt.

Tabelle 5: THG-Emissionen bei der Wärmeerzeugung im Bestand für das Stadtgebiet (ohne Überseehafengebiet und ohne das Stahlwerk)

Energieträger	Endenergieverbrauch in GWh/a	THG-Emissionen in t CO _{2eq}	Anteil Emissionen in %
Erdgas	4.494	1.078.652	67
Strom	16	8.702	1
Wärmenetz	1.013	140.737	9
Unbekannt	1.439	381.878	24
Summe	6.963	1.609.969	100

Tabelle 6: THG-Emissionen bei der Wärmeerzeugung im Bestand für das Überseehafengebiet

Energieträger	Endenergieverbrauch in GWh/a	THG-Emissionen in t CO _{2eq}	Anteil Emissionen in %
Erdgas	26,4	6.340	62,3
Unbekannt	13,6	3.832	37,7
Summe	40	10.172	100

3.3 Dezentrale Wärmeerzeugungsanlagen

Die folgenden Tabellen bilden die vorhandenen dezentralen Erzeugungsanlagen in Bremen ab. Die Daten basieren auf dem Wärmeetlas (Gas- und Wärmezählerdaten 2012–2015, Stromzählerdaten 2013–2016) und den Erkenntnissen aus der Analyse von Neubauten und Gebäudeabrissen seit 2015 (vgl. Tabelle 2). Die Wärmeerzeuger für Neubauten sind dabei der Kategorie „Unbekannt“ zugeordnet, spielen aber hinsichtlich der Menge nur eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 7: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen im Bestand (ohne Überseehafengebiet und ohne das Stahlwerk)

Wärmeerzeuger (Anzahl)	HH	GHD	Öffentl. Gebäude	Industrie	Summe	Anteil in %
Erdgas	94.251	5.777	2.263	1.445	103.736	68
Stromheizung	1.096	43	147	0	1.286	1
Wärmepumpe	371	19	20	0	410	0
Wärmenetz	11.535	1.367	1.068	471	14.441	9
Unbekannt	25.637	5.691	2.320	154	33.802	22
Summe	132.890	12.897	5.818	2.070	153.675	100
Anteil in %	86	8	4	1	100	

Tabelle 8: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen im Bestand für das Überseehafengebiet

Wärmeerzeuger (Anzahl)	HH	GHD	Öffentl. Gebäude	Industrie	Summe	Anteil in %
Erdgas	1	19	1	2	23	32
Unbekannt	2	44	2	2	50	68
Summe	3	63	3	4	73	100
Anteil in %	4	86	4	6	100	

3.4 Für die Wärmeversorgung relevante Infrastrukturanlagen

In den folgenden kartografischen Abbildungen sind unter anderem Auszüge aus dem Wärmeetlas beziehungsweise die im Rahmen dieser Untersuchung angefertigten interaktiven Karten für die Infrastrukturanlagen der Wärmeversorgung dargestellt. Beide Instrumente liegen auf Basis eines Geoinformationssystems in digital nutzbaren Formaten in der Stadtverwaltung vor.

3.4.1 Dezentrale Wärmeerzeuger

Die Karten verdeutlichen die nahezu flächendeckende Versorgung mit Gasnetzen. Während Wärmepumpen noch nicht sehr ausgeprägt vorhanden sind, werden andere Stromheizungen in Bremen sehr großflächig sichtbar. Auch die Wärmenetzgebiete sind in dieser Darstellung gut erkenn-

bar (vgl. Abbildung 10). Die hohe Anzahl unbekannter Wärmeerzeuger dürfte überwiegend auf Ölkesseln, zum Teil aber auch auf Biomassekesseln und anderen Erzeugern beruhen. Unbekannt sind die Erzeugerarten insbesondere in Gebäuden, für die keine Zählerdaten vorliegen.

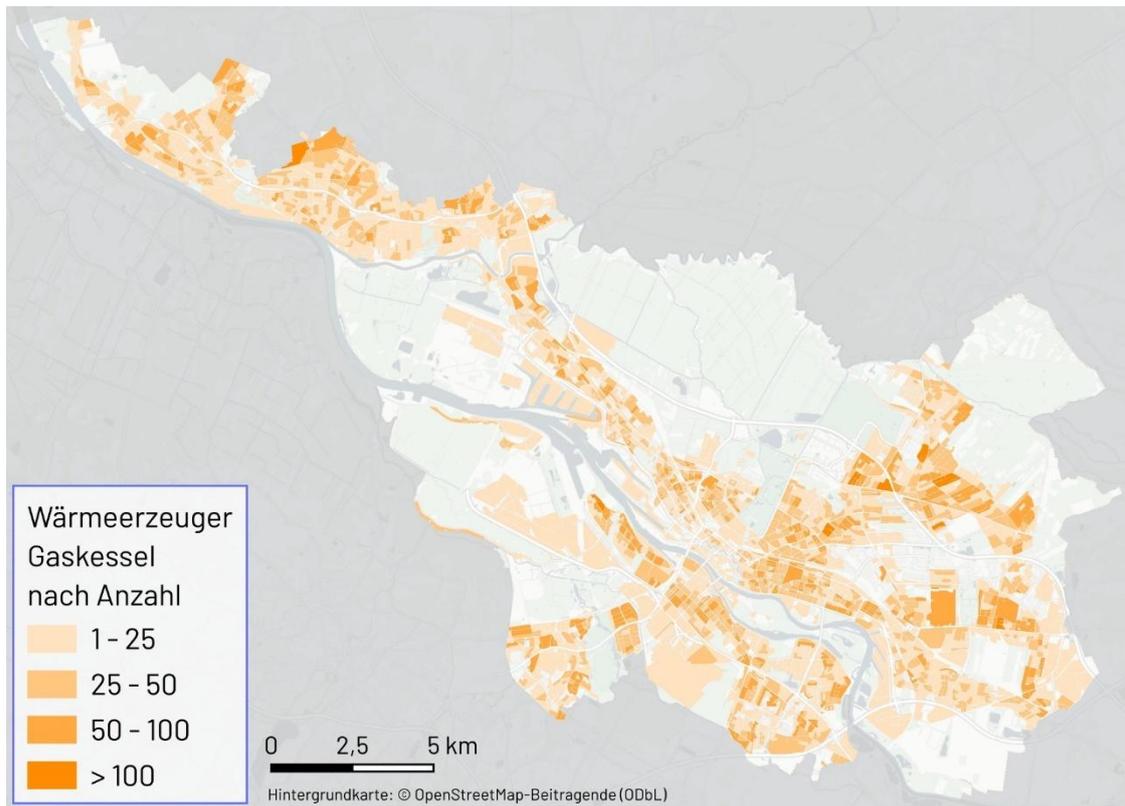


Abbildung 7: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gaskessel)

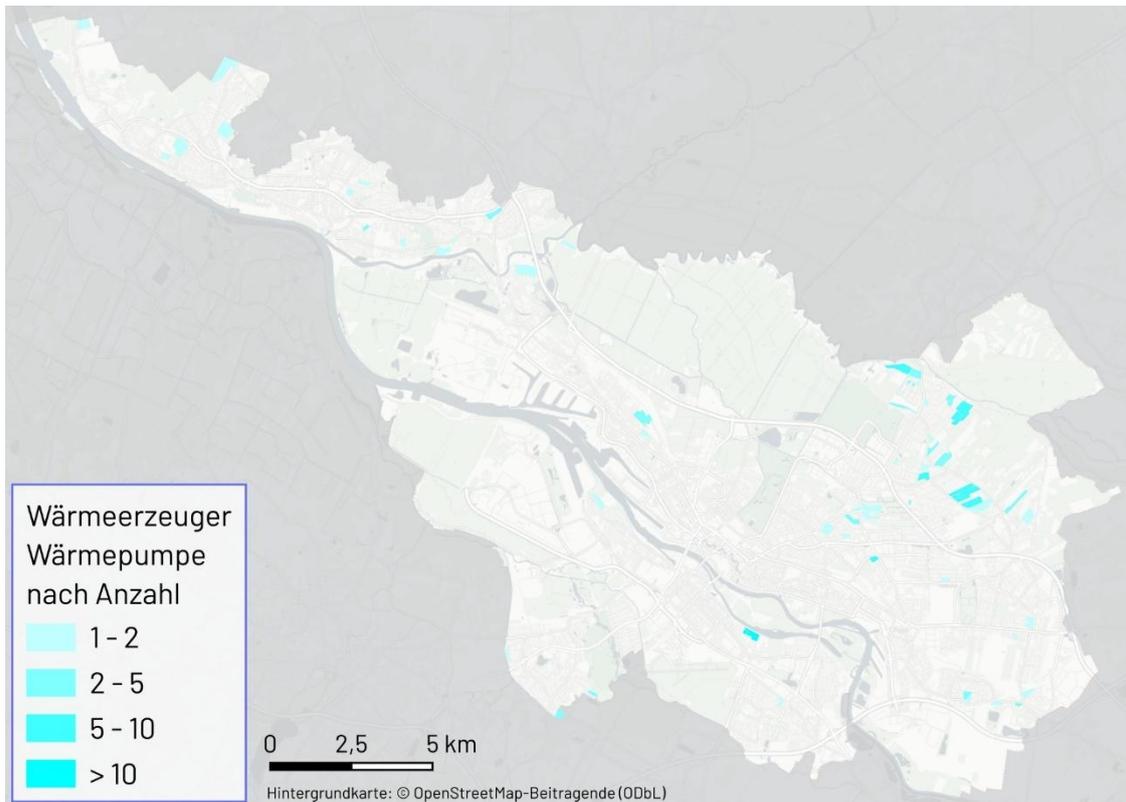


Abbildung 8: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmepumpen)

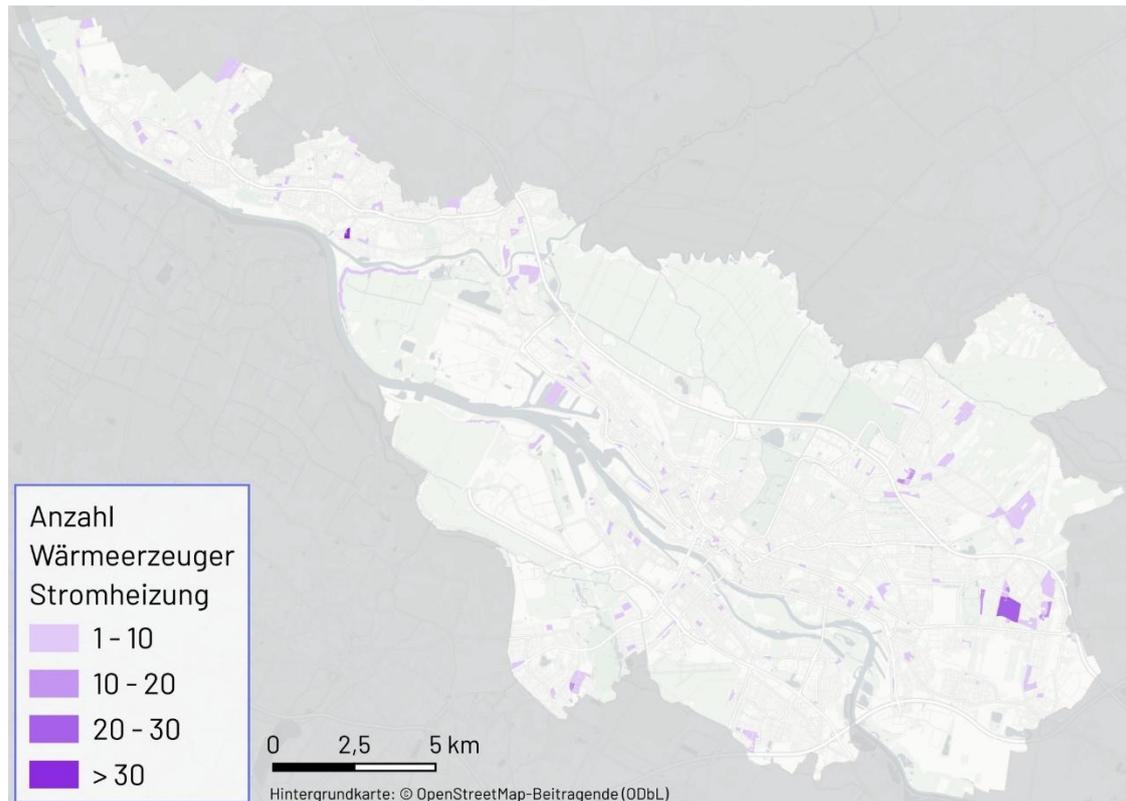


Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Stromheizung)

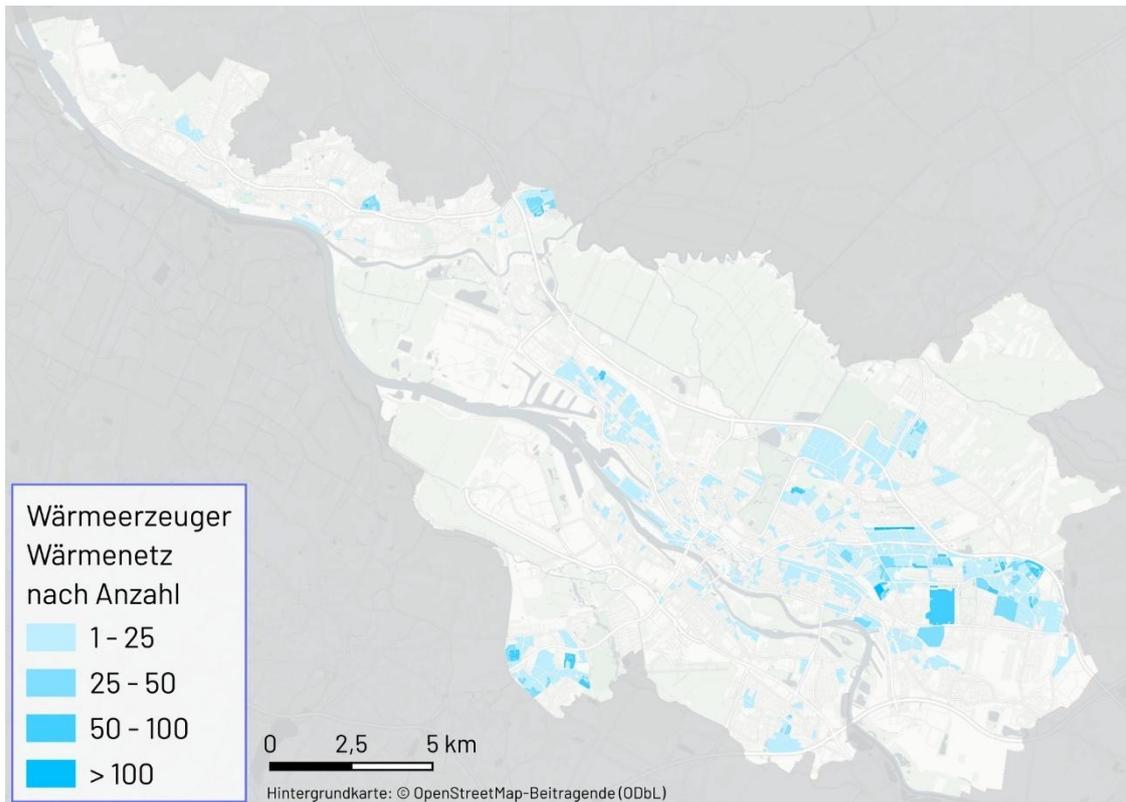


Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmenetz bzw. Hausübergabestationen)

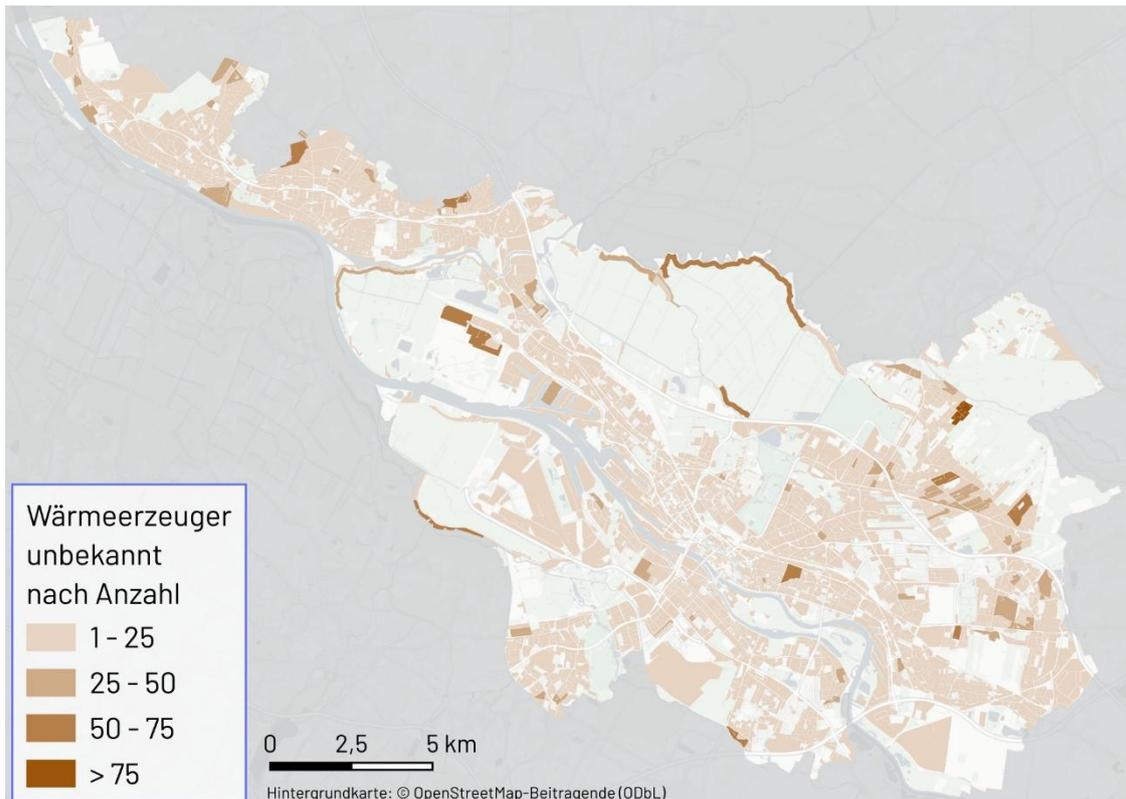


Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Unbekannt – vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse)

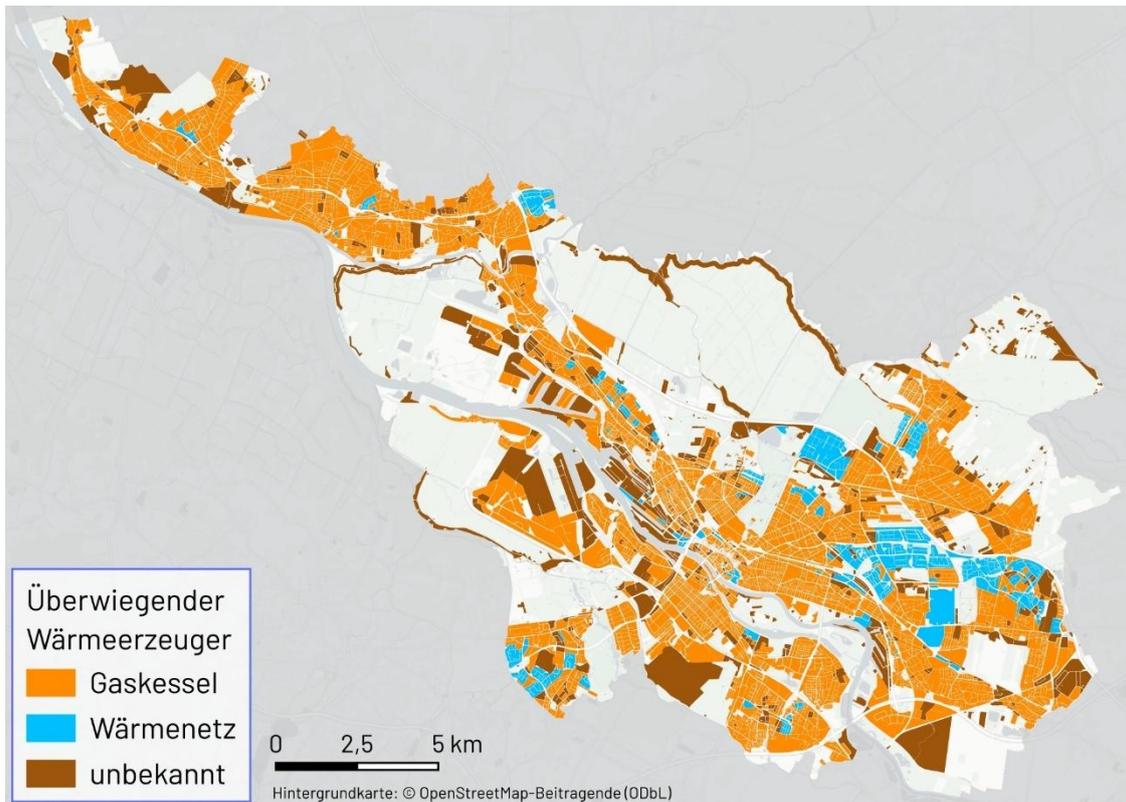


Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung überwiegender dezentraler Wärmerezeuger nach Anzahl

Die baublockbezogene Darstellung der überwiegenden dezentralen Erzeuger verdeutlicht, dass in vielen Wärmenetzgebieten, die Wärmenetze zwar die Gaskessel als Erzeuger abgelöst haben, andererseits jedoch in einigen Wärmenetzgebieten weiterhin Gas die dominierende Versorgungsart ist.

3.4.2 Überwiegender Gebäudetyp

Datengrundlage für die folgende Darstellung sind die ALKIS-Daten und die Daten vom Statistischen Landesamt Bremen. Insgesamt zeigt sich eine typische Großstadtstruktur: Mehrfamilienhäuser dominieren die zentralen Wohnbereiche, während in den Randbereichen entweder Einfamilienhäuser oder Nichtwohngebäude (insb. Industriegebiete) vorherrschen. Auffällig ist, dass es auch in eher innenstadtnahen Bereichen viele vorrangige Einfamilienhausgebiete gibt. Tendenziell eignen sich Mehrfamilienhausgebiete eher für die Versorgung über Wärmenetze. Zu beachten ist in dieser Darstellung allerdings, dass diese auf den dominierenden Gebäudetyp fokussiert. Insofern können sich für viele der überwiegend durch Einfamilienhäuser geprägten Gebiete wirtschaftliche Wärmenetzlösungen ergeben, sofern dort eine relevante Anzahl an Mehrfamilienhäusern existiert. Mitunter sind Einfamilienhausgebiete zudem relativ verdichtet bebaut (ggf. mit Reihenhausanteilen), die wiederum je nach Baualter und -standard ebenfalls für eine Wärmenetzversorgung geeignet sein können. In diesem Zusammenhang sind die besonderen Anforderungen des sogenannten Bremer Hauses zu beachten. Es handelt sich um einen Haustyp, der in Bremen zwischen der Mitte des 19. Jahrhunderts und den 1930er Jahren in der Regel in Reihenhausbauweise errichtet wurde und nach wie vor das Stadtbild in einigen Stadtteilen Bremens prägt.

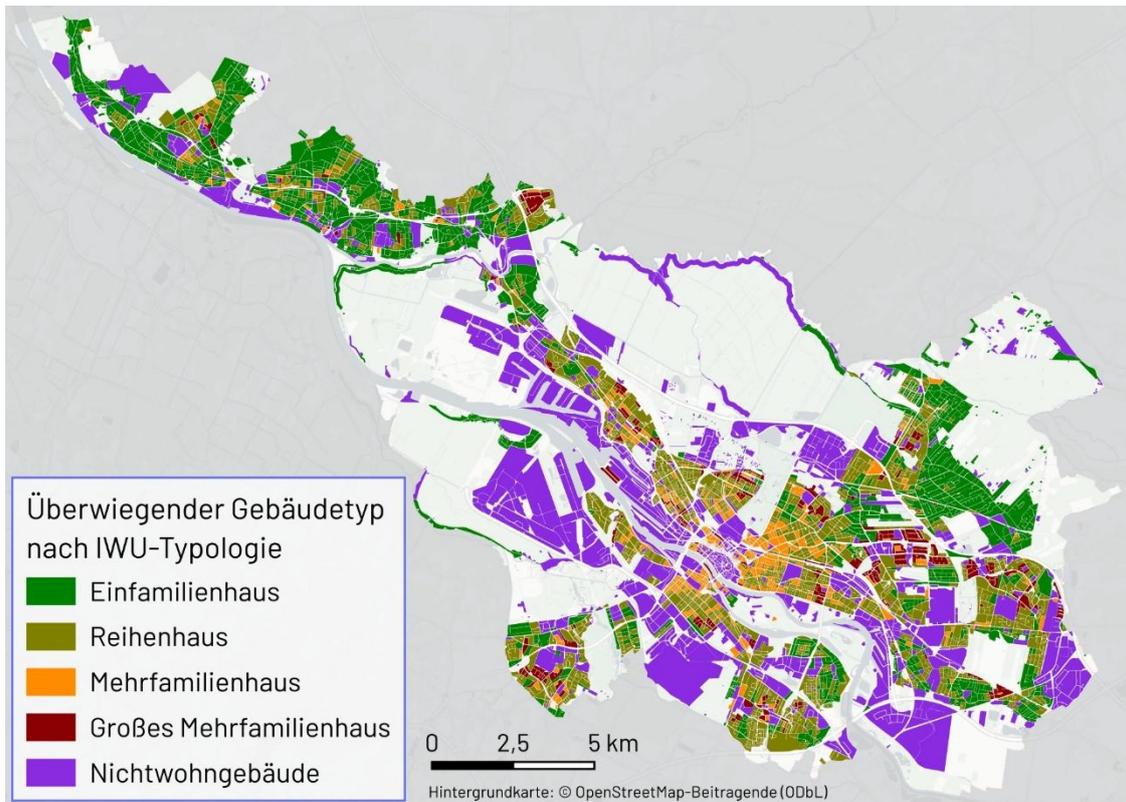


Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps

3.4.3 Überwiegende Baualtersklassen

Die überwiegenden Baualtersklassen werden in der Wärmeplanung erfasst, da sie einen Hinweis auf den energetischen Baustandard (zumindest zum Errichtungszeitpunkt) und damit den Wärmebedarf geben. Je nach Baualtersklasse können sich zudem unterschiedliche Potenziale für eine energetische Gebäudesanierung ergeben. Das ist wiederum relevant, um Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial gemäß § 18 Abs. 5 WPG zu ermitteln. So wird in der folgenden Abbildung deutlich, dass insbesondere in den verdichteten Innenstadtbereichen auch die älteren Baualtersklassen zu finden sind (was sich aus der historischen Stadtentwicklung ableiten lässt). Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass in diesen Bereichen ein überdurchschnittlicher Wärmebedarf existieren könnte, und gleichzeitig die Energieeinsparpotenziale besonders hoch sind.

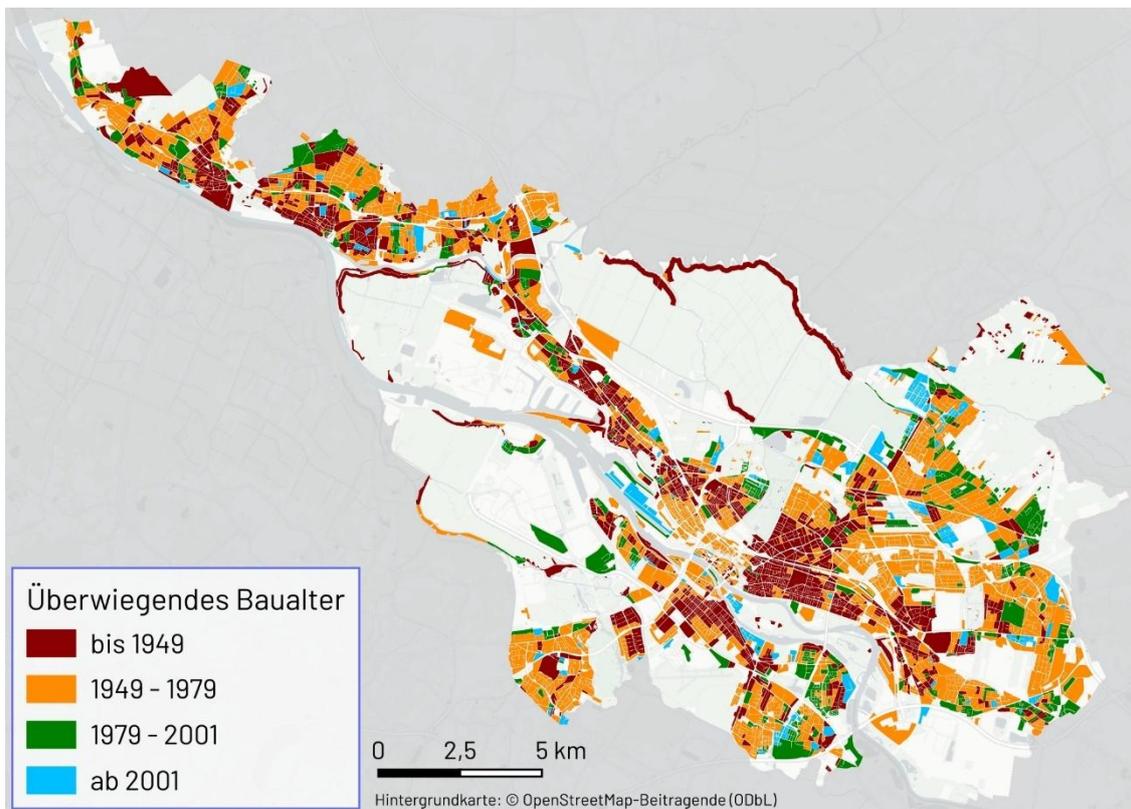


Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude

3.4.4 Großverbraucher

Die Identifizierung von Großverbrauchern und deren Lage sind für die Entwicklung von Wärmenetzen von besonderer Relevanz. Großverbraucher sind für die Erschließung durch Wärmenetze besonders interessant. Liegen sie allerdings weit entfernt von Erschließungsbereichen anderer Wärmenetze, kann die Anbindung an ein Wärmenetz dennoch unwirtschaftlich sein.

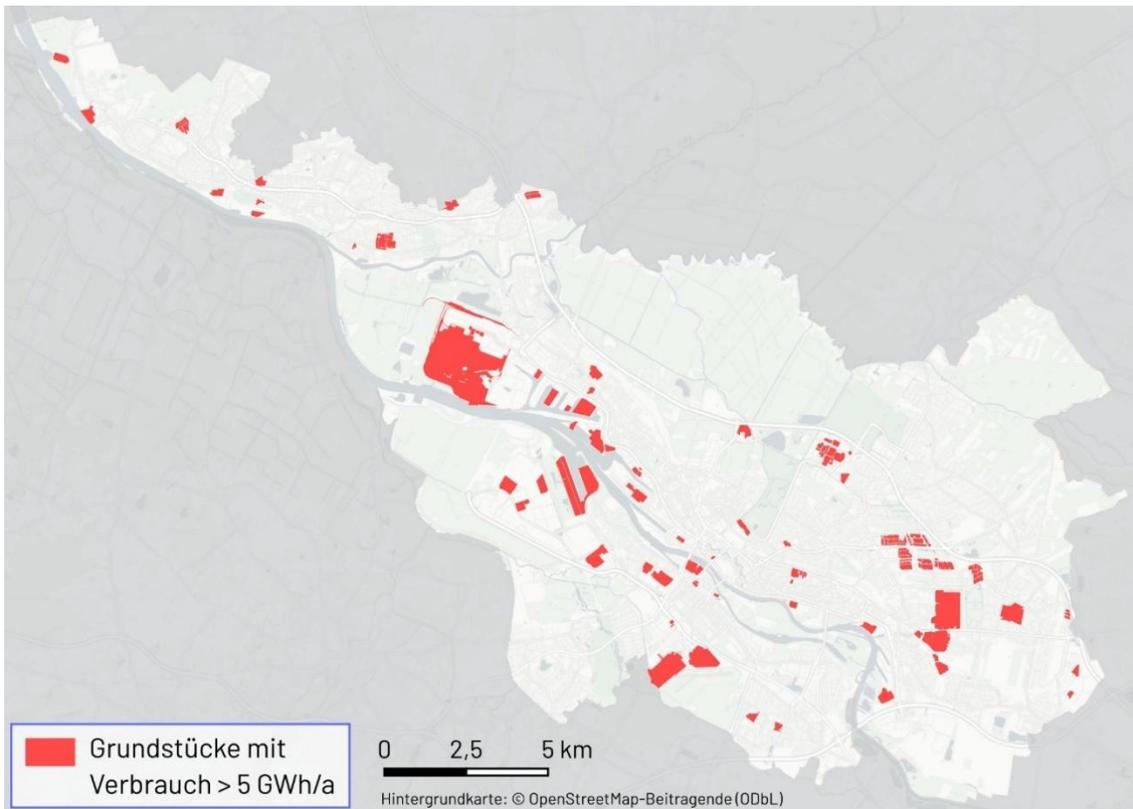


Abbildung 15: Standortbezogene Darstellung bestehender Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff im Stadtgebiet; inklusive Stahlwerk (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3 WPG)

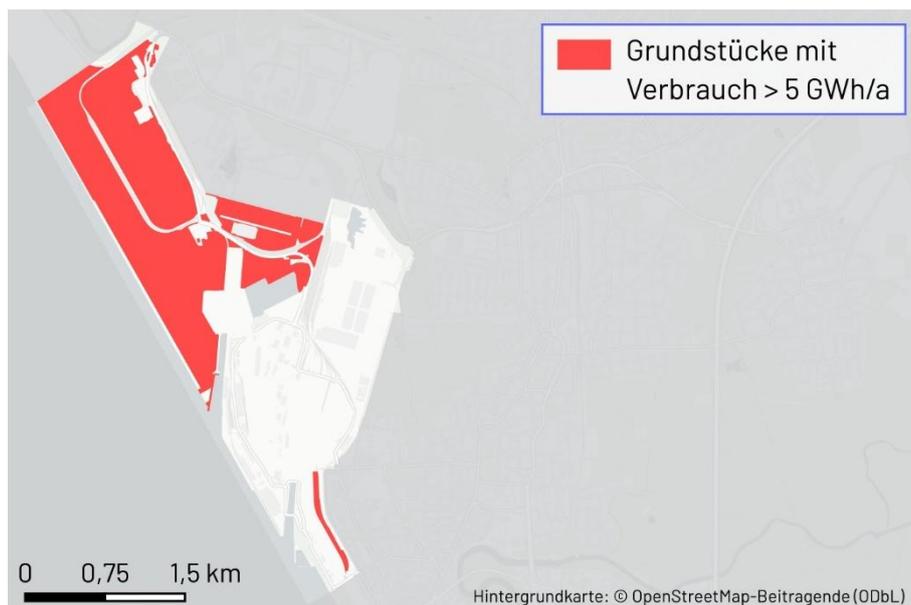


Abbildung 16: Standortbezogene Darstellung bestehender Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff im Überseehafengebiet (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3)

In dieser Darstellung ist zur Sicherstellung der Vertraulichkeit nicht die Adresse, sondern der Flurstückverbund, auf dem sich der Großverbraucher befindet, dargestellt. Großverbraucher sind in der Regel Anlagen zur Energieerzeugung für die Industrie oder Wärmeerzeugungsanlagen für Wärmenetze.

3.4.5 Wärmenetze

Gemäß Anlage 2 (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 WPG sollen bestehende sowie geplante und genehmigte Wärmenetze dargestellt werden. Zur Erfassung der Wärmenetze wurden insgesamt 55 Adressaten angeschrieben, von denen entweder bekannt ist, oder bei denen vermutet wurde, dass sie Wärmenetze betreiben. Es handelt sich insbesondere um Energieversorger und Wohnungsbau-gesellschaften. Nicht alle angefragten Institutionen haben geantwortet, sodass vermutet werden kann, dass es weitere Nahwärmenetze gibt. Aufgrund der Vielzahl der benannten Wärmenetze kann aber davon ausgegangen werden, dass der weitaus größte Teil der bestehenden Wärmenetze erfasst wurde.

Folgende Tabelle zeigt die bestehenden Wärmenetze. Die jeweiligen Ausbauplanungen werden in Kapitel 7.2 dargestellt. Alle aufgeführten Wärmenetze werden mit dem Medium Wasser betrieben.

Tabelle 9: Bestehende Wärmenetze in Bremen

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Maximale Temperatur Vor-/ Rücklauf in °C	Trassenlänge in km	Anzahl Hausanschlüsse
West	swb	1973	120 / 50	52	480
Uni	swb	1963	135 / 50	65	1.389
Ost	swb	1927	130 / 50	200	4.583
Kulenkampff-allee	swb	1999	90 / 50	5	32
Carl-Hurtzig-Straße (Huchting)	swb	1962	90 / 50	2,5	2
Antwerpener Straße (Huchting)	swb	1964	90 / 50	10,5	212
Delfter Straße (Huchting)	swb	1964	90 / 50	24	675
Alfred-Faust-Straße (Arsten)	swb	1996	110 / 50	8	462
Landskronastraße (Marßel)	swb	1994	90 / 50	12	283
An Rauchs Gut (Grohn)	swb	2020	75 / 45	0,5	39
Friedrich-Schröder-Straße (Seeland)	swb	2021	85 / 45	0,5	41
Tabakquartier	swb	2020	90 / 50	1	14
Spurwerk	swb	2023	k. A.	0,3	3

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Maximale Temperatur Vor-/ Rücklauf in °C	Trassenlänge in km	Anzahl Hausanschlüsse
Neustadtswall	swb	1994	90 / 50	1	9
H01700-01B	GEWOBA AG	1977	80 / 60	1,978	19
H06900-02B	GEWOBA AG	1973	80 / 60	2,456	27
H03900-10B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	k. A.	5
H30008-01B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	0,384	8
H21201-01B	GEWOBA AG	1974	80 / 60	k. A.	20
H06512-01B	GEWOBA Energie GmbH	2019-2023	80 / 60	k. A.	1
H03700-01B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	0,387	8
H06516-01B	GEWOBA Energie GmbH	ab 2023	80 / 60	k. A.	2
H21401-01B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	k. A.	k. A.
H06400-01B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	1,258	18
H03900-00B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	k. A.	18
H06701-01B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	0,438	k. A.
H06600-00B	GEWOBA AG	1971	80 / 60	k. A.	20
H05500-00B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	1,282	8
H05801-02C	GEWOBA AG	k. A.	80 / 60	k. A.	k. A.
H06500-03B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	k. A.	34
H06500-02B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	2,437	19
H06500-01B	GEWOBA AG	1972	80 / 60	k. A.	k. A.
H06801-00B	GEWOBA AG	k. A.	80 / 60	1,117	8

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Maximale Temperatur Vor-/ Rücklauf in °C	Trassenlänge in km	Anzahl Hausanschlüsse
H06900-00B	GEWOBA AG	1973	80 / 60	1,393	25
H30267-01B	GEWOBA AG	1982	80 / 60	k. A.	k. A.
H08902-00B	GEWOBA AG	1973	80 / 60	0,47	k. A.
H98992-01B	GEWOBA AG	k. A.	80 / 60	0,481	2
H08901-01B	GEWOBA AG	k. A.	80 / 60	0,431	k. A.
Im Ellener Feld	GEWOBA AG	1972	80 / 60	0,86	10
Kattenturm	GEWOBA AG	2011-2013	80 / 60	4,63	58
Bremen Nord	BREWA wte GmbH	Wärmenetz geplant	k. A.	k. A.	k. A.
Schönebecker Feld	enercity Contracting Nord GmbH	1963	90 / 55	4,2	283
Bremen Blumenthal	Fernwärme Nord GmbH	1965	90 / 50	7,647	49
Schweizer Eck	Fernwärme Nord GmbH	1965	85 / 50	1,222	45
Grohner Düne	Fernwärme Nord GmbH	1969	90 / 50	0,9	6
Wätjenstraße	Fernwärme Nord GmbH	1977	90 / 50	3,565	26
Kuka 79	Fernwärme Nord GmbH	1965	90 / 50	1,4	25
Kuka 113	Fernwärme Nord GmbH	1965	90 / 50	1,28	26
Kuka 142	Fernwärme Nord GmbH	1965	85 / 50	0,574	3
Gröpelingen	BREBAU	k. A.	k. A.	k. A.	74
Findorff-Weidedamm	BREBAU	k. A.	k. A.	k. A.	53
Bahnhofsvorstadt	BREBAU	k. A.	k. A.	k. A.	17
MarBel (Burgdamm)	Techem (Contracting)	Erneuert 2016	70 / 50	k. A.	81
Kattenturm	BREBAU	1968	k. A.	k. A.	77

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Maximale Temperatur Vor-/ Rücklauf in °C	Trassenlänge in km	Anzahl Hausanschlüsse
Arsten	BREBAU	1987	k. A.	k. A.	33
Polizei-Niedersachsendamm	SVIT	1936	90 / 50	ca. 1	20
Nahwärmenetz Bremer Innenstadt	FMB GmbH	1962	90 / 50	3,2	16

Folgende Abbildung enthält eine kartografische Darstellung bestehender Wärmenetze. Es werden Baublöcke als durch ein Wärmenetz erschlossen dargestellt, wenn der Wärmebedarf in diesem Baublock zu mindestens 50 % über Wärmenetze gedeckt wird.

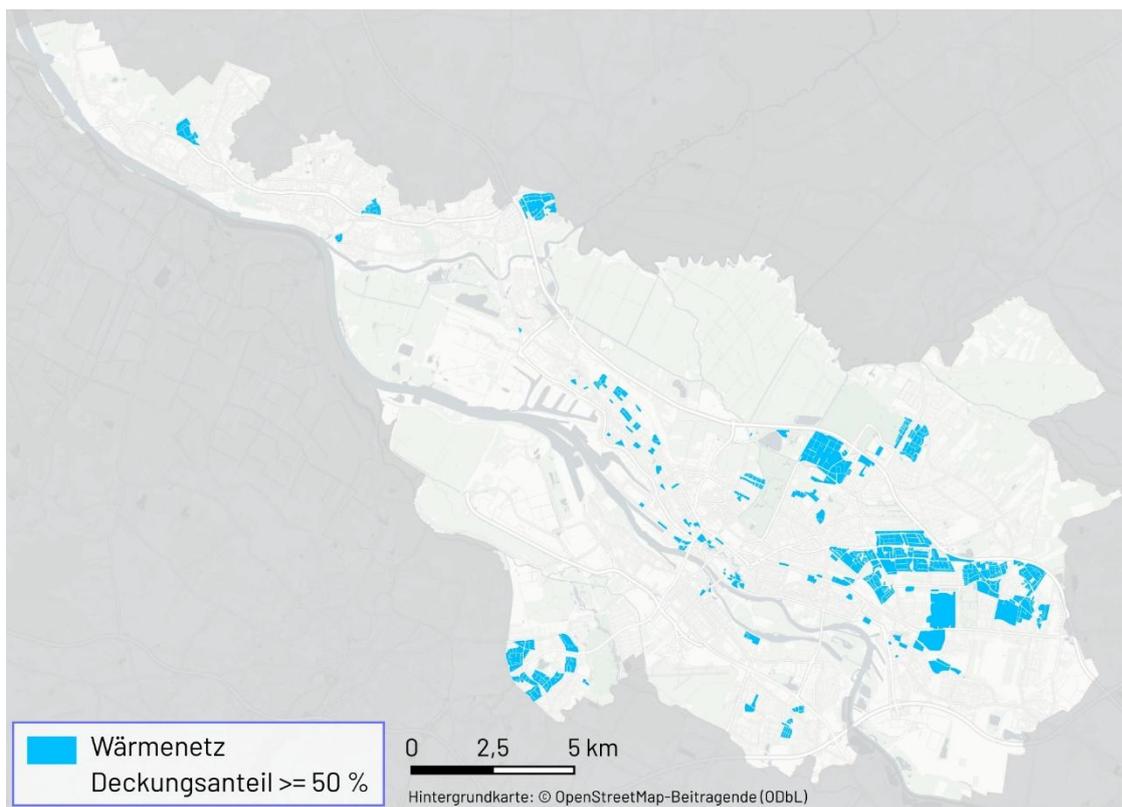


Abbildung 17: Baublockbezogene Darstellung bestehender Wärmenetze

Es konnte bei dieser Darstellung nur die Wärmeversorgung durch Wärmenetze berücksichtigt werden, wenn die Hausadressen der versorgten Gebäude vorlagen, ansonsten war die notwendige Zuordnung zu einem Baublock nicht möglich. Das war bei den in Tabelle 9 dargestellten Nahwärmenetzen nicht vollständig der Fall. Berücksichtigt sind dementsprechend die Versorgungsbereiche folgender Netze:

- swb: West, Uni, Ost, Alfred-Faust-Straße (Arsten), Huchting (Carl-Hurtzig-Straße, Antwerpener Straße, Delfter Straße)

- BREBAU: Bahnhofsvorstadt, Findorff-Weidedamm, Gröpelingen, Kattenturm, Arsten
- Fernwärme Nord GmbH: Bremen-Blumenthal, Grohner Düne, Kuka 79, Kuka 113, Schweizer Eck, Wätjenstraße
- enercity Contracting Nord GmbH: Nord (bereits angeschlossene Gebäude), Schönebecker Feld
- Techem: MarBel (Burgdamm)
- SVIT: Polizei-Niedersachsendamm
- FMB GmbH: Nahwärmenetz Bremer Innenstadt

3.4.6 Gasnetze

Die Erschließung Bremens durch Gasnetze wird gemäß Anlage 2 (zu § 23) Abs. 2 Nr. 8 lit. b flächenhaft (baublockbezogen) dargestellt. In der folgenden Abbildung sind Baublöcke als durch ein Gasnetz erschlossen eingestuft, wenn der Wärmebedarf in diesem Baublock zu mindestens 50 % durch Gas gedeckt wird.

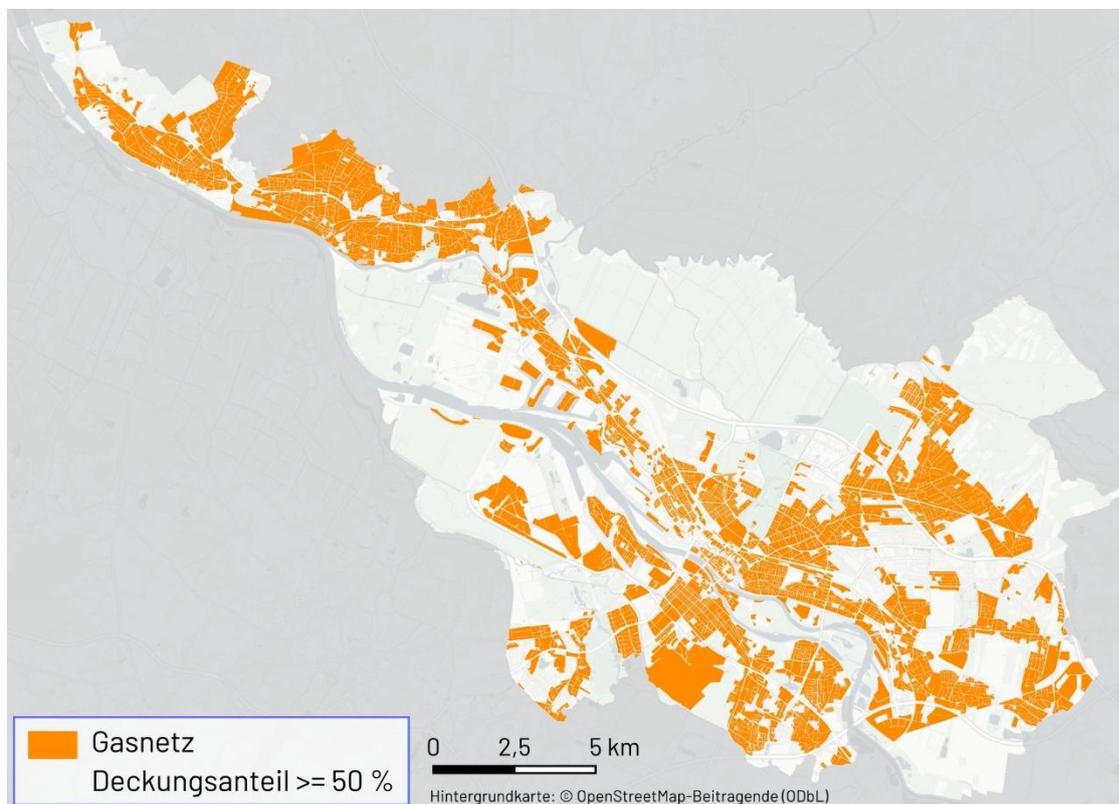


Abbildung 18: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Gasnetze und -leitungen

Das Gasnetz in Bremen und im Überseehafengebiet wird durch die swb betrieben (methanhaltiges Erdgas). Teilnetze existieren dort nicht. Die Strukturdaten des Netzes in Bremen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 10: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes in Bremen

Leitungsart	Eigentümer	Nennndruck	Länge (m)
Versorgungsleitung	swb	Hochdruck	237.945
	swb	≥ 1 und ≤ 4 bar	54.682
	swb	Mitteldruck	18.226
	swb	Niederdruck	1.453 478
Gesamtlänge			1.764 331

Tabelle 11: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes im Überseehafengebiet

Leitungsart	Eigentümer	Nennndruck	Länge (m)
Versorgungsleitung	swb	Hochdruck	-
	swb	≥ 1 und ≤ 4 bar	-
	swb	Mitteldruck	17.525
	swb	Niederdruck	
Gesamtlänge			17.525

3.4.7 Abwassernetze

Große Abwasserleitungen werden in der Wärmeplanung erfasst, da sie eine interessante Wärmequelle für Großwärmepumpen sein können (vgl. Kapitel 4.3.4).

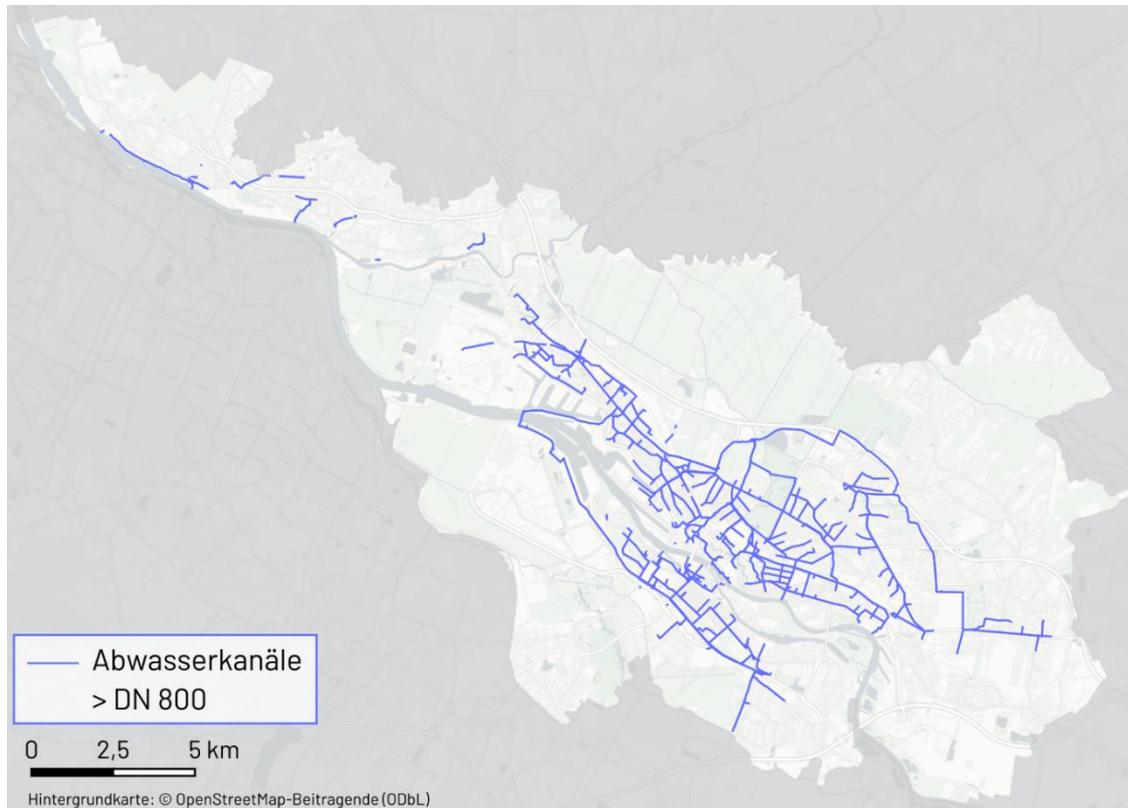


Abbildung 19: Abwassernetze und -leitungen (größer DN 800)

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den Trockenwetterabfluss an den Pumpwerken (Datenbereitstellung durch hanseWasser Bremen GmbH). Bedingt durch den Tagesgang kann in den Nachtstunden der Abwasserzufluss zu den Pumpwerken deutlich unter der mittleren Trockenwettermenge (Q_{TW24}) liegen. Zur Ermittlung der mittleren Fördermengen der Pumpwerke (PW) wurden die Daten von Trockenwettertagen herangezogen und Mittelwerte gebildet.

Tabelle 12: Daten zum Trockenwetter (TW)-Abfluss an den Mischwasser (M-PW) und Schutzwasser-Pumpwerken (S-PW) bei Pumpwerken mit Trockenwetterfördermengen größer 10 l/s

PW-Typ	PW-Nr.	PW-Name	Spitzenabfluss bei TW Q_{TW14} [l/s]	Mittlerer TW-Abfluss Q_{TW24} [l/s]	Rechtswert	Hochwert
M-PW	101	Findorff	1.134	661	486764,83	5883866,48
M-PW	102	Oslebshausen	227	132	482647,00	5887270,45
M-PW	104	Horn	306	179	490634,45	5883224,14
M-PW	105	Holter Feld	116	68	493615,64	5880095,24

M-PW	106	Industrie- hafen	35	20	481157,12	5887305,83
S-PW	110	Lesum	58	34	479179,94	5890628,15
M-PW	111	Universität	335	196	487907,47	5884702,51
S-PW	112	Rockwinkel	60	35	495994,60	5881010,86
S-PW	113	Uppe Angst	68	40	493088,29	5883222,81
S-PW	115	Mahndorf	27	16	496648,62	5877065,70
S-PW	131	Hemelinger Hafen	29	17	492240,44	5876897,65
M-PW	201	Links	605	353	484819,42	5880313,30
M-PW	202	Krimpel	107	62	488140,68	5877587,37
S-PW	203	Huchting	126	73	482246,09	5878169,62
S-PW	211	Habenhausen	27	16	489852,31	5877816,41
S-PW	212	Arsten	27	16	489472,65	5875970,85
S-PW	220	GVZ	17	10	481067,37	5881873,59
M-PW	400	Blumenthal	180	105	471948,97	5892671,61
M-PW	401	Vege sack	58	34	475738,31	5891658,50
M-PW	402	Schulken- straße	17	10	473913,90	5891640,65

Für das Überseehafengebiet liegt die Zuständigkeit für die Abwasserentsorgung ebenfalls bei der hanseWasser Bremen GmbH. Die Entwässerung erfolgt aus dem Gebiet hinaus in die Kläranlage Bremerhaven. Die hanseWasser Bremen GmbH verfügt dort nicht über Abwasserleitungen oder Schmutzwasserpumpwerke entsprechender Größe.

3.4.8 Wärmeerzeugungsanlagen mit Einspeisung in ein Wärmenetz

Die folgende Abbildung zeigt die bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen, die in ein Wärmenetz einspeisen. Die Erzeugerszenarien für die Netzausbauplanungen werden in Kapitel 6 vorgestellt. Die Angaben basieren auf einer Abfrage bei den Netzbetreibern im Jahr 2025. In der Abbildung sind die Standorte der Wärmeerzeuger eingezeichnet. Ergänzend enthält Tabelle 13 eine genaue Auflistung der Anlagen.

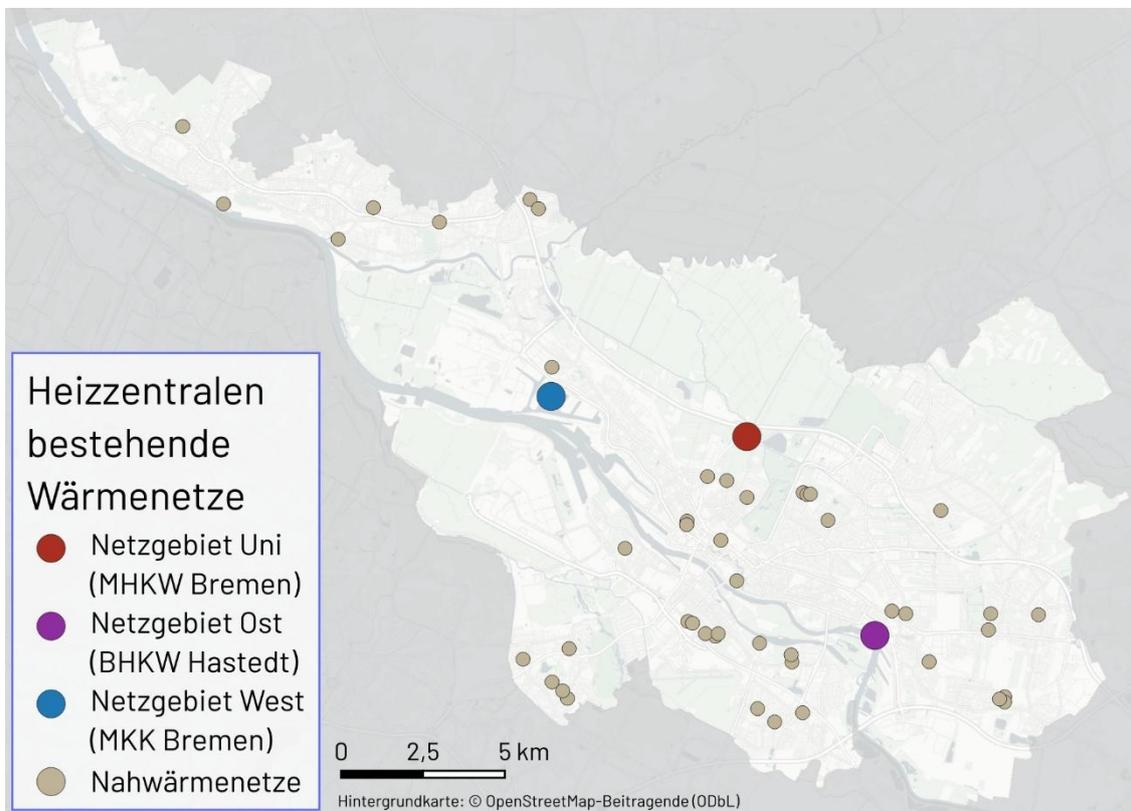


Abbildung 20: Wärmeerzeuger, die in ein Wärmenetz einspeisen (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)

Tabelle 13: Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz (Quelle: Angaben der Netzbetreiber)

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energieträger
Uni	swb	1969	MHKW	93.000	gemischt (Abfall)
Ost	swb	2023	BHKW	95.000	Fossil
West	swb	2009	Mittelkalorik-Kraftwerk (MKK)	38.000	gemischt (Abfall)
Kulenkampffallee	swb	2012	Ursprünglich BHKW, inzwischen an	3.200	gemischt

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energieträger
			Fernwärme angeschlossen		
Carl-Hurtzig-Straße (Huchting)	swb	2011	BHKW	3.600	gemischt
Antwerpener Straße (Huchting)	swb	1962	BHKW	13.000	gemischt
Delfter Straße (Huchting)	swb	1962	BHKW	23.000	fossil
Alfred-Faust-Straße (Arsten)	swb, BREBAU, Techem	2003	Kessel	8.000	fossil
Landskronastraße (MarBel)	swb	2011	BHKW	9.500	gemischt
An Rauchs Gut (Grohn)	swb	2020	BHKW	450	fossil
Friedrich-Schröder-Straße (Seeland)	swb	2022	BHKW	680	gemischt
Tabakquartier	swb	2020	Kessel, WP	k. A.	gemischt
Spurwerk	swb	2023	WP	k. A.	erneuerbar
Neustadtswall	swb	1994	Kessel	2.900	fossil
H01700-01B	GEWOBA AG	2012	Kessel	1.500	fossil
H06900-02B	GEWOBA AG	2011	Kessel, BHKW	5.101	fossil
H03900-10B	GEWOBA AG	2010	Kessel, BHKW	1.025	fossil
H30008-01B	GEWOBA AG	2007	Kessel, BHKW	739	fossil
H21201-01B	GEWOBA AG	2008	Kessel, BHKW	1.591	fossil
H06512-01B	GEWOBA Energie GmbH	2019	Kessel, BHKW	720	fossil
H03700-01B	GEWOBA AG	2023	Kessel, BHKW	718	fossil

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energieträger
H06516-01B	GEWOBA Energie GmbH	2022	Kessel, BHKW	1.396	fossil
H21401-01B	GEWOBA AG	2006	Kessel, BHKW	1.531	fossil
H06400-01B	GEWOBA AG	2005	Kessel, BHKW	1.741	fossil
H03900-00B	GEWOBA AG	2007	Kessel	1.725	fossil
H06701-01B	GEWOBA AG	2011	Kessel, BHKW	1.585	fossil
H06600-00B	GEWOBA AG	2006	Kessel, BHKW	1.181	fossil
H05500-00B	GEWOBA AG	2020	Kessel	2.595	fossil
H05801-02C	GEWOBA AG	2020	Kessel	644	fossil
H06500-03B	GEWOBA AG	2004	Kessel	2.460	fossil
H06500-02B	GEWOBA AG	2008	Kessel	3.500	fossil
H06500-01B	GEWOBA AG	2006	Kessel	2.400	fossil
H06801-00B	GEWOBA AG	2023	Kessel, BHKW	1.366	fossil
H06900-00B	GEWOBA AG	2015	Kessel, BHKW	2.358	fossil
H30267-01B	GEWOBA AG	2018	Kessel	940	fossil
H08902-00B	GEWOBA AG	2009	Kessel	1.341	fossil
H98992-01B	GEWOBA AG	2008	Kessel	1.300	fossil
H08901-01B	GEWOBA AG	2006	Kessel, BHKW	2.092	fossil
Im Ellener Feld	MVV (Contracting)	2009	Pellet- / Gaskessel	900	erneuerbar und fossil

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energieträger
Kattenturm	swb	2010	BHKW (Biomethan), Gaskessel	6.491	erneuerbar und fossil
Bremen Nord	BREWA wte GmbH	2005 (Wärmenetz geplant)	Feststofffeuerung	17.000	gemischt
Schönebecker Feld	energity Contracting Nord GmbH	2012 / 1992	BHKW, Kessel	517 / 4.700	erneuerbar und fossil
Bremen-Blumenthal	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Erdgaskessel, BHKW, Holzessel	8.850	gemischt
Schweizer Eck	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Erdgaskessel, Heizölkessel	930	fossil
Grohner Düne	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Heizölkessel	2.040	fossil
Wätjenstraße	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Gaskessel, Heizölkessel, BHKW	2.900	fossil
Kuka 79	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Erdgaskessel	1.773	fossil
Kuka 113	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Erdgaskessel	1.242	fossil
Kuka 142	Fernwärme Nord GmbH	k. A.	Erdgaskessel	600	fossil

Netzbezeichnung des Betreibers	Betreiber	Inbetriebnahme (Jahr)	Erzeugung	Leistung in kW _{th}	Energieträger
Findorff-Weidedamm	BREBAU	2010	Gas-Zentralheizung	2.300	fossil
Bahnhofsvorstadt	BREBAU	2003	Öl-Zentralheizung	2.040	fossil
MarBel (Burgdamm)	Techem (Contracting)	2016	Gas-Zentralheizung	3.500	fossil
Kattenturm	BREBAU	2004	Gas-Zentralheizung	4.800	fossil
Arsten	BREBAU	2019	Gas-Zentralheizung	3.900	fossil

3.4.9 Wärme- und Gasspeicher

In Bremen befindet sich der Erdgasspeicher Lesum, welcher von Storengy und Gasunie betrieben wird (Gasunie, 2021). Der Speicher besteht aus zwei Kavernen in einer Tiefe von etwa 1 250 bis 1 800 m in einem Zechstein-Salzstock und wurde im Jahr 2 000 in Betrieb genommen. Der Speicher hat eine maximale Einspeicherleistung von 105 000 Nm³/h und eine Ausspeicherleistung von 220 000 m³/h. Insgesamt steht näherungsweise ein Arbeitsgasvolumen von 153 Mio. Normkubikmetern (Nm³) zur Verfügung, was ca. 1 530 bis 1 989 GWh entspricht. In der folgenden Abbildung ist der Standort des Erdgasspeichers zu sehen.

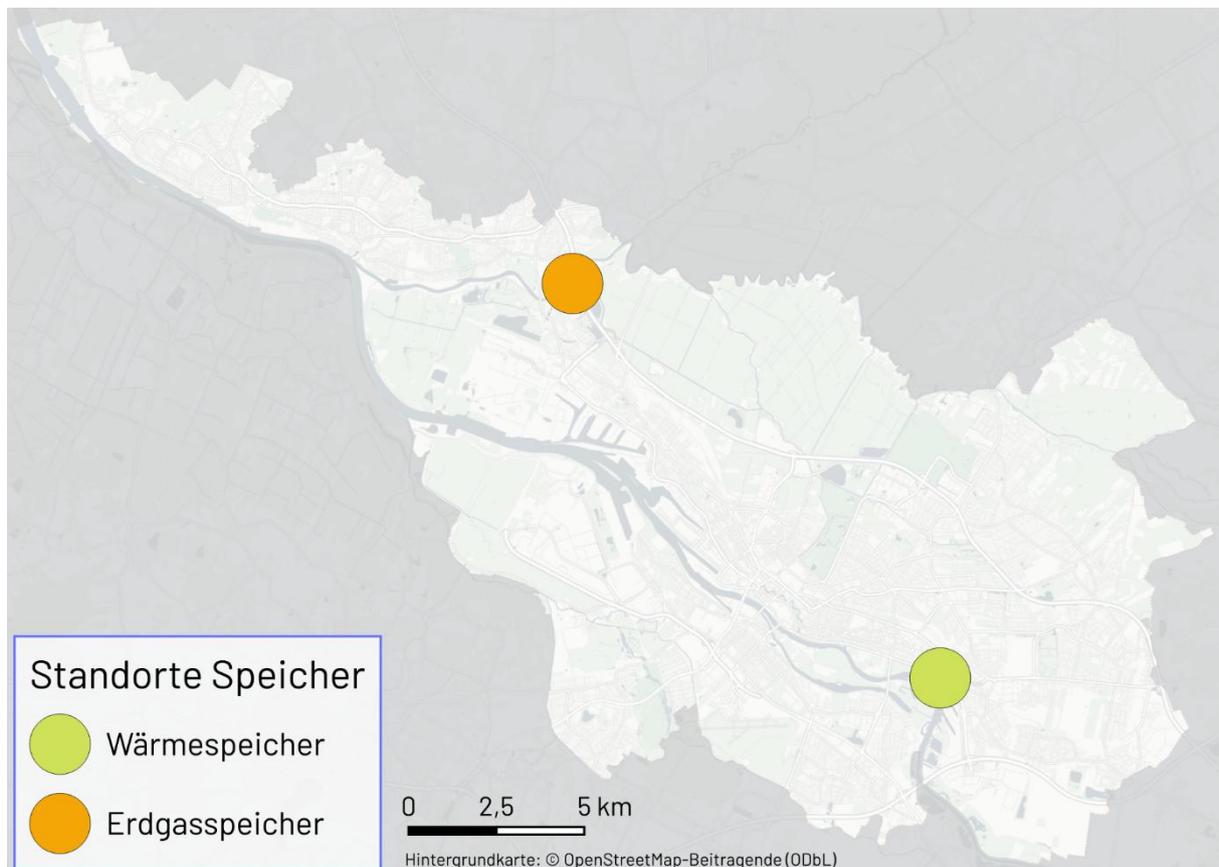


Abbildung 21: Lage des Erdgasspeichers Lesum und des Wärmespeichers in Hastedt

Der dargestellte große Wärmespeicher Lesum wird von der swb am Hastedter Osterdeich betrieben (250 MWh-Speicher). Beispiele für kleinere Speicher sind ein Pufferspeicher mit 10 m³ von der swb in der Hermann-Entholt-Straße und ein BHKW-Pufferspeicher mit 22 m³ der Flughafen Bremen GmbH in der Flughafenallee. Es ist davon auszugehen, dass weitere kleinere (Tages-)Pufferspeicher in den Nahwärmenetzen betrieben werden. Auch thermische Solaranlagen werden in der Regel mit einem Pufferspeicher betrieben. Auf die Wärmeplanung im Einzelnen haben diese Pufferspeicher mit direktem Anlagenbezug keinen direkten Einfluss. Deshalb wurde hier auf die Datenermittlung und Darstellung verzichtet.

3.4.10 Anlagen zur Erzeugung von Wasserstoff oder synthetischen Gasen

Beim Stahlwerk Bremen – am Standort des swb-Kraftwerks Mittelsbüren – entsteht ein Elektrolyseur mit 10 MW Produktionskapazität. Der Wasserstoff soll direkt im Stahlwerk verbraucht werden. Das Projekt begleitet ein zweites, „hyBit“ genanntes Forschungsvorhaben (Hydrogen for Bremen’s Industrial Transformation). Es untersucht technische, wirtschaftliche, ökologische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte im Hinblick auf die Umstellung von Industrieprozessen auf Wasserstoff. Die Bauarbeiten für den Elektrolyseur haben begonnen. Weitere Kapazitäten für die Produktion von Wasserstoff sollen in Bremen in den kommenden Jahren entstehen. Teil des Clean-Hydrogen-Coastline-Projekts wird zum Beispiel ein 50-MW-Elektrolyseur, als Erweiterung des Standorts Mittelsbüren. In weiteren Ausbaustufen kann dessen Kapazität auf bis zu 300 MW ansteigen. Dieses Projekt befindet sich in der Konzeptphase (Senatorin für Wirtschaft, Häfen und Transformation, 2025).

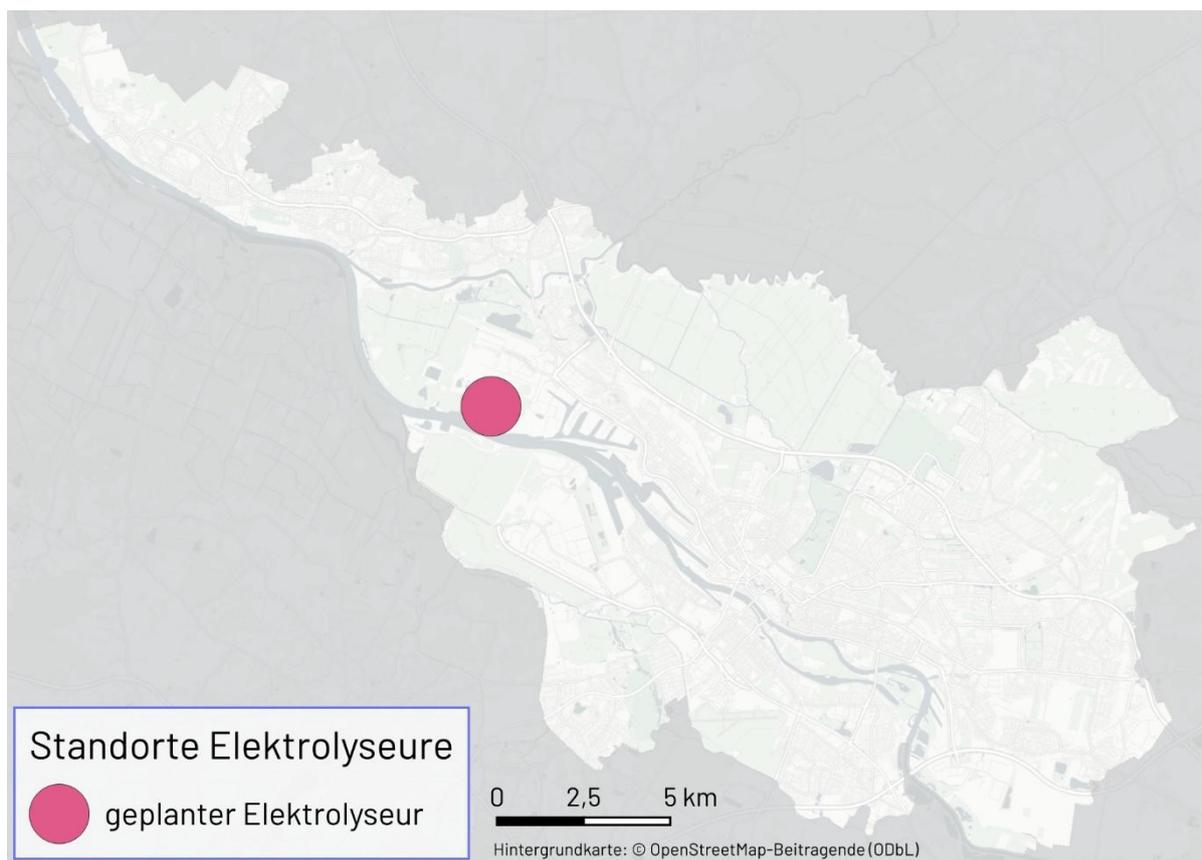


Abbildung 22: Lage der geplanten Elektrolyseure

3.4.11 Stromnetze

Auf der Grundlage von Anlage 1 (zu § 15) WPG wurden Informationen und Daten zu bereits bestehenden, konkret geplanten oder bereits genehmigten Stromnetzen auf Hoch- und Mittelspannungsebene einschließlich der Umspannstationen auf Mittelspannung und Niederspannung erhoben. Zusätzlich erfasst wurden Informationen zu geplanten Optimierungs-, Verstärkungs-,

Erneuerungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungsnetz. Diese Daten liegen der planungsverantwortlichen Stelle vor, werden auf der Grundlage des WPG jedoch nicht im Wärmeplan veröffentlicht. Netzausbaupläne können über VNBdigital (VNBdigital, 2025) abgerufen werden. Die Stadt Bremen und damit alle dort tätigen Verteilnetzbetreiber gehören zur Planungsregion Mitte.

Konzessionär für das Stromnetz in Bremen ist die swb. Darüber hinaus betreibt die EUROGATE Technical Services GmbH das Stromnetz im Überseehafengebiet und die GETEC net GmbH verschiedene Arealnetze in Bremen.

3.4.12 Überseehafengebiet in Bremerhaven

Für das Überseehafengebiet wurde von bremenports im Rahmen des Projekts „CO₂-neutraler Überseehafen“ eine eigene Datenerhebung mit Datenstand 2022 durchgeführt. Diese weist folgende Anlagen zur Wärmeerzeugung aus:

- Gasheizungen (insgesamt 7,83 MW)
- Ölheizungen (insgesamt 5,83 MW)
- Blockheizkraftwerk (2,5 MW)
- Holzhackschnitzel (0,41 MW)

Der Energieverbrauch für den Bereich Wärmeerzeugung lag im Jahr 2022 bei 32 570 MWh/a.

3.5 Wärmedichten – kartografische Darstellungen gemäß Anlage 2 zu § 23 WPG

Als wesentliches Planungsinstrument lagen ein gebäudescharfer Wärmeatlas für die Stadtgemeinde Bremen und GIS-Daten zu den bestehenden und geplanten Wärmenetzgebieten (bereitgestellt durch swb und enercity Contracting) vor. Der Wärmeatlas wurde als Gemeinschaftsprojekt von swb mit der Freien Hansestadt Bremen und der Stadtgemeinde Bremerhaven vom Fraunhofer IFAM erstellt. Dem Wärmeatlas lagen die Verbrauchsdaten der swb aus den Jahren 2012 bis 2015 (für Strom 2013 bis 2016) zugrunde. Eine Aktualisierung erfolgte durch Qconcept Energy über die Identifizierung von Neubauten und abgerissenen Gebäuden für den Zeitraum 2015 bis 2024. Die jeweils hinzugekommenen oder weggefallenen Wärmebedarfe wurden entsprechend im Wärmeatlas berücksichtigt. Für Neubauten wurde von einem durchschnittlichen Wärmebedarf von 70 kWh/m² ausgegangen. Der Wärmeatlas ermöglicht räumlich aufgelöste Analysen.

Aus den vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten des Wärmeatlas, werden an dieser Stelle die gemäß Anlage 2 (zu § 23) Abs. 2 Nr. 1 und 2 WPG vorgegebenen Karten dargestellt.

Aktuelle Wärmeverbrauchsichten

Die Wärmeverbrauchsichte liefert eine Indikation für die Wärmenetzsignung von Gebieten (z. B. Baublöcke). Der Leitfaden zum WPG verwendet dazu folgende Kategorisierung:

Tabelle 14: Wärmenetzsignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019).

Wärmedichte in MWh/(ha·a)	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0-70	Kein technisches Potenzial
70-175	Empfehlung von Wärmenetzen in Neubaugebieten
175-415	Empfohlen für Niedertemperaturnetze im Bestand
415-1.050	Richtwert für konventionelle Wärmenetze im Bestand
> 1.050	Sehr hohe Wärmenetzsignung

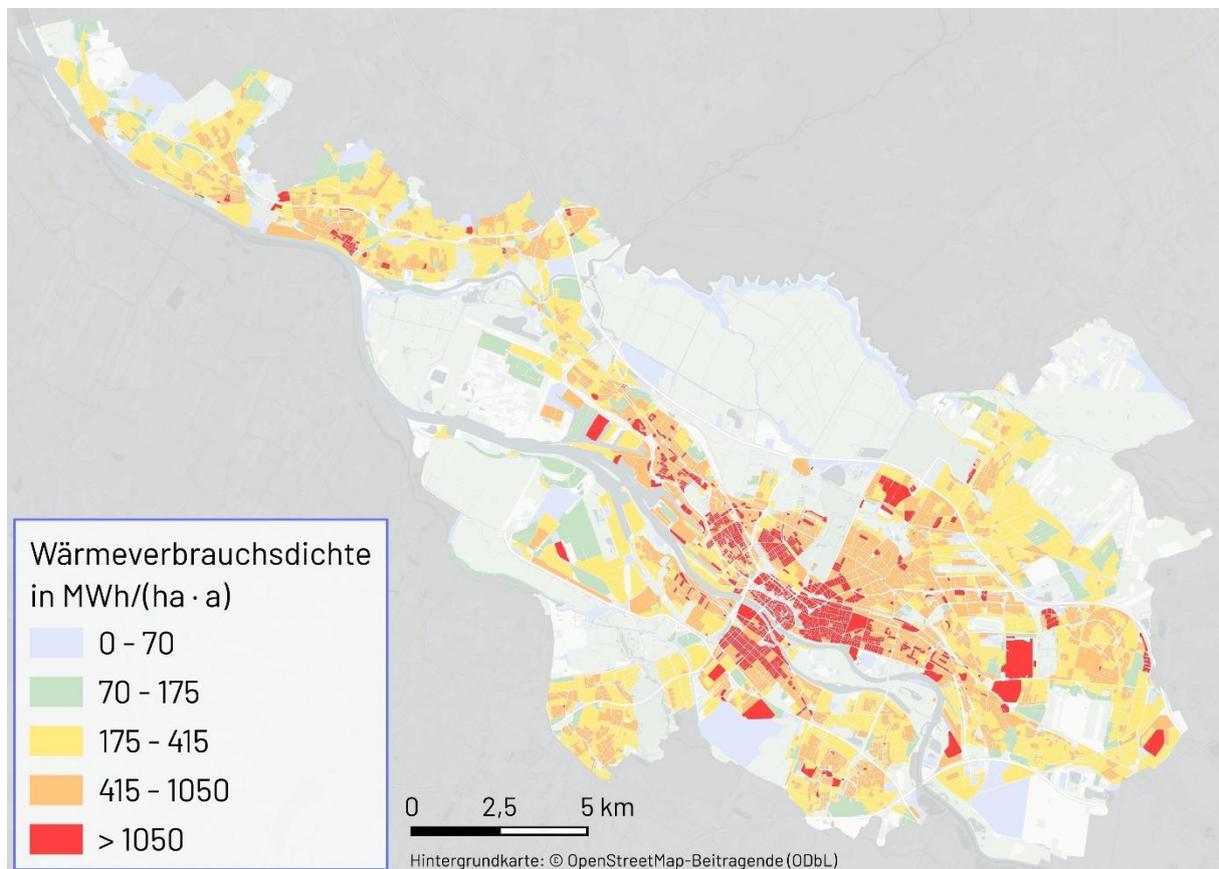


Abbildung 23: Baublöckebezogene Darstellung der Wärmeverbrauchsichten in MWh/(ha·a) mit Industrie und ohne Stahlwerk

Insgesamt zeigt sich, dass sehr große Bereiche der Stadt Bremen Wärmeverbrauchsichten von mehr als 415 MWh/(ha-a) aufweisen und somit eine hohe oder sehr hohe Indikation für den Ausbau von Wärmenetzen in vielen Bestandsgebieten besteht. Grundsätzlich ist aber zu beachten, dass sich auch in diesen Gebieten nicht zwingend eine Wärmenetzeignung ergeben muss. So können zum Beispiel erschwerte Bedingungen für den Netzausbau, etwa aufgrund dichter Bebauung oder dem Fehlen kostengünstiger Wärmequellen, dazu führen, dass auch in diesen Gebieten ein Netzausbau nicht wirtschaftlich möglich ist. Umgekehrt ist es bei Wärmeverbrauchsichten unterhalb von 415 MWh/(ha-a) keineswegs ausgeschlossen, dass sich dennoch Wärmenetze wirtschaftlich entwickeln lassen. Das kann zum Beispiel dann der Fall sein, wenn sich überdurchschnittlich hohe Anschlussquoten erzielen lassen oder auch dann, wenn die Erschließung durch Bürgerenergiegenossenschaften ohne oder mit sehr geringen Renditeansprüchen erfolgt.

Das Überseehafengebiet weist eine Wärmeverbrauchsichte von 52 MWh/(ha-a) auf. Das Überseehafengebiet war zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens noch nicht in mehrere Baublöcke eingeteilt, daher erfolgt keine kartografische Darstellung.

Aktuelle Wärmeliendichten

Die Wärmeliendichte liefert einen Hinweis auf die Wärmenetzeignung von Straßenabschnitten. Der Leitfaden zum WPG verwendet dazu folgende Kategorisierung.

Tabelle 15: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmeliendichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019).

Wärmeliendichte in MWh/(ha-a)	Einschätzung der Eignung zur Errichtung von Wärmenetzen
0-0,7	Kein technisches Potenzial
0,7-1,5	Empfehlung für Wärmenetze bei Neuerschließung von Flächen für Wohnen, Gewerbe oder Industrie
1,5-2	Empfehlung für Wärmenetze in bebauten Gebieten
> 2	Wenn Verlegung von Wärmetrassen mit zusätzlichen Hürden versehen ist (z. B. Straßenquerungen, Bahn- oder Gewässerquerungen)

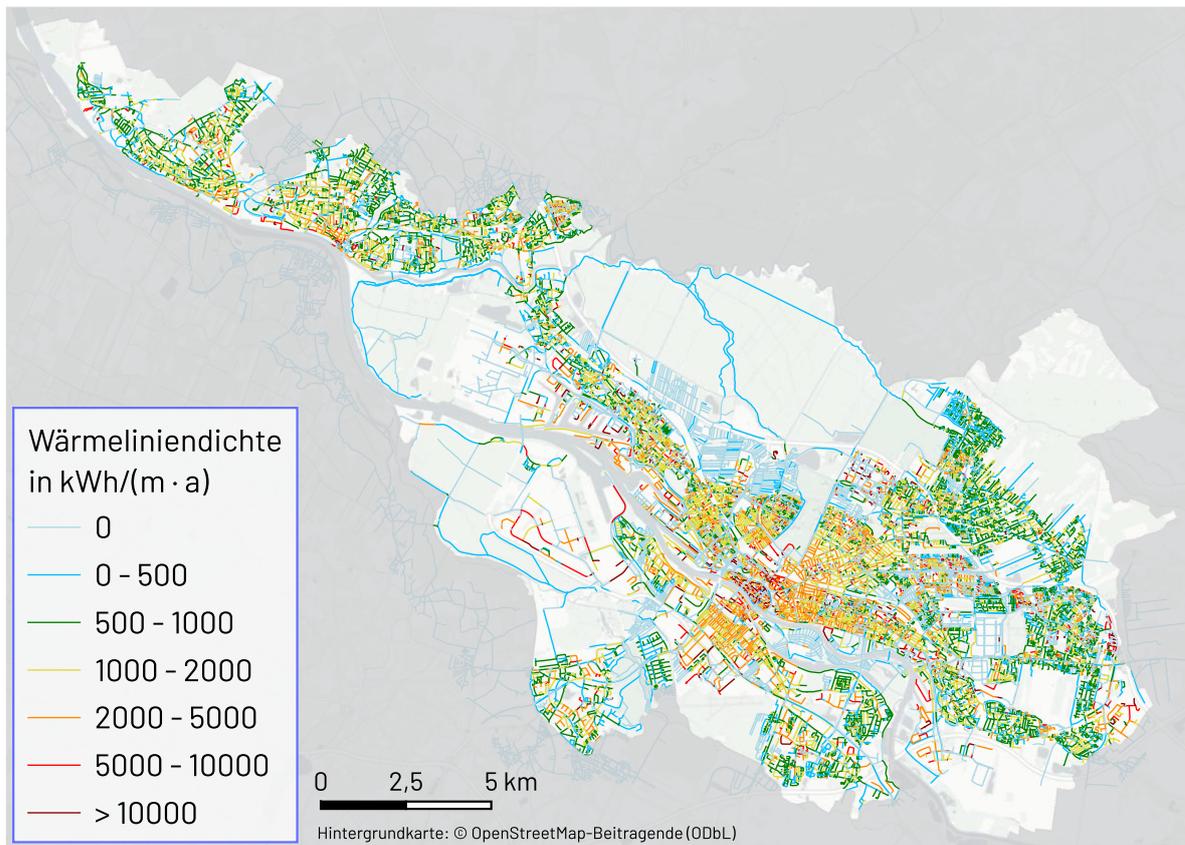


Abbildung 24: Straßenabschnittbezogene Darstellung der Wärmelinien-dichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr für das Stadtgebiet

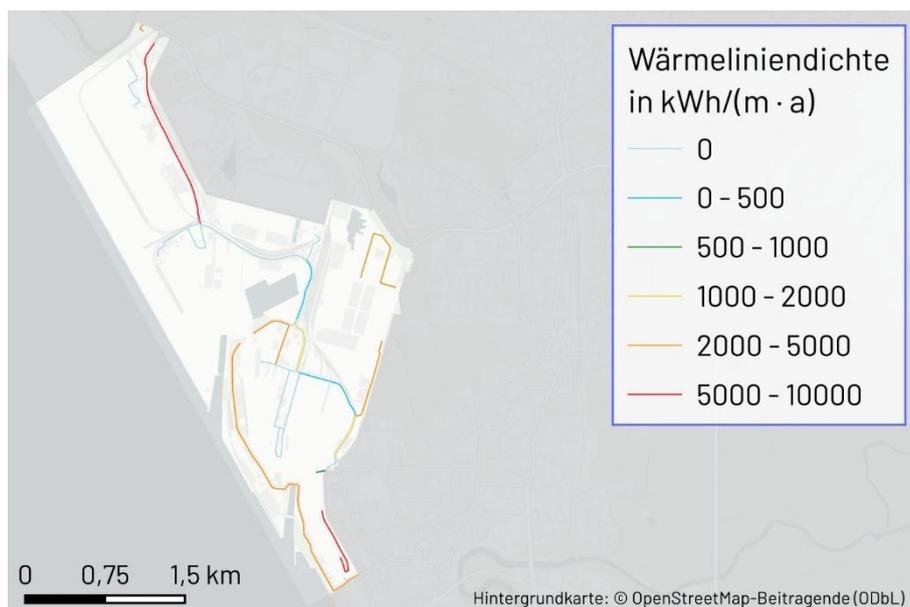


Abbildung 25: Straßenabschnittbezogene Darstellung der Wärmelinien-dichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr für das Überseehafen-gebiet

Insgesamt zeigt sich, dass sehr große Bereiche der Stadt Bremen Wärmelinien-dichten von mehr als 1,5 MWh/(m·a) aufweisen und sich daraus eine hohe Indikation für den Ausbau von Wärmenet-

zen in vielen Bestandsgebieten ergibt. Zu beachten ist, dass die Verlegung von Trassen insbesondere im Innenstadtbereich mit zusätzlichen Hürden (und damit Kosten) verbunden sein dürfte, und dort eher der oben genannte Grenzwert von 2,0 MWh/(m·a) relevant sein wird. Ähnliches gilt für den Fall, dass Flüsse, Bahnlinien oder Autobahntrassen zu unterqueren sind. Diese Verlegungen verursachen häufig deutlich höhere Kosten.

3.6 Neubaugelbiete ab 2025 (Wohnen und Gewerbe)

In der folgenden Abbildung ist die Lage der geplanten Wohnungsneubauten dargestellt, wobei die Größe der Punkte für die Anzahl der Wohneinheiten steht. Ziel ist es, zu ermitteln, welcher zusätzliche Wärmebedarf durch die Neubauten entsteht und in welchen Gebieten. Diese Erkenntnisse werden anschließend in der Wärmebedarfsentwicklung bis zum Zieljahr berücksichtigt. Sofern es sich um größere Neubauten bzw. Neubaugelbiete handelt, kann dadurch die Bewertung von Wärmenetzausbauszenarien beeinflusst werden.

Grundlage ist der zum Zeitpunkt der Erstellung der Wärmeplanunterlagen bekannte Planungsstand für die nächsten Jahre. Änderungen der Planungsgrundlagen durch die jeweils zuständigen Ressorts werden dann mit der nächsten Fortschreibung des Wärmeplans berücksichtigt. Nicht für jeden Standort ist die Anzahl der geplanten Wohneinheiten angegeben. Für die Neubauten ohne Angabe der Wohneinheiten ist nicht zu erkennen, ob es sich um Mehrfamilienhäuser handelt. Diese Gebäude sind daher in der folgenden Abbildung, in der nur Mehrfamilienhäuser gezeigt werden, nicht enthalten. Die zugrundeliegenden Informationen zu den Neubaugelbieten wurden vom Referat 66 – Geoinformation, Service-Center Bau, der Senatorin für Bau, Mobilität und Stadtentwicklung bereitgestellt.

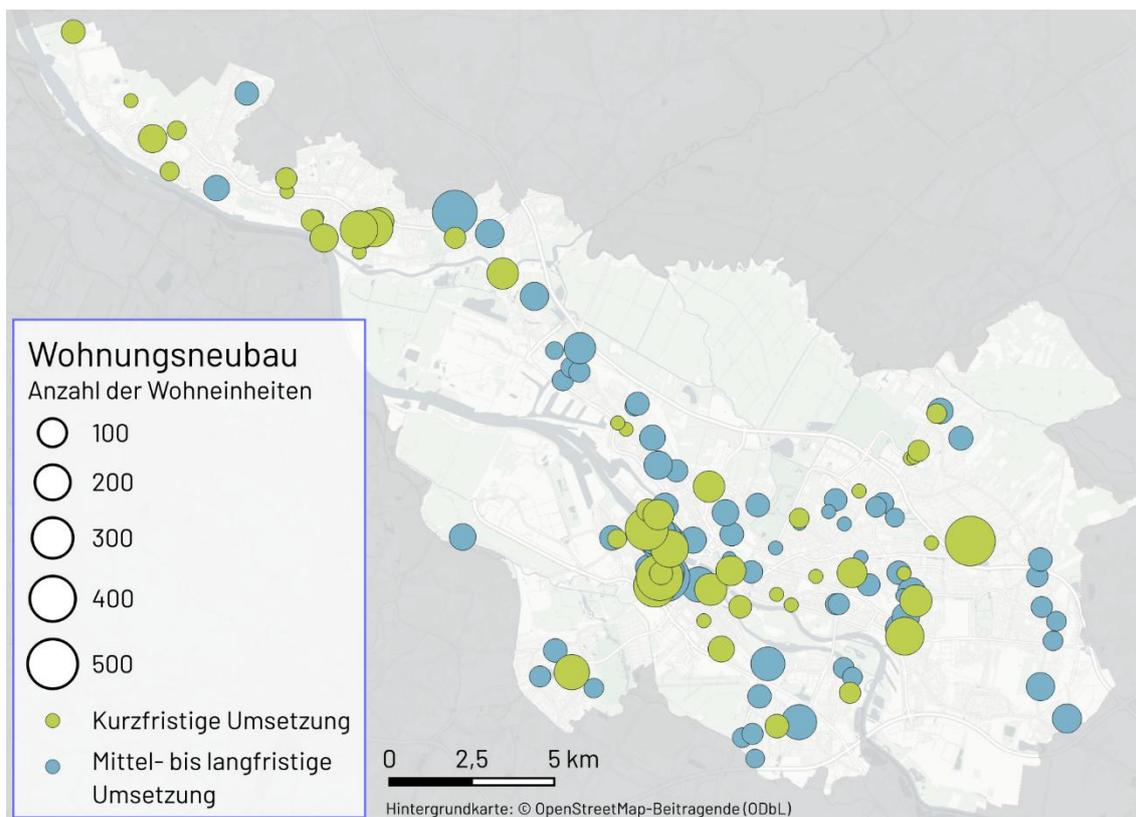


Abbildung 26: Lage von Wohnungsneubau nach Anzahl der Wohneinheiten

Bei Neubauten kann mit einem Wärmebedarf von 50 kWh/(m²·a) gerechnet werden (Umweltbundesamt, 2022). Die durchschnittliche Größe von Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern liegt bei 76 m² (Deutsche Energie Agentur GmbH (dena), 2023). Mit 11 902 neuen Wohneinheiten würde insgesamt ein Wärmebedarf von etwa 45,2 GWh hinzukommen. Dies lässt sich, wie in der folgenden Tabelle gezeigt, in einen kurzfristigen (bis zu fünf Jahre) und einen mittel- bis langfristigen Umsetzungshorizont (bis zu 15 Jahre) unterteilen.

Tabelle 16: Kommender Wohnungsneubau von Mehrfamilienhäusern

Umsetzungshorizont	Anzahl Wohneinheiten	Wohnfläche in m ²	Wärmebedarf in GWh/a
Kurzfristig	5.208	395.808	19,8
Mittel- bis langfristig	6.694	508.744	25,4
Summe	11.902	904.552	45,2

Im Gewerbebereich wurden auf Basis des Gewerbeentwicklungsprogramms 2030 (GEP 2030) sieben in der Erschließung befindliche größere Gewerbeflächen identifiziert. Diese sind in Tabelle 17 kurz beschrieben und in Abbildung 27 kartographisch dargestellt. Eine Abschätzung der aus der Bebauung der Gewerbeflächen resultierenden Wärmebedarfe wird nicht vorgenommen, da dies auf Basis der verfügbaren Daten nur mit sehr großen Unsicherheiten möglich wäre. Im weiteren

Erschließungsprozess der Gewerbegebiete sollte daher geprüft werden, welche Wärmebedarfsentwicklung zu erwarten ist und inwieweit eine Anbindung an bestehende oder geplante Wärmenetze oder die Entwicklung entsprechender Inselnetze sinnvoll erscheint.

Tabelle 17: Entwicklungspotenziale im Bereich Gewerbe

Gebiet	Netto-Gewerbe- fläche in ha	Voraussichtliche Flächenverfügbar- keit	Voraussichtliches Profil
Airport-Stadt-Mitte, Verlängerung Hanna- Kunath-Straße	ca. 4,6	ab 2028	Unternehmen der Luft- und Raumfahrt
Bremer Industrie-Park, 6. Bauabschnitt	ca. 30	ab 2029	Von den insgesamt 80 ha entfällt voraus- sichtlich ein großer Teil auf Projekte von Tennet (Energieknoten) und swb (Elektrolyse). Vorhaben im Rahmen der Dekarbonisierung der Stahlwerke.
Gewerbepark Hansalinie (3. Baustufe)	63,7	ab Ende 2026	Vorrangig Automotive
Kämmerei-Quartier	ca. 3,7	ab 2027	Berufsbildungs- und Ge- werbecampus sowie ein Handwerker- und Ge- werbehof
Nußhorn	ca. 2,6	frühestens 2027	Kleinteiliges Gewerbe und Handwerk
Steindamm (Erweiterung)	1,9	ab 2027	Kleinteiliges Gewerbe und Handwerk
Überseestadt	9,5		Gebiete der Urbanen Produktion / Neue Orte der Produktiven Stadt



Abbildung 27: Entwicklungspotenziale im Bereich Gewerbe

4 Potenzialanalyse

Bei der Potenzialanalyse wird zunächst die Wärmebedarfsentwicklung bis zum Zieljahr (2038) ermittelt, da die klimaneutrale Wärmeversorgung für den zukünftigen und nicht für den gegenwärtigen Wärmebedarf geplant werden muss.

Anschließend werden quantitativ und räumlich differenziert die im beplanten Gebiet vorhandenen Potenziale zur Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energien, zur Nutzung von unvermeidbarer Abwärme und zur zentralen Wärmespeicherung beschrieben. Bekannte räumliche, technische, rechtliche oder wirtschaftliche Restriktionen für die Nutzung von Wärmeerzeugungspotenzialen werden berücksichtigt. So wurden beispielsweise Wasserschutzgebiete für die mögliche Nutzung der Geothermie ausgeschlossen. Die Darstellung der Potenziale im Wärmeplan erfolgt mit dem Ziel, zunächst einen vollständigen Überblick über die vorhandenen Potenziale herzustellen.

4.1 Potenziale zur Wärmebedarfsreduktion und Fortschreibung des Wärmebedarfs der Gebäude bis 2038

Für Bremen liegen bereits zwei Studien vor, die Szenarien für die Wärmebedarfsentwicklung der Gebäude entworfen haben. Zum einen wurden bei der Erstellung des Wärmeatlas durch Fraunhofer IFAM zwei Szenarien für die Wärmebedarfsentwicklung aufgestellt (Eikmeier, Janßen, Meyer, & Wassermann, 2020). Dabei orientierte sich die Untersuchung an den Annahmen zu Sanierungsraten und Sanierungstiefen in der Studie „Klimapfade für Deutschland“ des Bundesverbandes der Deutschen Industrie BDI (Gerbert, et al., 2018).

Zum anderen wurden im Abschlussbericht der Enquetekommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ (Michalik, 2021) Sektorenziele für die Sanierungsraten von Gebäuden formuliert. Im folgenden Diagramm sind die unterschiedlichen Annahmen zu den Sanierungsraten dargestellt und um Daten aus weiteren deutschlandweiten Studien ergänzt (Abbildung 28). Der Vergleich zeigt, dass die im Abschlussbericht der Bremer Enquetekommission angenommenen Sanierungsraten von > 3 %/a deutlich ambitionierter sind als die anderer Studien. Die meisten Studien gehen in ihren optimistischen Szenarien von einer Sanierungsrate von etwa 2 %/a aus, was in etwa einer Verdoppelung der energetischen Sanierung im Vergleich zu Business-as-usual-Szenarien (IFAM-BAU) entspricht.

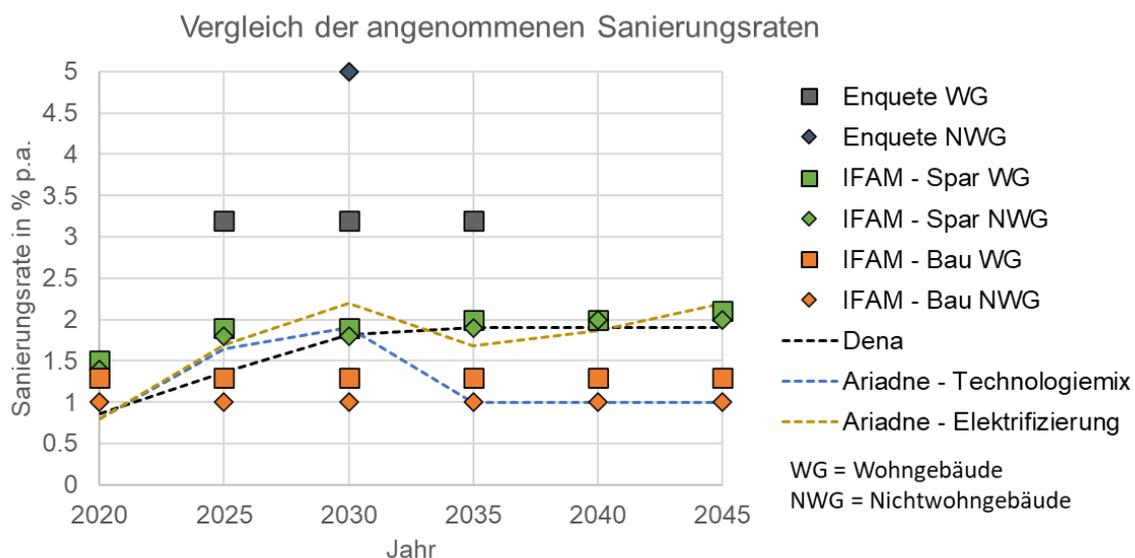


Abbildung 28: Annahmen zu Sanierungsraten von Wohn- und Nichtwohngebäuden in unterschiedlichen Studien

Bei den Sanierungstiefen nehmen die Studien von Fraunhofer IFAM für Bremen und die ausgewerteten deutschlandweiten Studien einheitlich 50 % an. Die Sanierungstiefe beschreibt die Wärmebedarfsreduktion nach einer energetischen Sanierung.

Auf Basis dieses Vergleichs wurde für den vorliegenden Wärmeplan das SPAR-Szenario von Fraunhofer IFAM verwendet (ca. 2 %/a Sanierungsraten für Wohn- und Nichtwohngebäude und Sanierungstiefe von 50 %). Aus Sicht von Qconcept Energy ist dieses Szenario als optimistisch anzusehen.

Die Fortschreibung des Wärmebedarfs aus dem Wärmeatlas von 2015 bis 2038 wurde anhand der Angaben für die Betrachtungszeitpunkte (2030 und 2040) und einer linearen Interpolation auf 2038 bestimmt (vgl. Tabelle 18). Der Wärmebedarf einzelner Gebäude wurde entsprechend dem berechneten Wärmebedarfsrückgang reduziert. Für die seit der Erstellung des Wärmeatlas berücksichtigten Neubauten (vgl. Tabelle 2) wurden aufgrund des zu erwartenden hohen Energieeffizienzstandards keine weiteren Wärmebedarfsreduzierungen angenommen.

Zu beachten ist, dass es sich in folgender Tabelle um Wärmebedarfe handelt. Daher sind die Werte für 2015 nicht identisch mit den Werten aus Tabelle 3, in der Endenergiebedarfe dargestellt sind.

Tabelle 18: Fortschreibung des Wärmebedarfs bis 2038 nach Sektoren

Sektor	Wärmebedarf 2015 gemäß Wärmeatlas, GWh/a	Wärmebedarf 2038 berechnet, GWh/a	Wärmebedarfsrückgang um %	Vorgehen zur Berechnung des Wärmebedarfs 2038
Industrie (ohne Stahlwerk)	1.377	1.205	12,5	lineare Interpolation zwischen 2015 und 2050
Wohngebäude	3.382	2.672	21	Interpolation zwischen 2030 und 2040
Nichtwohngebäude ohne Industrie	1.916	1.591	17	Interpolation zwischen 2030 und 2040
Summe	6.675	5.468	18	

4.2 Unvermeidbare Abwärme

4.2.1 Industrielle Abwärme

Zur Bestimmung des thermischen Potenzials der industriellen Abwärme wurden anhand des Wärmeatlas die 50 größten Gasverbraucher identifiziert. Diese Liste wurde mit den Eintragungen im Kataster zur Erfassung von Verdunstungskühlanlagen nach 42. BImSchV (KaVKA) abgeglichen. Einige Unternehmen aus der Liste wurden nach manueller Prüfung entfernt, wenn der Produktionsstandort nicht mehr existierte und es sich um Konversionsflächen handelte. Zur Datenerfassung wurde ein Fragebogen erstellt, der an 44 Unternehmen der Hansestadt Bremen versandt wurde. Die Teilnahme war freiwillig. 14 Rückläufer wurden ausgewertet. Davon wiesen 11 Unternehmen kein relevantes Abwärmepotenzial auf. Drei Unternehmen verfügen über ein sehr großes Abwärmepotenzial von insgesamt circa 100 GWh/a. Zum Teil handelte es sich um Abwärme auf

hohem Temperaturniveau (Abgase). Der deutlich größere Anteil der Abwärme lag auf niedrigem Temperaturniveau (Kühlprozesse). Es wurden keine vertiefenden Interviews mit diesen Unternehmen geführt, weil direkte Gespräche zwischen swb und den Unternehmen zur Nutzung der Abwärme in den Fernwärmenetzen laufen.

Die hier erläuterte Abfrage lief zwischen Januar und Februar 2024 und stand im Zusammenhang mit dem erstellten Fachgutachten in den Jahren 2023 und 2024 zur Vorbereitung der kommunalen Wärmeplanung. Nach dem neuen Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz – EnEFG) sind inzwischen alle großen Unternehmen verpflichtet, ihre Abwärmepotenziale zu quantifizieren und über die Plattform für Abwärme in ein Abwärmeregister einzutragen. Die Verpflichtung galt ursprünglich ab dem 1.1.2024. Diese Frist wurde auf den 1.1.2025 verlängert. Die Ergebnisauswertung des Abwärmeregisters konnte deshalb nicht mehr im Fachgutachten von 2024 berücksichtigt werden und floss nun in den vorliegenden Bericht zur Wärmeplanung ein.

4.2.2 Auswertung Plattform für Abwärme

Am 15.1.2025 wurden die Daten der Plattform für Abwärme erstmals veröffentlicht und auf dieser Grundlage für den Bericht ausgewertet (Bundesstelle für Energieeffizienz, 2024). Überschneidungen mit den Ergebnissen der in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Analyse der industriellen Abwärme sind daher möglich. Auf der Plattform sind über 20.000 Abwärmepotenziale von mehr als 2 600 Firmen verzeichnet. Nachfolgend werden diese Daten für Bremen und für das Überseehafengebiet betrachtet (inkl. Stahlwerk). Für das Überseehafengebiet wurden auf der Plattform für Abwärme keine Potenziale gefunden und daher nachfolgend auch keine dargestellt. Abwärmepotenziale von swb wurden herausgefiltert, da es sich dabei vorrangig um (Ab-)Wärme aus KWK-Anlagen handelt und diese in Kapitel 4.2.3 dargestellt werden. Anlagen, die laut Kommentarspalte 2024 und 2025 endgültig stillgelegt sein werden, wurden ebenfalls entfernt. Die ermittelte Abwärmemenge in Bremen beträgt 2 320 GWh. Davon sind 506 GWh bereits für eine interne Nutzung vorgesehen und weitere 167 GWh fallen nur diskontinuierlich an.

In der folgenden Abbildung sind die Standorte der Abwärmepotenziale nach Energiemenge pro Jahr und Medium dargestellt.

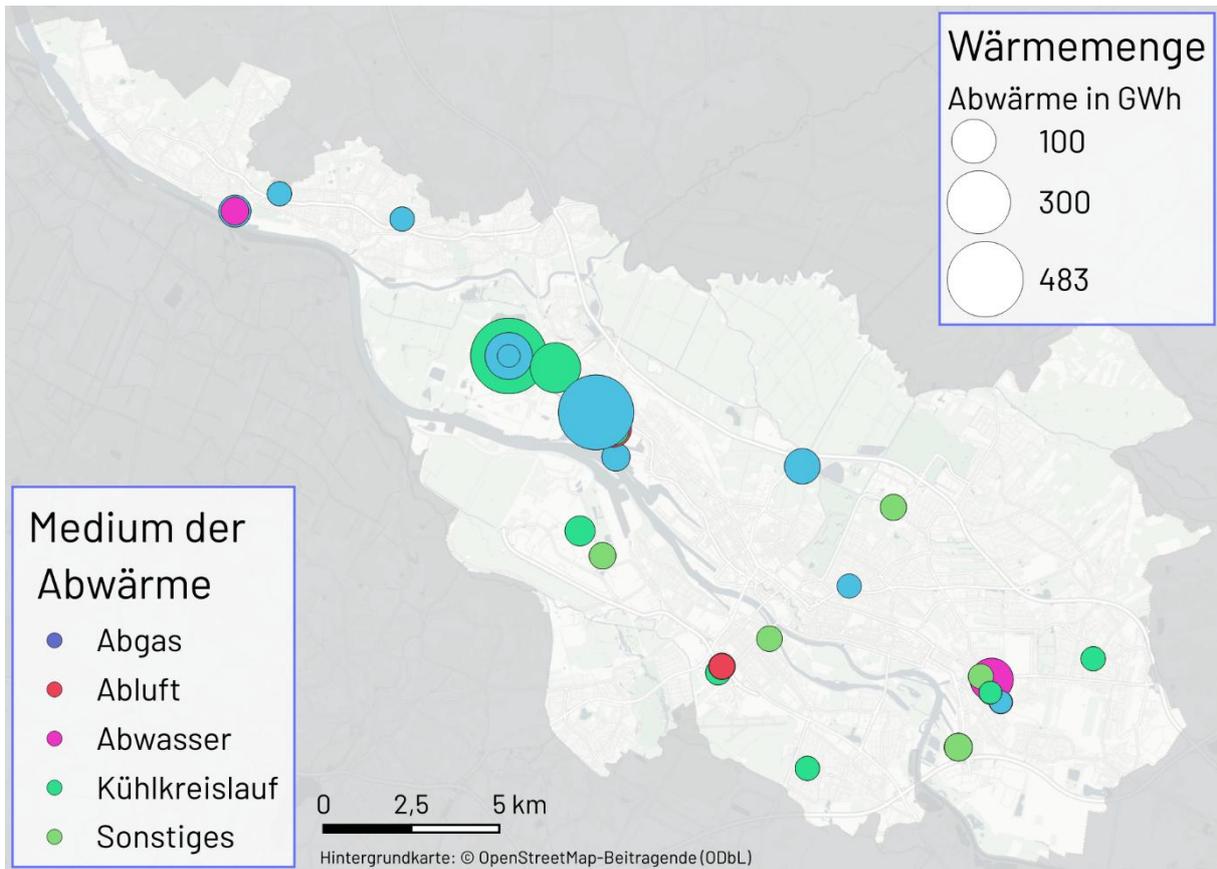


Abbildung 29: Standorte der Anlagen mit Abwärme nach Energiemenge pro Jahr (inkl. Stahlwerk)

Folgende Abbildung differenziert nach dem Medium der Abwärme und bildet die Anzahl der Anlagen sowie die Abwärmemengen ab.

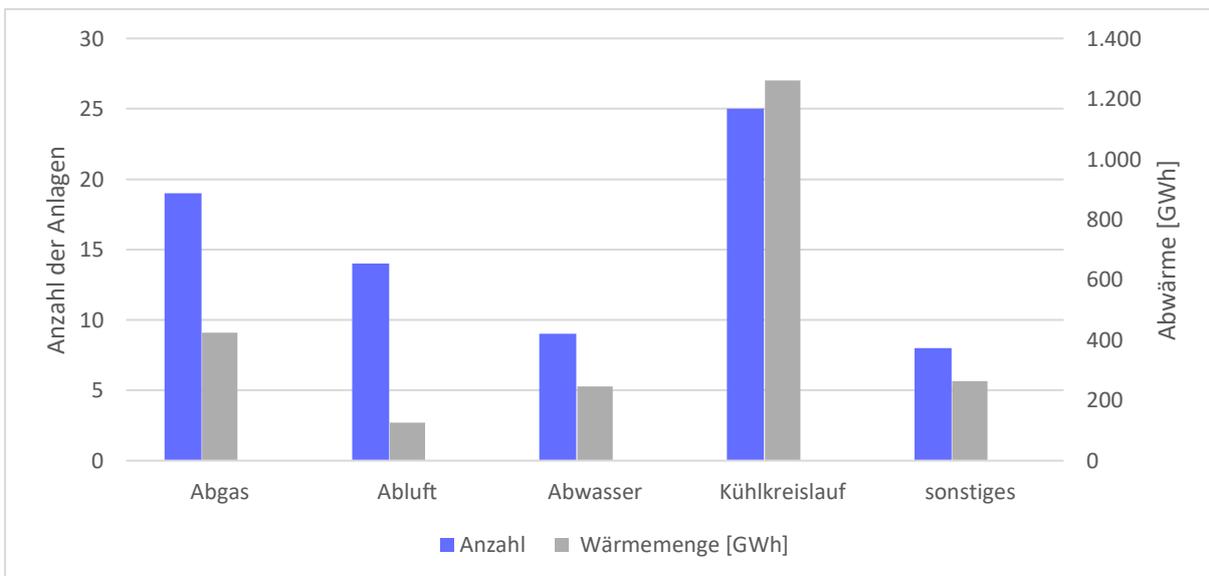


Abbildung 30: Anzahl der Anlagen und Abwärmemenge (inkl. Stahlwerk)

Die Gesamtmenge der Abwärme ist beträchtlich und entspricht etwa einem Drittel des Wärmebedarfs von Bremen (ohne das Stahlwerk). Hinsichtlich einer möglichen Nutzung sind verschiedene Aspekte zu berücksichtigen:

- Es fällt auf, dass die Abwärme überwiegend in Kühlkreisläufen, gefolgt von Wärme aus Abgas und Abwasser, anfällt. Bei Potenzialen aus Abgasen und Abluft ist zu beachten, dass diese in einer Vielzahl von Anlagen entstehen und somit die Abwärmemenge pro Anlage häufig eher gering ausfällt. Eine Nutzung für die Einspeisung in ein Wärmenetz ist daher schwierig.
- Die Abwärme aus Abluft fällt nach ergänzenden Informationen größtenteils nicht kontinuierlich an, was die Nutzung für eine Grundlastversorgung nur mit zusätzlichem Aufwand, zum Beispiel für Speicher, ermöglicht.
- Ein hoher Anteil der Abwärme fällt im Sommerhalbjahr an. Aufgrund des saisonal deutlich niedrigeren Wärmebedarfs ist eine Nutzung dieses Überschusses zu großen Teilen nicht möglich oder aufgrund eines bestehenden technischen oder wirtschaftlichen Vorrangs anderer Erzeuger nicht sinnvoll.
- Für relevante Anteile der Abwärmemengen gaben die Produzenten an, dass diese für eine interne Nutzung vorgesehen sind. Eine Verwendung zur Einspeisung in ein Wärmenetz ist dann nicht mehr möglich.
- Weitere erhebliche Potenziale können entstehen, wenn die geplanten Elektrolyseure zur Erzeugung von Wasserstoff in Betrieb gehen (vgl. Kapitel 4.10). Die verfügbare Abwärmemenge kann erst dann belastbar abgeschätzt werden, wenn die Betriebsweise und die jährlichen Betriebsstunden der Anlagen in der Praxis absehbar sind.
- Für die Einspeisung in ein Wärmenetz sind nicht nur die technischen Voraussetzungen zu schaffen. Ebenso müssen Lieferkonditionen zwischen Lieferant und Wärmenetzbetreiber vereinbart werden, die den Anforderungen beider Seiten gerecht werden. Bei den Industriefirmen steht die Sicherung des eigentlichen Produktionsprozesses im Vordergrund, während die Wärmenetzbetreiber eine hinreichende Versorgungssicherheit gegenüber den Wärmekunden garantieren müssen. Hier können Zielkonflikte entstehen, die sich zwar häufig lösen lassen, aber geeignete, vertraglich abgesicherte Regelwerke benötigen.
- Ein großer Teil des Abwärmepotenzials ist im Bereich des Stahlwerks zu verorten. Im Rahmen des hyBit-Projekts, an dem auch die swb beteiligt ist, wird unter anderem die Wärmeauskopplung für Quartiere und Dienstleistungszentren analysiert.

Die Einbindung weiterer möglicher Abwärmequellen in ein Erzeugerportfolio sollte jeweils im Rahmen der konkreten Planungen für ein zu versorgendes Wärmenetz vertiefend geprüft werden.

4.2.3 Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Für die Untersuchung des Abwärmepotenzials aus erneuerbaren Energieträgern (Biogas, Biomasse, Reststoffe) sowie der potenziell umrüstbaren Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK), wurde das Marktstammregister herangezogen (Erfassung am 15.1.2025). Das Ergebnis zeigt, dass auf der Fläche der Stadt Bremen und dem Überseehafengebiet 106 Erzeugungsanlagen mit einer thermischen Leistung von insgesamt 380,6 MW installiert sind. Die elektrische Leistung liegt bei 221,8 MW. Im Marktstammdatenregister liegen keine Informationen über ungenutzte Potenziale vor.

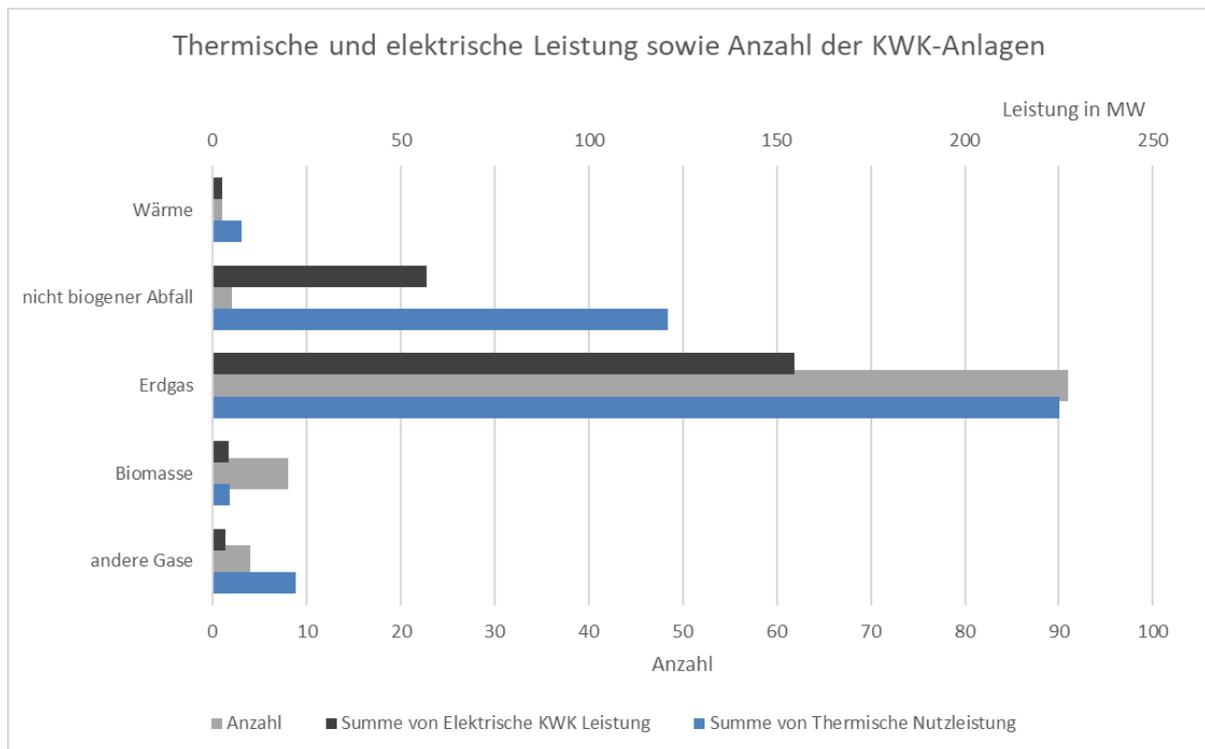


Abbildung 31: Thermische und elektrische Leistung sowie Anzahl der KWK-Anlagen nach Marktstammdatenregister

Die 91 Anlagen erzeugen eine thermische Leistung von 225 MW_{th} und werden überwiegend mit Erdgas betrieben. Davon entfällt der größte Anteil auf Anlagen der Gemeinschaftskraftwerk Bremen GmbH & Co. KG und der swb. Mit einer thermischen Leistung von 121 MW_{th} stellt der nicht biogene Abfall die zweitgrößte Gruppe der Energieträger dar. Diese Leistung wird durch Anlagen der swb und der HKW Blumenthal GmbH bereitgestellt, die unter anderem von der Bremer Stadtreinigung gesammelte Restabfälle thermisch verwerten.

Andere Gase sind mit einer thermischen Leistung von 22 MW_{th} der drittgrößte Block. Wärme aus der Klärschlammverbrennung der KENOW in Höhe von 7,8 MW_{th} und Biomasse mit 4,6 MW_{th} liefern die geringste thermische Leistung.

In folgender Abbildung sind die KWK-Anlagen in Bremen nach Größe der thermischen Leistung dargestellt.

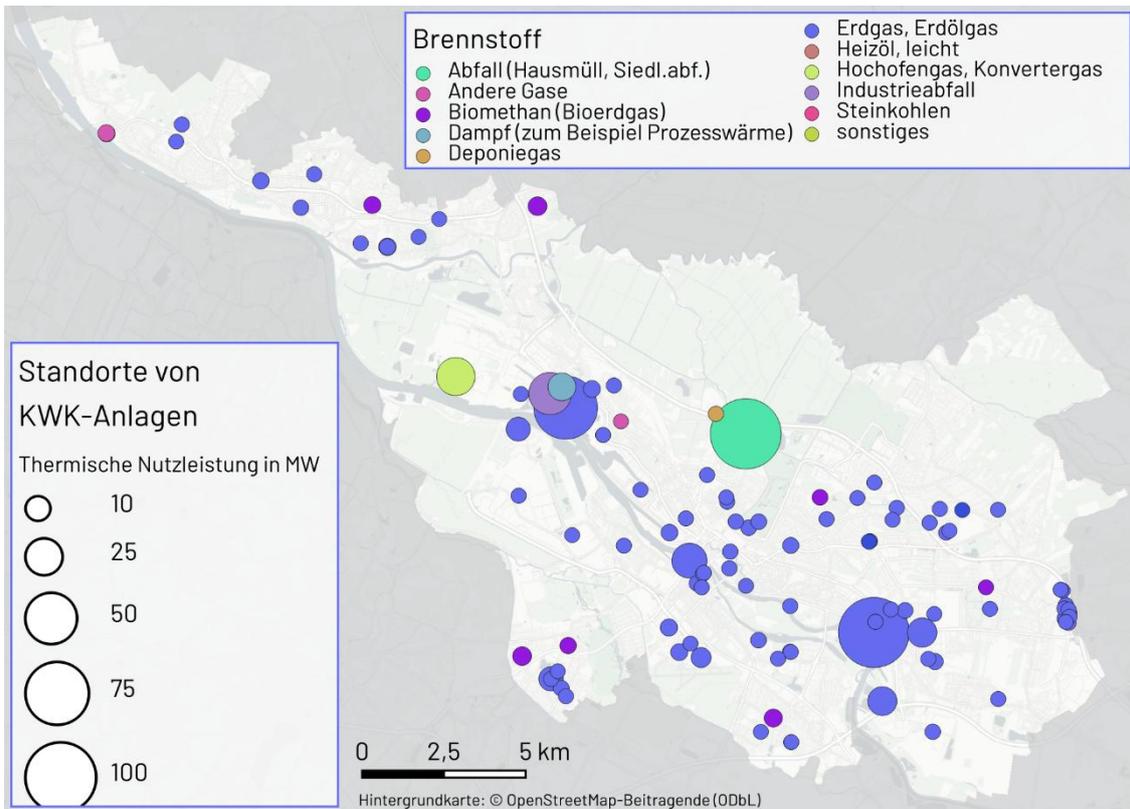


Abbildung 32: KWK-Anlagen aus dem Marktstammdatenregister für Bremen nach thermischer Leistung

Die KWK-Anlage im Überseehafengebiet zeigt folgende Abbildung.

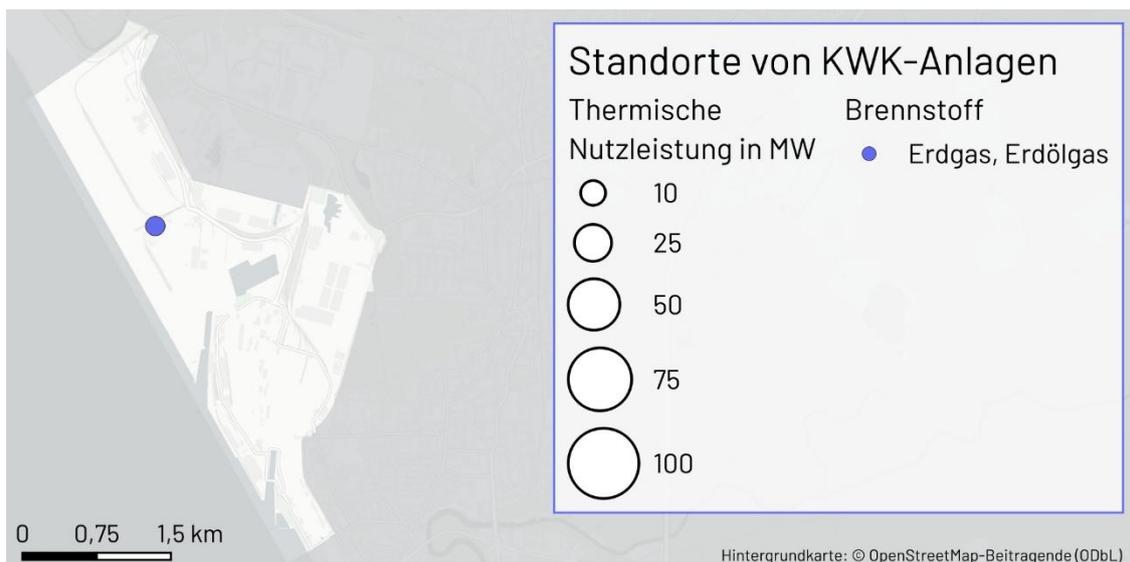


Abbildung 33: KWK-Anlagen aus dem Marktstammdatenregister für das Überseehafengebiet nach thermischer Leistung

In der folgenden Abbildung sind zusätzlich Anlagen in Bremen aufgeführt, die nur Strom erzeugen und bei denen keine Wärme ausgekoppelt wird. Daher gibt es keine Überschneidungen mit den Anlagen in der Abbildung 32. Im Überseehafengebiet befindet sich keine Anlage. Daher ist an dieser Stelle nur die Karte für Bremen zu sehen.

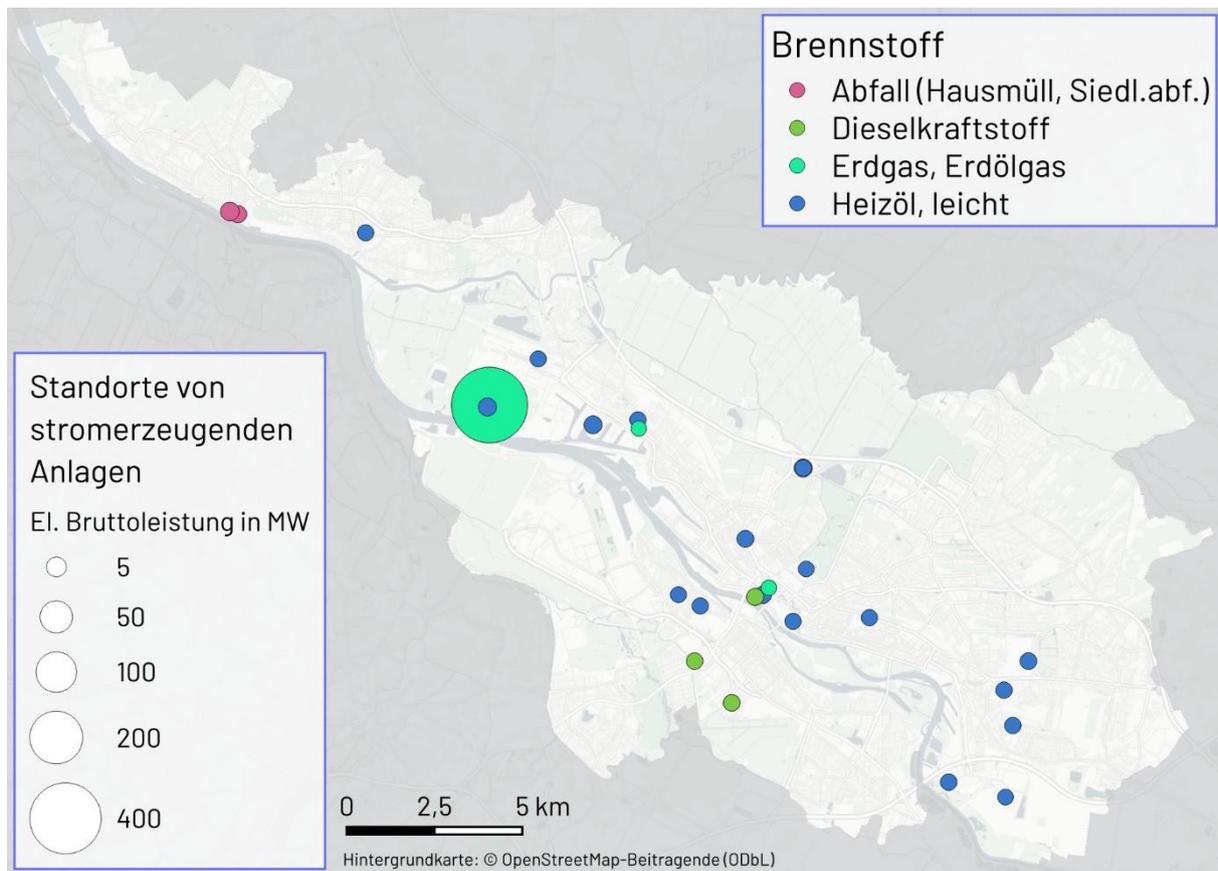


Abbildung 34: Stromerzeugende Anlagen ohne Wärmeauskopplung aus dem Marktstammdatenregister für Bremen nach elektrischer Bruttoleistung

In der Auflistung des Marktstammdatenregisters wird das HKW der Müllverbrennungsanlage Blumenthal nicht als KWK-Anlage geführt. Tatsächlich werden nach Angaben der Betreiberin bereits 3 MW Wärme ausgekoppelt. Zudem bestehen konkrete Pläne bei der Betreiberin und der enercity Contracting, weitere Wärme für ein Wärmenetz in Bremen Nord auszukoppeln (vgl. Kapitel 6.3).

In Abbildung 34 dominiert das Gas- und Dampfturbinenkraftwerk der Gemeinschaftskraftwerk Bremen GmbH & Co. KG im Ortsteil Industriehäfen. Die Anlage ist mehrheitlich im Eigentum der swb. Sie erzeugt Strom mit einem bereits sehr hohen Wirkungsgrad von knapp 60 % ohne Wärmeauskopplung. Bei den anderen stromerzeugenden Anlagen ist im Marktstammdatenregister nicht ersichtlich, ob diese auch Wärme auskoppeln könnten oder, ob es sich zum Beispiel um Notstromaggregate handelt. Wenn an einzelnen Standorten Punkte sowohl in Abbildung 33 als auch in Abbildung 34 aufgeführt sind, handelt es sich vermutlich um zwei verschiedene Anlagen: Einmal eine KWK-Anlage und einmal eine stromerzeugende Anlage ohne Wärmeauskopplung. Aus dem Marktstammdatenregister geht nicht hervor, welche Art von Anlage es genau ist.

Im Marktstammdatenregister ist nicht angegeben, in welcher Größenordnung sich Wärme bei den aufgeführten Anlagen auskoppeln lässt. Bekannt ist jedoch, dass die Anlagen mit dem Brennstoff Abfall entweder bereits für die Wärmeversorgung genutzt werden oder dies wie bei der HKW-Blumenthal GmbH in Zukunft geplant ist. Die KWK-Anlagen auf der Basis von Biomethan sind in die Wärmeversorgung von swb-Nahwärmenetzen integriert. Es verbleiben kleinere Anlagen, die

auf fossilen Brennstoffen basieren. Ein nennenswertes Potenzial an unvermeidbarer Abwärme ist hier nicht zu vermuten. Daher handelt es sich zunächst nur um ein theoretisches technisches Potenzial, welches gegebenenfalls näher untersucht werden sollte.

4.2.4 Klärschlammverbrennung

Nach dem Geschäftsbericht der hanseWasser von 2023 wurden 14 300 t Klärschlamm-Trockenmasse einschließlich Co-Inputs entsorgt (hanseWasser, 2023). Davon gingen 11 800 t in die Verbrennung und 2 500 t als Dünger in die Landwirtschaft. Die Klärschlammverordnung mit Stand vom 3.10.2017 sieht vor, dass nach Ablauf bestimmter Übergangsfristen bei allen Kläranlagen Phosphor aus dem Klärschlamm oder aus der Klärschlammverbrennungsasche zurückgewonnen werden muss, wenn ein Phosphorgehalt von 20 Gramm oder mehr je Kilogramm Trockenmasse besteht.

Für das Phosphorrecycling wurde die Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage (KVA) der Klärschlamm Entsorgung Nordwestdeutschland KENOW GmbH & Co. KG (KENOW) im Bremer Industriehafen gebaut (KENOW, 2025). Die KENOW ist eine Kooperation aus den Partnern Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband (OOWV), swb, EWE WASSER GmbH (EWE WASSER) und hanseWasser Ver- und Entsorgungs-GmbH (HVE).

Die KENOW hat die Verpflichtung übernommen, eine Lösung für das Phosphorrecycling aus der Asche des verbrannten Klärschlammes zu entwickeln. Die Monoverbrennungsanlage ist für eine Kapazität von 55 000 t/a Klärschlamm Trockenmasse ausgelegt. Davon stammen 46 000 t Klärschlamm mit einem Wassergehalt von 75 % aus Bremen und die übrigen 9 000 t sind solargetrockneter Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von 65 % aus Niedersachsen.

Der Klärschlamm wird zunächst in Scheibentrocknern getrocknet und anschließend im Wirbelschichtofen verbrannt. Die Feuerungsleistung des Ofens beträgt 19 MW. Nach der Verbrennung wird das Rauchgas gekühlt. Mit dem entstehenden Dampf wird mit Hilfe einer Turbine ein Generator zur Stromerzeugung angetrieben. Der Strom wird für den Betrieb der Anlage genutzt und der Überschuss in das Netz eingespeist. Die Wärme wird ausgekoppelt und über das Fernwärmenetz West der swb eingespeist. Laut KENOW können dadurch rund 1 600 Vier-Personen-Haushalte mit Strom und 2 900 Vier-Personen-Haushalte mit Fernwärme versorgt werden.

4.2.5 Sperrmüll

Laut der Abfallbilanz 2023 der Bremer Stadtreinigung sind 21 820 t Sperrmüll angefallen, welche in der Recyclinganlage Bremen der Karl Nehlsen GmbH & Co. KG Bremen dem Recycling zugeführt wurden (Die Bremer Stadtreinigung, 2023). Die brennbaren Materialien des Sperrmülls werden energetisch verwertet, wobei die Holzstoffe in einem Biomasseheizkraftwerk und die Reststoffe in der Müllverbrennungsanlage verwertet werden.

4.3 Potenziale durch Nutzung von Großwärmepumpen

4.3.1 Randbedingungen zur Berechnung

Um die Potenziale der Wärmepumpennutzung realistisch darstellen zu können, ist die Simulation einer Fahrkurve für das anvisierte Wärmenetz nötig.

Für alle Quellen, die von Wärmepumpen genutzt werden, wird die gleiche Netzfahrkurve angenommen. Somit wird eine Vergleichbarkeit gewährleistet. Die Fahrkurve hat folgende Randbedingungen:

- TNetz, VL = 95 °C bei ≤ -8 °C Außentemperatur
- TNetz, VL = 80 °C bei ≥ 10 °C Außentemperatur
- TNetz, RL = 50 °C bei ≤ -8 °C Außentemperatur
- TNetz, RL = 60 °C bei ≥ 10 °C Außentemperatur
- Innerhalb der Grenzen liegt ein linearer Verlauf vor

Als Außentemperatur wird der Verlauf für das Jahr 2030 in Bremen im Tagesmittel auf Basis der Software Meteonorm angesetzt. Das Jahr 2030 wurde ausgewählt, da angenommen wird, dass erste Großwärmepumpen aufgrund eines möglichen Netzausbauzenarios ungefähr ab dem Jahr 2030 sinnvoll als Teil des Erzeugerportfolios eingesetzt werden können. Die sich daraus ergebenden Vorlauf- und Rücklauftemperaturen im Jahresverlauf sind in Abbildung 35 zu sehen.

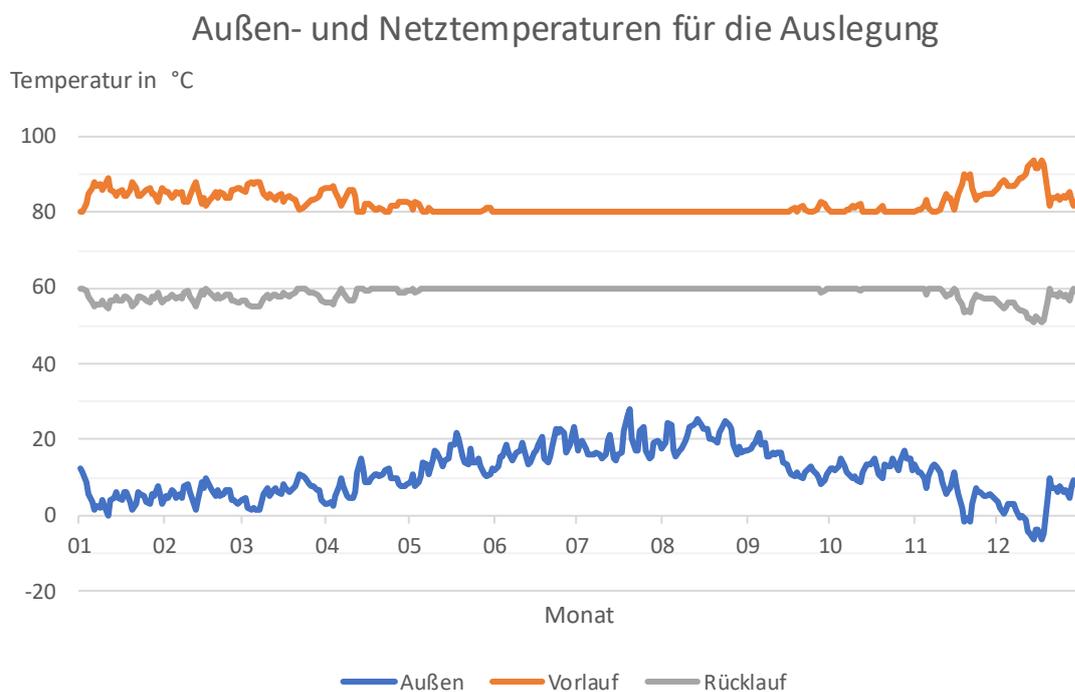


Abbildung 35: Außen- und Netztemperaturen für die Auslegungen

Um das theoretische Potenzial einer Wärmepumpe ermitteln zu können, muss der Strombedarf für die Anhebung des Temperaturniveaus auf die Netzvorlauftemperatur des Fernwärmenetzes berücksichtigt werden. Dazu wurden beispielhaft die Daten einer Großwärmepumpe mit 11,5 MW thermischer Leistung des Herstellers Friotherm verwendet. Die maximale Netzvorlauftemperatur, welche von dieser Wärmepumpe direkt erreicht werden kann, beträgt gemäß Herstellerangaben 92 °C. Als COP-Kennlinie wird vereinfacht der Carnot-Wirkungsgrad mit Gütegrad $\epsilon = 0,57$ angesetzt. Dieser wurde anhand der Angaben von Friotherm zum COP im Auslegungsfall ermittelt. Sollten höhere Temperaturen im Netz erforderlich sein, wird ein Gaskessel für die Nachheizung berücksichtigt.

4.3.2 Flusswasserwärmepumpen

Bremen liegt an der Weser. Da diese zu den zehn größten Flüssen in Deutschland gehört, bietet es sich an, das Potenzial des Flusses näher zu betrachten. Um das Potenzial bestimmen zu können, wurden im Gutachten folgende Annahmen für den Betrieb der Wärmepumpe getroffen:

- Minimale Entnahmetemperatur 5 °C (d. h. kein Betrieb der Wärmepumpe, wenn Flusswasser < 5 °C)
- Maximale Auskühlung des Entnahmestroms auf bis zu 3 °C zur Einleitung in die Weser
- Bezogen auf Entnahmestrom: Abkühlung (Differenz) zwischen Entnahme und Einleitung maximal 5 Kelvin (K)
- Entnahmestrom 5 % des mittleren Niedrigabflusses

Im Folgenden werden Zeitreihen der Flusstemperatur und der Durchflüsse analysiert und die Großwärmepumpe ausgelegt. Im Vorfeld erfolgten Abstimmungen mit der Wasserbehörde (Referate 33 und 34) hinsichtlich der getroffenen Annahmen und der Klärung weiterer genehmigungsrechtlicher Fragen.

Flusstemperatur

In Abbildung 36 ist zu sehen, dass es in den Jahren 2020 bis 2023 im Januar und/oder Dezember aufgrund der oben genannten Randbedingungen zu einem Ausfall der Wärmepumpe gekommen wäre. Wie die Grafik veranschaulicht, ist nicht damit zu rechnen, dass es jeden Winter zu einem Ausfall kommt, da die Weser im Winter 2021/22 Temperaturen über 5 °C führte.

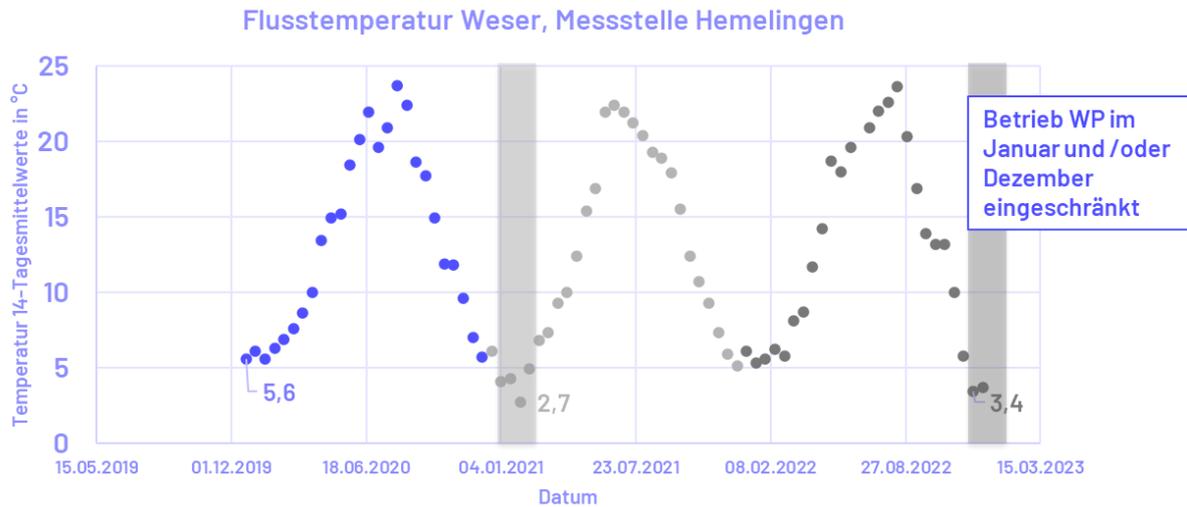


Abbildung 36: Flusstemperatur der Weser 2020 bis 2023¹

Niedrigwasserabfluss

Der für die Wärmepumpe nutzbare Volumenstrom beträgt 5 % des Niedrigwasserabflusses der Weser. Dieser geht im Mittel mit $78 \text{ m}^3/\text{s}$ aus 14-Tage-Mischproben bei Hemelingen (vgl. Abbildung 37) hervor. Somit entspricht der nutzbare Volumenstrom $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

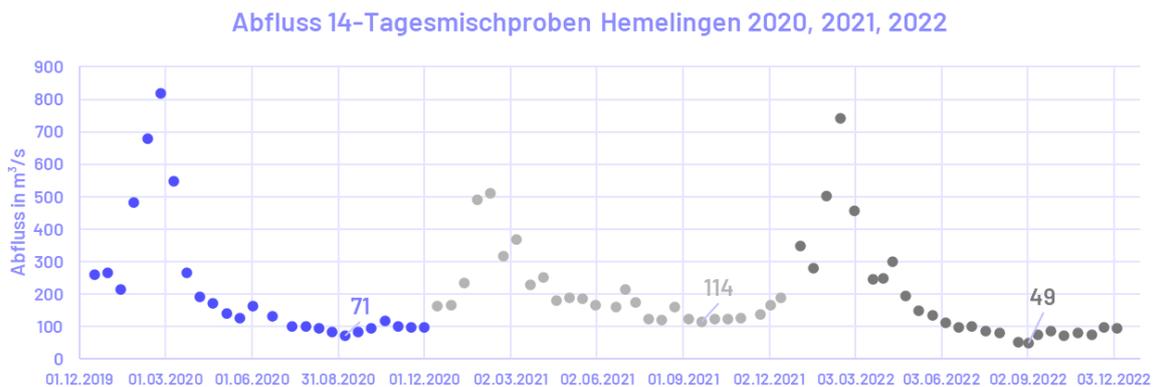


Abbildung 37: Abflusstemperatur Weser für 2020 bis 2022²

¹Quelle: https://undine.bafg.de/weser/quetemesstellen/weser_mst_hemelingen.html
<https://umwelt.bremen.de/umwelt/wasser/oberflaechengewaesser/gewaesserguete-29264>, (abgerufen am 22.5.2024)

²Quelle: https://undine.bafg.de/weser/quetemesstellen/weser_mst_hemelingen.html
<https://umwelt.bremen.de/umwelt/wasser/oberflaechengewaesser/gewaesserguete-29264>, (abgerufen am 22.5.2024)

Auslegung von Flusswärmepumpen

Bei einer Auslegung der Wärmepumpe auf 5 % des mittleren Niedrigwasserabflusses und 5 K Auskühlung würde für die Wärmepumpe eine thermische Leistung von 110 MW_{th} resultieren. Allerdings würde die Wärmepumpe durch die Temperaturbegrenzungen häufig mit geringerer Leistung (Januar bis März) oder gar nicht (phasenweise im Dezember oder Januar) betrieben (vgl. $Q_{\text{aus,theo}}$ in Abbildung 38). Dieser Betrachtung liegen die Temperaturzeitreihen aus dem Jahr 2022 zugrunde. Um die Wärmepumpe besser auszulasten, wird ihre Auslegung so reduziert, dass die unteren 80 % der Zeitreihenwerte für die theoretisch abgreifbare Leistung (80 %-Quantil) abgedeckt werden. Dies führt zu einem Potenzial von bis zu 70 MW_{th} für die Auslegung der Wärmepumpe und mit 6 070 Vollbenutzungsstunden zu einer guten Auslastung über das Jahr ($Q_{\text{aus,real}}$ in Abbildung 38). $Q_{\text{aus,real}}$ beschreibt hierbei die Wärmeleistung, die zur Wärmeerzeugung des Netzes genutzt werden kann. Diese setzt sich zusammen aus dem Wärmeentzug aus dem Fluss $Q_{\text{ein,real}}$ und der der Wärmepumpe zugeführten elektrischen Leistung $P_{\text{ein,real}}$.

Ein Wartungszeitraum von drei Wochen wird im Juli berücksichtigt. Diese Annahme orientiert sich am üblichen Vorgehen der Fernwärmebetreiber, die Wartung der Erzeugeranlagen im Sommer durchzuführen, wenn der Wärmebedarf im Fernwärmenetz gering ist. Im Fall der Flusswärmepumpe ist aber auch ein Wartungszeitraum im Winter denkbar, wo sie aufgrund der kalten Flusstemperaturen ohnehin nicht in Betrieb ist. Dieser Zeitraum ist jedoch nicht konstant und variiert mit der Außentemperatur.

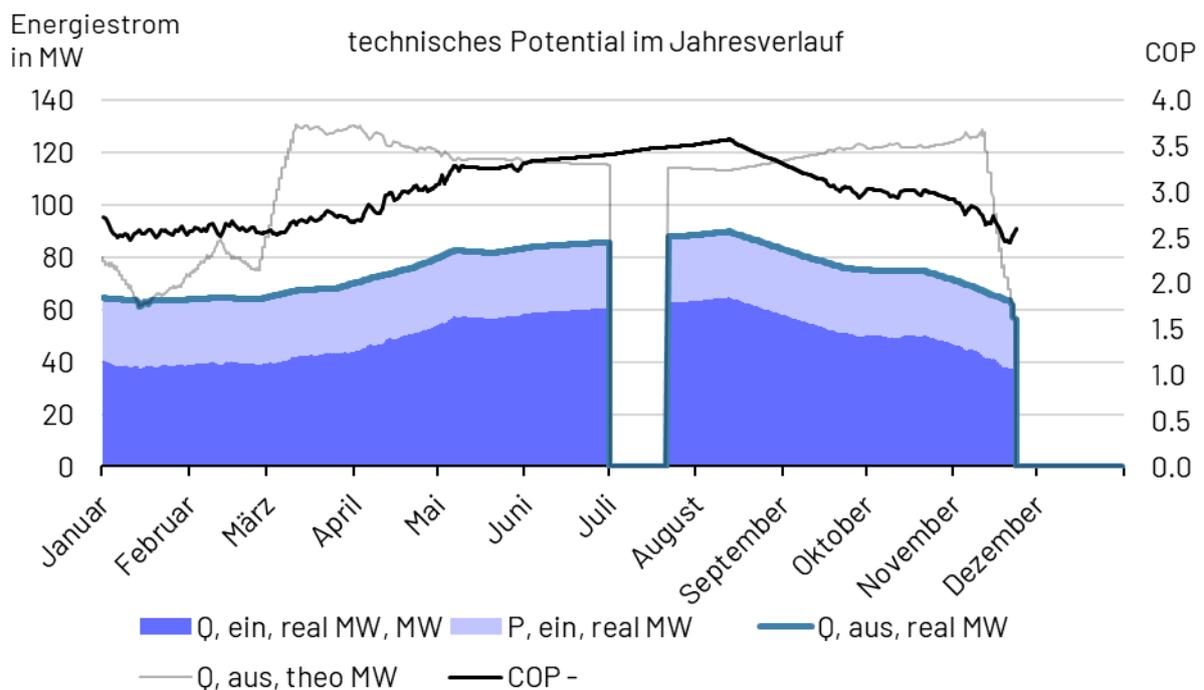


Abbildung 38: Technisches Potenzial einer Flusswärmepumpe an der Weser

In folgender Tabelle sind das thermische Potenzial und weitere Kernergebnisse der Betrachtung der Flusswärmepumpe zu sehen. Die angegebene Leistung von 70 MW ergibt sich bei einer Was-

sertemperatur von 10 °C. Aus dem Jahresverlauf der Wärmeerzeugung ist zu sehen, dass die Wärmepumpe im Sommer bis zu 90 MW liefern kann. Das liegt an höheren Flusswassertemperaturen und niedrigeren Fernwärmeverlauftemperaturen.

Tabelle 19: Potenzial und Kernergebnisse der Betrachtung der Flusswärmepumpe

Auslegungsvolumenstrom	Vollbenutzungsstunden (Bezug maximale Leistung)	Strombedarf pro Jahr	Thermische Nennleistung (bei 10 °C Wassertemperatur)	Wärmeerzeugung pro Jahr
in m ³ /s	in h/a	in GWh/a	in MWth	in GWh/a
3,9	6.130	184	70	550

Genehmigungsrechtliche Hinweise

Bei der Potenzialermittlung wurden die folgenden genehmigungsrechtlichen Randbedingungen nicht berücksichtigt. Diese können das Potenzial der Flusswärmepumpen deutlich beeinflussen.

- Je Gewässerabschnitt beträgt der Gesamtentzug der Weser maximal 3 K, bezogen auf den Referenzabfluss der Weser (HIC, 30.7.2021). Dies muss zum Zeitpunkt der Installation geprüft werden, da davon ausgegangen werden kann, dass die Installation von Flusswärmepumpen an Flüssen – auch am Oberlauf der Weser – zunehmen wird.
- Die Wasserbehörde wies in den Abstimmungsgesprächen auf mögliche Auswirkungen der Kälteeinleitung auf die Gewässerökologie und auf die Wanderbewegungen der Fische hin. Diese Fragestellung ist wasser- und naturschutzfachlich zu klären. Die Wasserbehörde und das Referat Wärmewende der Stadt Bremen planen hierzu die Beauftragung eines entsprechenden Fachgutachtens.

Weitere Gewässer

Die Lesum entsteht etwa 10 km vor ihrer Mündung aus den beiden Quellflüssen Hamme und Wümme. Sie hat ein Einzugsgebiet von 2 190 km². Im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch für das Weser- und Emsgebiet wird das arithmetische Mittel aller Tageswerte der Abflüsse (kurz MQ) mit 9,81 m³/s angegeben (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, 2015). Das arithmetische Mittel der niedrigsten Tageswerte der Abflüsse (kurz MNQ) liegt bei 2,38 m³/s. Unter den gleichen Prämissen wie oben beschrieben liegt das Potenzial bei circa 3 % von dem der Weser.

Unter der Annahme, dass sich die Lesum und die Ochtum nur in der Größe ihres Einzugsgebietes unterscheiden, kann mit dem Einzugsgebiet von 917 km² der Ochtum ein MQ von circa 4,1 m³/s und ein MNQ von circa 1 m³/s zugrunde gelegt werden. Das Potenzial entspricht somit 1 % des Potenzials der Weser.

Die Kleine Weser und der Werdersee sind ein Nebenarm der Weser und werden über ein Zulaufwerk aus der Weser gespeist. Sie haben eine Fläche von 54,5 ha und eine Tiefe von maximal 3 m (Freie Hansestadt Bremen, 2025). Grob geschätzt entspricht dies einem Volumen von 817 500 m³ bei einer vermuteten durchschnittlichen Tiefe von 1,5 m. Aufgrund von Temperaturmessungen am 28.8.2024 von der Wilhelm-Kaisen-Brücke in verschiedenen Tiefen kann von einer homogenen Temperatur im Gewässer ausgegangen werden. Mit einer Abkühlung von 1 K und der Vernachlässigung des sehr kleinen Zuflusses kann der Kleinen Weser und dem Werdersee theoretisch 948,3 MWh pro Jahr entzogen werden. Um den Zustand des Gewässers gewässerökologisch nicht zu verschlechtern, sollte die Wärme vor allem im Sommer entzogen werden und die natürliche Strömung beziehungsweise deren Ausbreitung durch die Temperaturverminderung gering gehalten werden.

In Anbetracht des deutlich größeren Potenzials der Weser wird die Wärmeerzeugung mithilfe einer Flusswasserwärmepumpe an diesen kleineren Gewässern nicht weiter untersucht.

4.3.3 Abwärme aus Kläranlagen

In Bremen werden zwei Kläranlagen vom Abwasserentsorgungsdienst hanseWasser Bremen GmbH (hanseWasser) betrieben. Die Messdaten zu Temperaturen und Abfluss der Kläranlagen Seehausen und Farge wurden von hanseWasser bereitgestellt. Das Potenzial ergibt sich aus dem verfügbaren Volumenstrom am Auslauf der Kläranlage, dessen Temperatur (jeweils im Jahresverlauf) und den möglichen Temperaturabsenkungen.

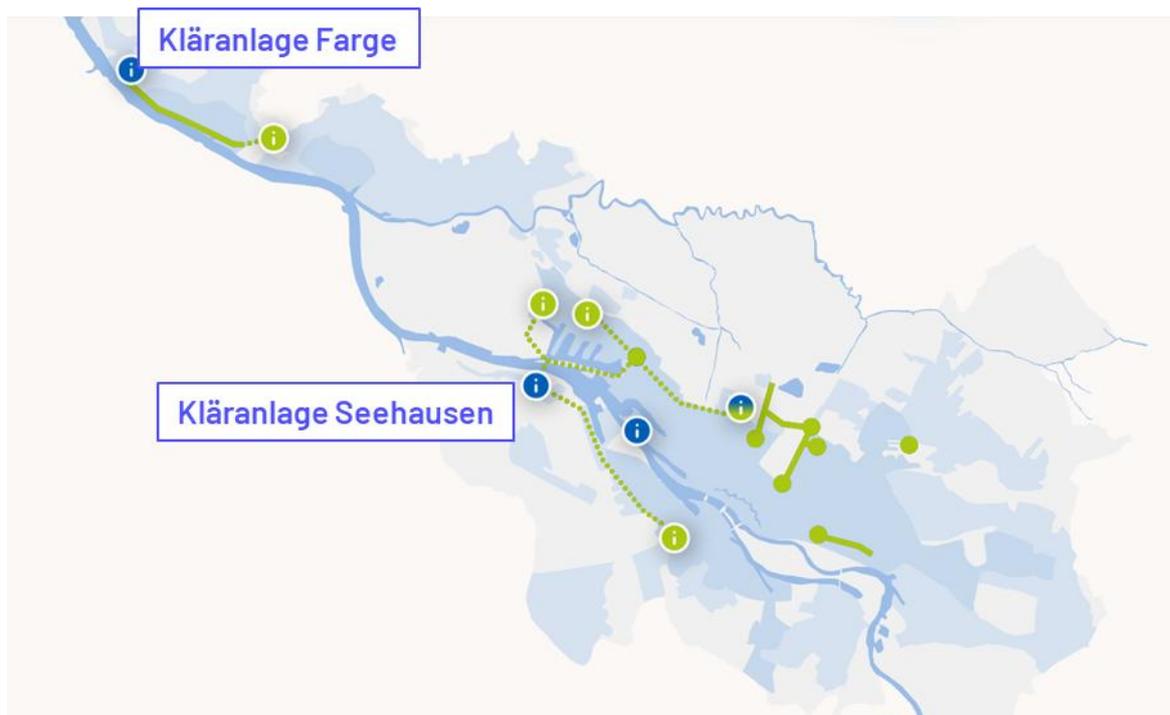


Abbildung 39: Standorte der Kläranlagen in Bremen

Zur Gewährleistung eines optimalen Betriebs der Wärmepumpe werden folgende Randbedingungen bei der Kalkulation angesetzt:

- Die minimale Entnahmetemperatur am Auslauf der Kläranlage beträgt 5 °C.
- Die maximale Auskühlung des Entnahmevolumenstroms wird auf 3 °C bei Einleitung in die Weser begrenzt.
- Die Abkühlung (Differenz) des Entnahmevolumenstroms bei Nennleistung beträgt 5,5 K.

Die Wärmepumpe wird darauf ausgelegt, die unteren 80 % der Zeitreihenwerte für die theoretisch nutzbare Leistung abzudecken (80 %-Quantil). Dies führt in der Kläranlage Seehausen zu 6 927 Vollbenutzungsstunden und in der Kläranlage Farge zu 6 800 Vollbenutzungsstunden. Diese entsprechen einer guten Auslastung der Wärmepumpe über das Jahr.

Mithilfe der potenziellen Netzfahrkurve, der Abwassertemperatur und des Abflusses kann das technische Potenzial bestimmt werden. Es wird für Seehausen in Abbildung 40 und für Farge in Abbildung 41 verdeutlicht. $Q_{\text{aus,real}}$ beschreibt hier die Wärmeleistung, die zur Wärmeerzeugung des Netzes genutzt werden kann. Diese setzt sich zusammen aus der Wärmeleistung $Q_{\text{ein,real}}$, die den Nachflutern entnommen wird, und der den Wärmepumpen zugeführten elektrischen Leistung $P_{\text{ein,real}}$. Das theoretische Potenzial $Q_{\text{aus,theo}}$ beschreibt die theoretische Leistung der Wärmepumpe ohne die Einschränkung der Auslegung auf das 80 %-Quantil. In diesem Fall könnte die Wärmepumpe mehr Leistung bereitstellen, würde allerdings häufiger in Teillast betrieben werden.

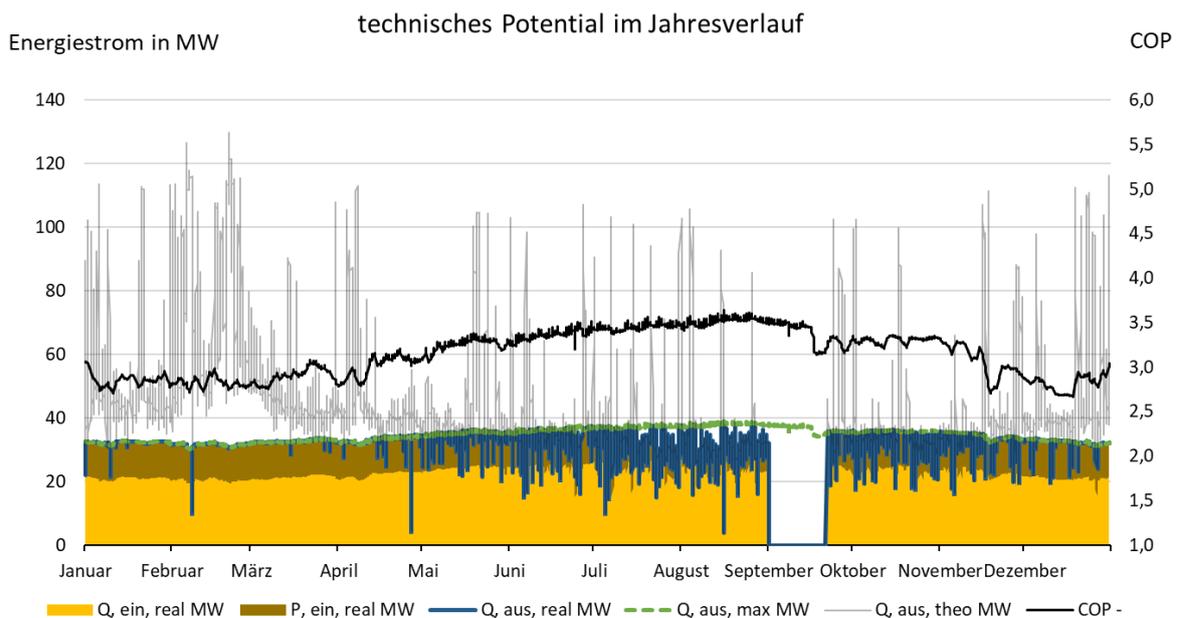


Abbildung 40: Technisches Potenzial einer Wärmepumpe am Auslauf der Kläranlage Seehausen

Ein Wartungszeitraum von drei Wochen wird sowohl in Seehausen als auch in Farge im September berücksichtigt. Außerhalb dieses Zeitraums können die Wärmepumpen durchgehend betrieben

werden, da die Wassertemperaturen selbst im Winter deutlich über 5 °C liegen. Das ist besonders für die Wärmebedarfsdeckung im Winter relevant.

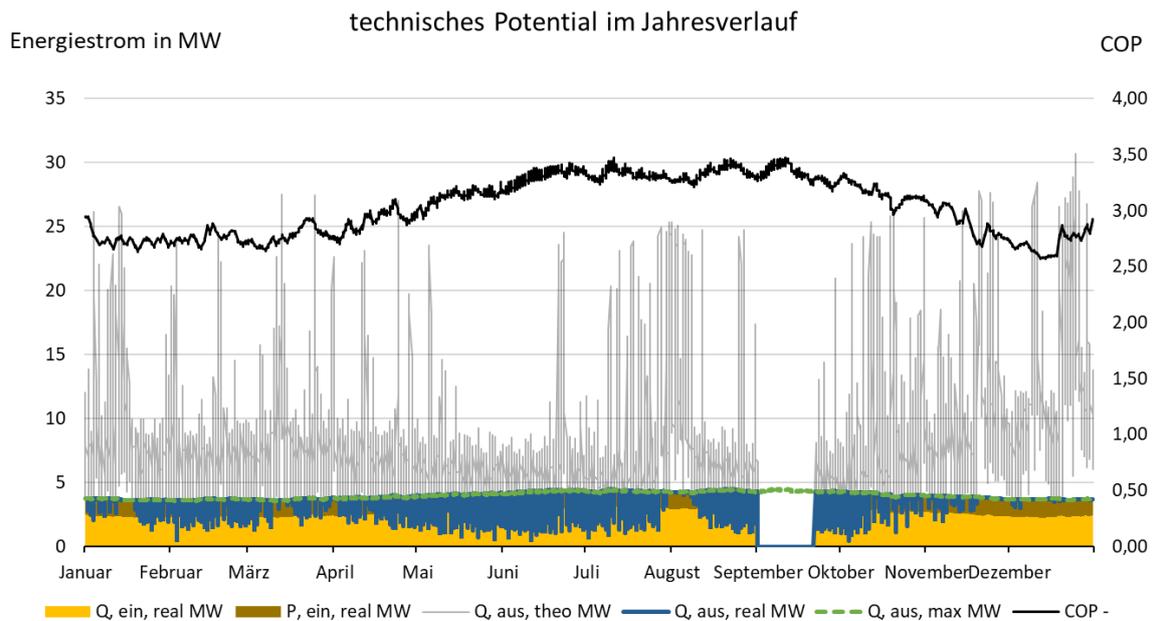


Abbildung 41: Technisches Potenzial einer Wärmepumpe am Auslauf der Kläranlage Farge

In folgender Tabelle ist das Ergebnis der Kalkulation abzulesen. Es zeigt sich, dass ein bedeutendes Potenzial in der Abwärmenutzung aus Abwasser liegt. Beide Kläranlagen gehören zur Gruppe der Großkläranlagen (Größenklasse 5).

Tabelle 20: Thermisches Potenzial durch Nutzung von Abwärme aus Kläranlagen

	Kläranlage Seehausen	Kläranlage Farge
Einwohnerwerte in EW	1.000.000	160.000
Auslegungsvolumenstrom in m ³ /s	0,96	0,12
Vollbenutzungsstunden in h/a	6.927	6.805
Strombedarf (pro Jahr) in MWh/a	68.099	10.235
Thermische Nennleistung (bei 10 °C Wassertemperatur) in MW _{th}	30,0	3,6
Wärmeerzeugung (pro Jahr) in GWh/a	268	31

Folgende Hinweise sind aus der Abstimmung mit hanseWasser als Abwassernetzbetreiberin und dem Umweltbetrieb Bremen als Abwassernetzeigentümer zu beachten:

- Die Nutzung der Abwärme aus Abwasser am Auslauf darf keine Auswirkungen auf den Betrieb der Kläranlagen haben.

- Aufgrund der wasserrechtlichen Betriebserlaubnisse für die Kläranlagen darf das geklärte Abwasser im Ablauf nicht durch technische Maßnahmen unter 12 °C abgekühlt werden (gemäß DWA-M 114:2020). Folglich sollte die Entnahme des geklärten Abwassers für die Wärmepumpe erst nach der Temperaturmessstelle erfolgen.
- Die Einleitung von ausgekühltem Wasser in die Weser soll hinsichtlich der Auswirkungen auf die Gewässerökologie gesondert geprüft werden (ähnlich wie die Nutzung der Wärme aus der Weser, s. o.).

4.3.4 Abwärme aus Abwasserpumpwerken und dem Abwasserkanalnetz

Von hanseWasser wurden Daten zum mittleren Trockenwetterabfluss (TW24) und zum Spitzenabfluss von 20 Mischwasser- und Schmutzwasser-Pumpwerken mit Trockenwetterfördermengen (Q_{TW24}) von über 10/(ha·a) l/s bereitgestellt. Die Wärmegewinnung aus Abwasserkanälen kann eine negative Auswirkung auf den Betrieb von Kläranlagen haben. Deshalb müssen bei der Potenzialermittlung technische und genehmigungsrechtliche Randbedingungen für den Betrieb von Kläranlagen berücksichtigt werden. In einer Stellungnahme von hanseWasser wurden folgende Randbedingungen formuliert:

- **Einhaltung von 12 °C am Auslauf der Kläranlagen.**

Kläranlagen sind nach DWA-A 131:2016 ausgelegt. Die Beckengröße für die Belebungsstufe (Eliminierung von Nährstoffen über biologische Prozesse) ist auf diese Temperatur ausgelegt. Gemäß DWA-A 131 muss die Stickstoffelimination nur bis zu einer Abwassertemperatur von $T = 12\text{ °C}$ gewährleistet sein. Entsprechend soll es nach DWA-M 114:2020 durch den Wärmeentzug zu keiner Erhöhung der Zeiträume unter 12 °C im Ablauf der Kläranlage kommen. Diese Temperatur ist eine erlaubnisrelevante Vorgabe für den Betrieb der Kläranlagen. Bei der Kläranlage Seehausen wurde in den Untersuchungen der hanseWasser eine Temperaturerhöhung vom Zulauf bis zum Ablauf von $\Delta T = 1\text{ °C}$ nachgewiesen. Folglich darf es durch den Betrieb der Abwasserwärmepumpen zu keiner Temperaturreduzierung unter 11 °C kommen, um die 12 °C am Auslauf einhalten zu können. Für die Kläranlage Farge liegen keine vergleichbaren Untersuchungen vor.

- **Maximale Temperaturabsenkung von 0,5 K im Zulauf der Kläranlage oder 16 °C Abwassertemperatur.**

Beim Wärmeentzug aus dem Abwasserkanal ist gemäß Merkblatt DWA-M 114:2020 eine Prüfung der Auswirkungen auf den nachgelagerten Abwasserreinigungsprozess erforderlich. Bei einer Temperaturabsenkung von 0,5 K im Zulauf der Kläranlage (0,5 K sind im Merkblatt als Bagatellgrenze definiert) wird davon ausgegangen, dass die Temperaturabsenkung keine wesentliche Beeinflussung des Abwasserreinigungsprozesses darstellt. Damit ist eine vereinfachte Prüfung möglich. Liegt die Temperaturabsenkung über der Bagatellgrenze von 0,5 K, so ist eine eingehende Beurteilung auf Grundlage der Arbeitsblätter DWA-A 198 und DWA-A 131 nötig. Bei $> 16\text{ °C}$ Abwassertemperatur hält hanseWasser einen solchen Nachweis für möglich.

Für einen nahezu ganzjährigen Betrieb der Abwasserwärmepumpen müssen folglich die maximale Auskühlung auf 11 °C und gleichzeitig die Bagatellgrenze von 0,5 K eingehalten werden. Aufgrund der fehlenden Messdaten zu Temperaturen im Kanalnetz oder in Pumpwerken wurden in der Studie die Temperaturdaten am Auslauf der Kläranlage Seehausen abzüglich 1 °C Erwärmung in der Kläranlage verwendet. Es zeigt sich, dass es Zeiträume gibt, in denen die Abwassertemperatur unter 11 °C liegt und somit kein Betrieb der Wärmepumpen im davorliegenden Kanalnetz in diesen Zeiten möglich ist (vgl. Abbildung 42). Das theoretische Potenzial bei der Begrenzung auf 11 °C Abwassertemperatur liegt bei 22 MW für alle Pumpwerke zusammen. In folgender Tabelle sind die Ergebnisse für alle Pumpwerke aufgelistet. Die jeweiligen Werte dürfen nicht als Gesamtpotenzial aufsummiert werden, da einzelne Pumpwerke hintereinandergeschaltet sind.

Tabelle 21: Thermisches Potenzial durch Nutzung von Abwärme aus Abwasser bei Pumpwerken (bei >16 °C Abwasser)

Pumpwerk	Nennleistung WP bei 16 °C Quelltemperatur in MW _{th}	Wärmemenge bei Abwassertemperatur >16 °C (Mai–November) in GWh/a
Findorff	8,4	33
Linkes Weserufer	4,5	17
Universität	2,5	10
Horn	2,3	9
Oslebshausen	1,7	7
Blumenthal	1,3	5
Huchting	0,9	4
Holter Feld	0,9	3
Krimpel	0,8	3
Uppe Angst	0,5	2
Rockwinkel	0,4	1,7
Vege sack	0,4	1,7
Lesum	0,4	1,7
Industriehafen	0,3	1,0
Hemelinger Hafen	0,2	0,8
Habenhausen	0,2	0,8
Arsten	0,2	0,8
Mahndorf	0,2	0,8
Schulkenstraße	0,1	0,5
GVZ	0,1	0,5

Nach den Untersuchungen von hanseWasser würde jedoch die Bagatellgrenze von 0,5 °C bei der Kläranlage Seehausen bereits bei 2,8 MW_{th} erreicht (hierbei ist die Wiedererwärmung im Kanalnetz nicht berücksichtigt). Ohne Berücksichtigung des Potenzials zur Wiedererwärmung im Kanalnetz ist das vorhandene Potenzial für die Projekte „Tabakquartier“ und „Spurwerk“ bereits verplant.

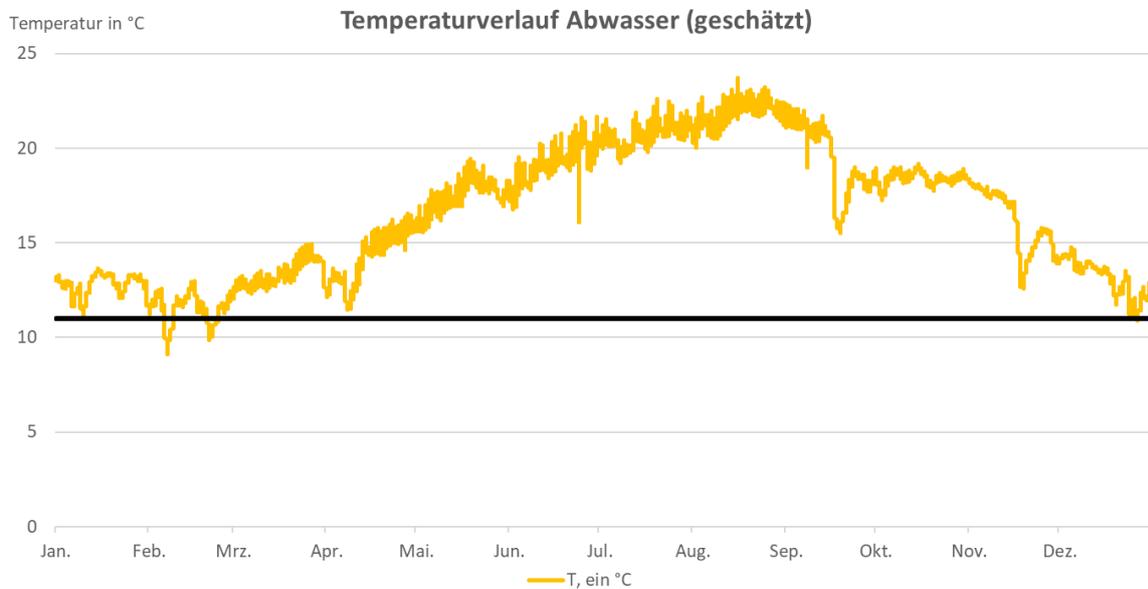


Abbildung 42: Temperaturverlauf Abwasser, abgeschätzt über die Temperaturen am Auslauf der Kläranlage Seehausen abzüglich 1 K Temperaturerhöhung durch die Kläranlage

Für die Kläranlage Farge gab es bisher keine konkreten Untersuchungen. Farge hat etwa 1/10 der Kapazität von Seehausen, sodass vereinfacht von 0,28 MW ausgegangen wird.

Tabelle 22: Thermisches Potenzial durch Nutzung von Abwärme aus Abwasser bei Pumpwerken

Einzugsbereich der Kläranlagen	Nennleistung WP in MW _{th}	Kommentar
Seehausen	2,8	Bereits verplant
Farge	0,28	Schätzung

Bei Abwassertemperaturen von über 16 °C ist es wahrscheinlich, dass auf Grundlage der Arbeitsblätter DWA-A 198 und DWA-A 131 keine wesentliche Beeinflussung des Abwasserreinigungsprozesses nachgewiesen werden kann. Diese Temperatur findet sich in den Monaten zwischen Mai und November. In diesen Zeiträumen sind jedoch andere Wärmequellen, wie zum Beispiel Flusswärmepumpen oder Wärmepumpen am Auslauf der Kläranlagen, attraktiver, so dass Wärmepumpen im Abwassernetz nicht als Haupterzeuger für Wärmenetze in Bremen empfohlen werden.

4.4 Oberflächennahe Geothermie

Als weitere Option für die regenerative Wärmeversorgung wurde die Nutzung von Erdwärmesonden als Wärmequelle betrachtet. Für Nutzung im Zusammenhang mit Wärmenetzen wurde nach geeigneten Flächen im Stadtgebiet gesucht und das Potenzial beispielhaft für das in Kapitel 6.4 beschriebene Nahwärme(erweiterungs-)gebiet Huchting/Sodenmatt berechnet. Weitere Optionen ergeben sich durch die Nutzung des öffentlichen Verkehrsraums oder für dezentrale Wärmepumpen zur Versorgung einzelner Gebäude.

4.4.1 Erdwärmesondenanlagen auf Freiflächen

Flächenfindung

Zur Identifizierung potenziell geeigneter Flächen für die Errichtung von Erdwärmesondenfeldern für Nahwärmenetze wurden verfügbare Geodaten systematisch ausgewertet. Auf dieser Basis wurde eine Positivauswahl definiert, die verschiedene Flächenarten enthält, für die eine Nutzung für Erdwärmesondenfelder grundsätzlich denkbar ist. In der Regel stehen die Flächen nach der Errichtung des Sondenfelds wieder für die ursprüngliche Nutzung zur Verfügung. Ausnahmen sind landwirtschaftliche Ackerflächen, weil die Einbauten bei Erdwärmesondenfeldern so nah an der Oberfläche liegen, dass die Ackerflächen nicht mehr wie zuvor nutzbar sind.

Außerdem wurden Ausschlussgebiete mit Flächenarten ermittelt, deren Nutzung für Erdwärmesondenfelder mit großer Wahrscheinlichkeit nicht geeignet sind.

Tabelle 23: Freiflächenfindung für zentrale oberflächennahe Geothermie: Zuordnung der Flächenkategorien

Positivauswahl	Ausschlussgebiete
Unland: vegetationslose Fläche & naturnahe Fläche ³	Wald, Gehölz, Baumbestand ⁸
Grünland ⁸	Friedhöfe ⁸
Spielfeld ⁸	Kleingartenanlagen ⁸
Grünanlage ⁸	Gewässer, Moore ⁸
Parkplatz ⁸	Flächen mit Altablagerungen ⁴

³ Quelle: ATKIS Basis-DLM, Landesamt Geoinformation Bremen, Stand Juni 2024, <https://metaver.de:443/trefferanzeige?docuuid=265E2B65-66DB-4B17-AB29-FAFC8C9B6150&lang=de>

⁴ Quelle: Altablagerungen im Land Bremen, Referat 24: Bodenschutz und Altlasten, Stand April 2024, <https://metaver.de:443/trefferanzeige?docuuid=4B655FC5-2219-4848-85D1-89B4EC770DF6&lang=de>

Positivauswahl	Ausschlussgebiete
Festplatz ⁸	Wasserschutzgebiete Kat. II, IIIa, IIIb ^{5,6}
Vegetationsmerkmal Gras ⁸	Naturschutzgebiete ⁷
	Geschützte Biotope ⁸
	Flora-Fauna-Habitat Gebiete ¹²
	Vogelschutzgebiete ¹²

In Tabelle 23 findet sich die Zuordnung der Flächenkategorien. In Abbildung 43 sind sowohl die geeigneten Flächen als auch die Ausschlussgebiete in einer Karte dargestellt. Über den Umfang dieser Untersuchung hinaus könnten bei der Flächensuche noch weitere Datenquellen berücksichtigt werden, wie zum Beispiel das Entseigelungskataster, das Baulückenkataster, die Bodenfunktionsbewertung oder die Innenentwicklungsstudie für Bremen.

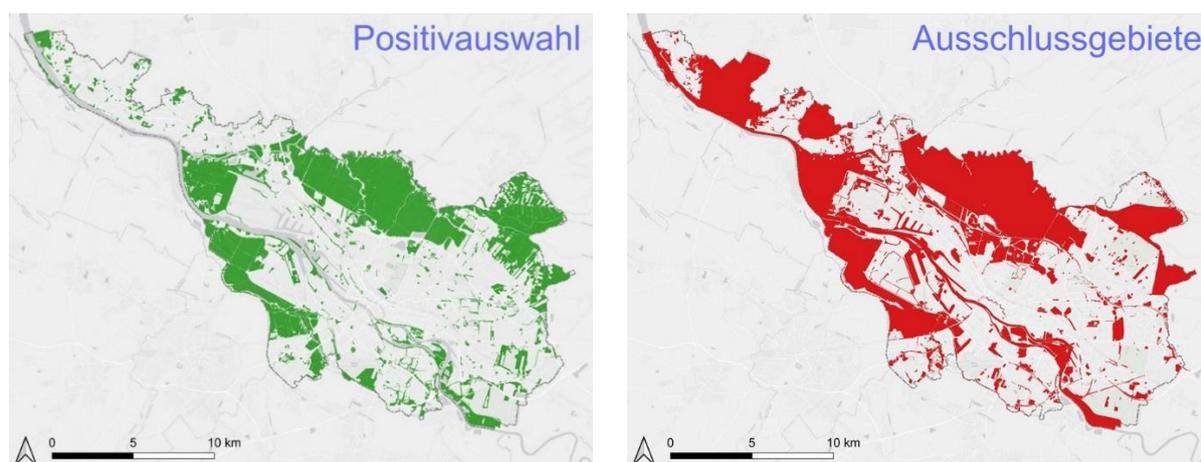


Abbildung 43: Positivauswahl (links) und Ausschlussgebiete (rechts) bei der Suche nach geeigneten Flächen für Erdwärmesondenfelder in Bremen

⁵In den Wasserschutzgebieten der Kategorie IIIa und IIIb ist die Inbetriebnahme von Erdwärmesondenanlagen nur mit Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit zulässig (Panteleit, Ortmann, & Langer, 2022). Diese Angabe bezieht sich jedoch auf Kleinanlagen. Von der Errichtung großer Erdwärmesondenfelder in Wasserschutzgebieten der Kat. IIIa und IIIb soll nach Angaben der Wasserschutzbehörde grundsätzlich abgesehen werden.

⁶Quelle: Wasserschutzgebiete im Land Bremen, Referat 33: Oberflächenwasserschutz, Kommunale Abwasserbeseitigung, Stand April 2024, <https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/srv/eng/catalog.se-arch#/metadata/D6415D3A-BAF4-42D2-AA57-CD4A5D7DFB20>

⁷Quelle: Schutzgebiete-Naturschutz Land Bremen, Referat 26: Naturschutz und Landschaftspflege, Stand April 2024, <https://www.metaver.de/trefferanzeige?plugid=/ingrid-group:ige-iplug-HB&docuuid=2729F451-978B-4AE0-90CB-67E3B26C716B>

⁸Quelle: Geschützte Biotope im Land Bremen, Referat 26: Naturschutz und Landschaftspflege, Stand April 2024, <https://www.metaver.de/trefferanzeige?plugid=/ingrid-group:ige-iplug-HB&docuuid=6BD0772F-59F6-488C-A63E-101C967DF461>

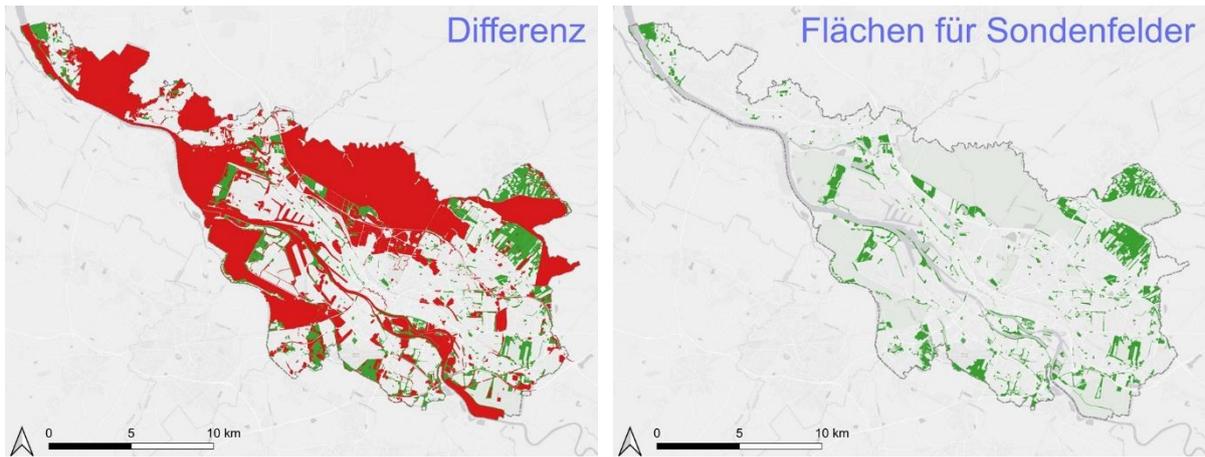


Abbildung 44: (links) Überlagerung von Positivauswahl und Ausschlussgebieten; (rechts) Flächen für Sondenfelder nach Verschneidung

Anschließend wurden die Flächen, die zu den Ausschlussgebieten gehören, von den Flächen der Positivauswahl abgezogen (vgl. Abbildung 44). Es wurde ein Puffer von 3 m zum Rand zusammenhängender Flächen abgezogen, um die Platzierung von Sonden direkt auf dem Grundstücksrand auszuschließen und sehr schmale Flächenfragmente nach der Verschneidung zu entfernen. Außerdem wurden zusammenhängende Flächen < 1.000 m² aus der Auswahl herausgenommen, da sich die von der Erschließungsgröße weitgehend unabhängigen Kosten sonst auf einen zu geringen Wärmeertrag verteilen.

Abbildung 45 zeigt das Resultat, aufgeschlüsselt nach Art der Fläche. Die Gesamtfläche beträgt etwa 2 993 ha. Allerdings ist dabei die räumliche Nähe zu bestehenden oder geplanten Wärmenetzen noch nicht berücksichtigt. Die Flächenauswahl kann als Anhaltspunkt bei der Planung neuer Nahwärmenetze dienen. Im Einzelfall müssen weitere Einschränkungen, beispielsweise durch Nutzungskonkurrenzen, Eigentumsverhältnisse, Fehlerfassungen oder Hindernisse auf den Flächen, überprüft werden.

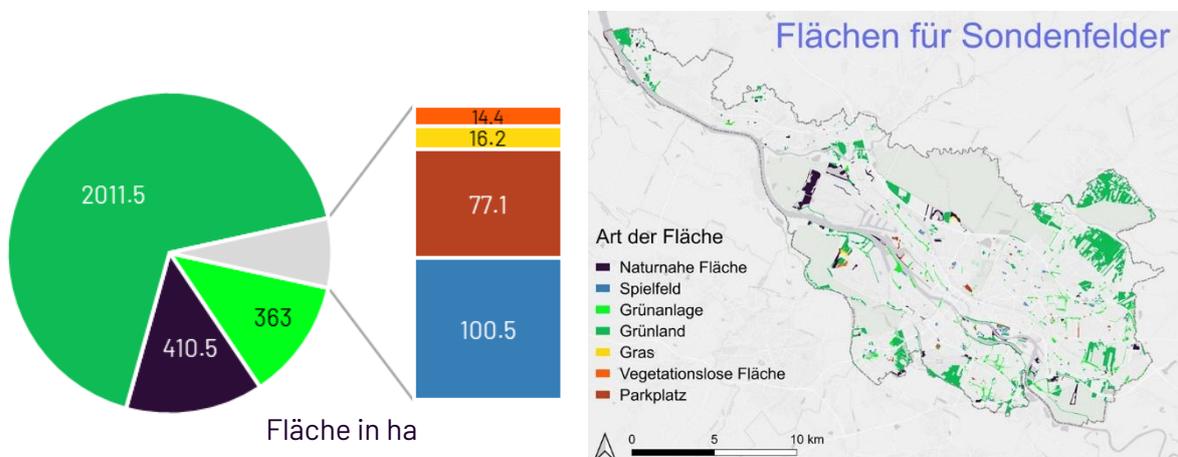


Abbildung 45: Flächen für Erdwärmesondenfelder im Stadtgebiet Bremen nach Art der Fläche

Potenzialermittlung am Beispiel Huchting/Sodenmatt

Für ein potenzielles Netzausbaubereich in Huchting/Sodenmatt im Süden der Stadt wurden Erdwärmesondenfelder als mögliche Wärmeversorgungsoption untersucht.



Abbildung 46: Freiflächen in einem Umkreis von 200 m um das potenzielle Nahwärmegebiet Huchting/Sodenmatt, Hintergrund: OSM (links), Digitales Orthophoto DOP20 (rechts)

In Abbildung 46 sind das Netzausbaubereich „Huchting/Sodenmatt“ und die Flächen dargestellt, die mit der oben beschriebenen Methode identifiziert wurden. Berücksichtigt wurden zunächst Flächen mit einem Abstand von weniger als 200 m zum Wärmenetz. Flächen, bei denen das Luftbild auf erhebliche Einschränkungen hinweist (z. B. vollständige Bedeckung mit Bäumen), wurden manuell aus der Auswahl herausgenommen. Die Besitzverhältnisse und die tatsächliche Nutzbarkeit der Flächen müssen im Einzelfall geklärt werden.

Auf den Flächen wurden mit einem Algorithmus möglichst viele Sonden mit einer Tiefe von 200 m und einem Abstand von 7,5 m zueinander platziert. Um mögliche Einschränkungen auf den Flächen zu berücksichtigen, werden 50 % der Sonden zufällig gelöscht. Das Wärmepotenzial wird unter Berücksichtigung der Untergrundbedingungen und der gegenseitigen thermischen Beeinflussung der Sonden mit einem analytischen Verfahren nach Miocic (2024) berechnet. Die bereitstellbare Wärmemenge mit den identifizierten Flächen liegt bei 2,8 GWh/a, ohne zusätzliche thermische Regeneration. Das entspricht ca. 15,5 % des zusätzlichen Wärmebedarfs für das Netzgebiet Huchting/Sodenmatt von 18 GWh/a.

Durch thermische Regeneration des Untergrunds kann die bereitstellbare Wärmemenge in den Wintermonaten deutlich erhöht werden. Dazu wird in den Sommermonaten Wärme über die Sonden in den Untergrund eingeleitet. Potenzielle Quellen dazu sind zum Beispiel unbedeckte Solarthermie-Kollektoren, Abwärme, Raumwärme oder Luftwärmetauscher. Bei ausgeglichener Wärmebilanz (Einspeisung = Entnahme) über das Jahr kann jede Sonde eines Sondenfeldes wie eine Einzelsonde belastet werden. Die gegenseitige thermische Beeinflussung der Sonden wird dann aufgehoben. Dadurch ließen sich große Teile des Wärmebedarfs des Nahwärmenetzes geothermisch decken.

4.4.2 Erdwärmesonden im öffentlichen Verkehrsraum

In stark verdichteten Gebieten, in denen weder auf den grundstückseigenen Flächen noch auf nahegelegenen Freiflächen in ausreichendem Umfang Erdwärmesonden platziert werden können, kann die Einbringung von Sonden in den öffentlichen Verkehrsflächen eine weitere Möglichkeit sein. Diesen Ansatz verfolgt aktuell die Genossenschaft ErdwärmeDich Anergienetze eG in verschiedenen Stadtteilen Bremens. Details dazu werden in Kapitel 6.6 erläutert.

In Bestandsgebieten liegen bisher wenig praktische Erfahrungen mit einem derartigen Konzept vor. Es sind weitere Untersuchungen zur technischen und wirtschaftlichen Realisierbarkeit notwendig.

4.4.3 Erdwärmesonden zur dezentralen Wärmeversorgung

Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS) als Wärmequelle sind auch für die dezentrale Wärmeversorgung eine Option. Zu berücksichtigen sind dabei die Untergrundeigenschaften und das Platzangebot auf den jeweiligen Grundstücken. Die entsprechenden Potenziale hierfür werden in Kapitel 5.2 erläutert.

4.5 Tiefe Geothermie

Von tiefer Geothermie spricht man ab einer Tiefe von mehr als 400 m, üblicherweise sind jedoch Tiefen von über 1 000 m mit Temperaturen größer 60 °C gemeint. Bergrechtlich ist die tiefe Geothermie ab 400 m definiert (BBergG § 3 Abs. 3 Satz 2 Nr. 2 (b)).

Nutzungssysteme der tiefen Geothermie sind vor allem hydrothermale Systeme, bei denen warmes oder heißes Wasser aus tiefen Aquiferen im Untergrund für die Wärmeversorgung genutzt wird. Dies erfolgt meistens über zwei Bohrungen (Förder- und Injektionsbohrung), um eine nachhaltige Nutzung des Thermalwassers zu gewährleisten. Die Bohrungen sind entweder Vertikalbohrungen an zwei unterschiedlichen Standorten oder zwei Schrägbohrungen mit einem Abstand im Reservoir von 1 bis 3 km. Neben den hydrothermalen Systemen können auch petrothermale Systeme oder tiefe Erdwärmesonden genutzt werden, wobei letztere im Prinzip der Nutzung der oberflächennahen Geothermie ähneln (Kapitel 4.4). Aufgrund der schwierigen wirtschaftlichen Nutzung werden diese hier nicht weiter beschrieben. Petrothermale Systeme nutzen die im Gestein gespeicherte Energie bei geringer Durchlässigkeit des Gesteins. Überwiegend wird tiefe Geothermie zur Wärmergewinnung verwendet. Sie eignet sich grundsätzlich aber auch zur Stromerzeugung und zur Wärmespeicherung.

Laut einem von der Geothermie Neubrandenburg GmbH im Jahr 2004 erstellten Gutachten können im Nordosten Bremens gelegene Sandsteine der Unterkreide für die hydrothermale geothermische Nutzung von Bedeutung sein. Im westlichen und südlichen Randsenkenbereich der Salzstruktur Lilienthal werden größere Speichermächtigkeiten und günstige petrophysikalische Eigenschaften für diese thermalwasserführenden Gesteinsschichten vermutet. Eine Tiefenbohrung von 2 500 bis 2 900 m wäre notwendig, um Thermalwasser mit einer Temperatur von 100 °C

zu erschließen. Bei einer angenommenen Förderung von 100 m³/h und Auskühlung auf 60 °C könnte eine Wärmeleistung von 4,5 MW_{th} erschlossen werden. Dafür wären zwei Bohrungen notwendig, eine, um das Thermalwasser zu fördern, und eine zweite, um es nach der Nutzung zurückzuführen.

Neben den beschriebenen Strukturen könnte laut geologischem Gutachten der tiefer liegende mittlere Buntsandstein zur Gewinnung von thermischer und elektrischer Energie genutzt werden, wofür jedoch höhere Investitionen zur Erschließung erforderlich wären. Das sedimentäre Rotliegend würde aufgrund des geringen Kenntnisstandes bezüglich der Nutzung nur mit großem Aufwand erschließbar sein. Für die Speicherung von Wärme und Kälte eignen sich die sandigen Ablagerungen der Formationen Mitteloligozän und Eozän.

Im geologischen Gutachten werden Empfehlungen ausgesprochen. Diese umfassen zunächst die Prüfung und Erfassung des Energiebedarfs und darauf aufbauend eine standortkonkrete geologisch-technisch-wirtschaftliche Vorbereitung für die Wärmergewinnung. Sollte Energie (Wärme, Kälte) untertägig saisonal gespeichert werden, sei es ebenfalls notwendig, die Energiemengen zu erfassen und eine Studie durchzuführen. Zudem sollte laut Gutachten geprüft werden, ob bestehende und nicht genutzte Tiefenbohrungen nachträglich für Geothermie genutzt werden könnten.

Parallel zu der Erstellung des Wärmeplans wird das Projekt „Optionen zur Nutzung mitteltiefer und tiefer Geothermie in der kommunalen Wärmewende in der Metropolregion Nordwest“ durchgeführt. Das Projekt wird von der Metropolregion Nordwest gefördert. Projektträger ist die Gemeinde Ritterhude. Im Rahmen des Projektes werden zwei Fallstudien durchgeführt, von denen eine auf das Stadtgebiet Bremen entfällt. Anhand der Fallstudien soll ein Handlungsleitfaden erarbeitet werden. Im Fokus des Projektes steht insbesondere der Salzstock Lesum.

Das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) hat der Gemeinde Weyhe die Erlaubnisfelder Hemelingen und Weyhe zugeteilt. Die Erlaubnisfelder liegen zum Teil auf bremischem Gebiet. Das von der Gemeinde Weyhe bereitgestellte Gutachten (erstellt von Fraunhofer IEG) weist darauf hin, dass „mitteltiefe hydrothermale Systeme bis zur Basis Kreide in 1 600 m Tiefe ... eine gute geologische Erfolgswahrscheinlichkeit bei vergleichbar gutem thermischen Leistungsertrag“ zeigen. Sowohl bei der Analyse der Potenziale als auch bei einer möglichen späteren Erschließung könnten Synergiepotenziale für Bremen und die Gemeinde Weyhe bestehen. Die Gemeinde Weyhe hatte Anträge zur Aufsuchung von Erdwärme gestellt und die Erlaubnis erhalten.

4.6 Grundwasser

Grundwasser bietet sich als Wärmequelle an, da die Temperatur im Jahresverlauf nahezu gleichbleibend ist. Durch eine Wasser-Wasser-Wärmepumpe kann die Temperatur auf ein nutzbares Niveau gehoben werden.

Für die Erschließung oberflächennaher Grundwasserleiter für die Erzeugung von Wärme werden in der Regel mindestens zwei vertikale Brunnen benötigt. Über den Förderbrunnen wird das Wasser gefördert, bevor es nach der Abkühlung über den Schluckbrunnen in den Grundwasserleiter zurückgeleitet wird. Statt des Schluckbrunnens ist auch eine Versickerung möglich. Eine Ausnahme stellen Horizontalfilterbrunnen dar, bei denen mit einer Horizontalbohrung Brunnen gebohrt werden. Horizontalbrunnen bestehen aus einem geschlossenen vertikalen Rohr, das bis in die wasserführende Schicht reicht. Von dort kann durch horizontal verlegte Filterrohre Wasser einströmen. Bei einem größeren Wärmebedarf kommen entsprechend mehrere Brunnen zum Einsatz. Beim Betrieb dürfen die verschiedenen Brunnen sowie andere Anlagen sich weder thermisch noch hydraulisch beeinflussen.

Bei der Standortsuche ist der wasserrechtliche Rahmen (vor allem landesrechtliche Wasserhaushalts- oder Wassergesetze) zu beachten, welcher die sichere Trinkwasserversorgung, die Erhaltung von natürlichen Lebensgrundlagen, die Förderung regenerativer Energie und die Vermeidung von thermischem Einfluss auf benachbarte Anlagen sicherstellen soll. Indikationen zur Nutzbarkeit des Grundwassers als Wärmequelle ergeben sich mit Blick auf die wasserwirtschaftliche Eignung unter anderem aus der Karte für die Restriktionsbereiche für oberflächennahe Geothermie. Diese weist für Bremen überwiegend wasserwirtschaftlich günstige Bereiche aus, wie in der Abbildung 47 aus dem Leitfaden „Oberflächennahe Geothermie im Land Bremen“ ersichtlich wird (Panteleit, Ortmann, & Langer, 2022).

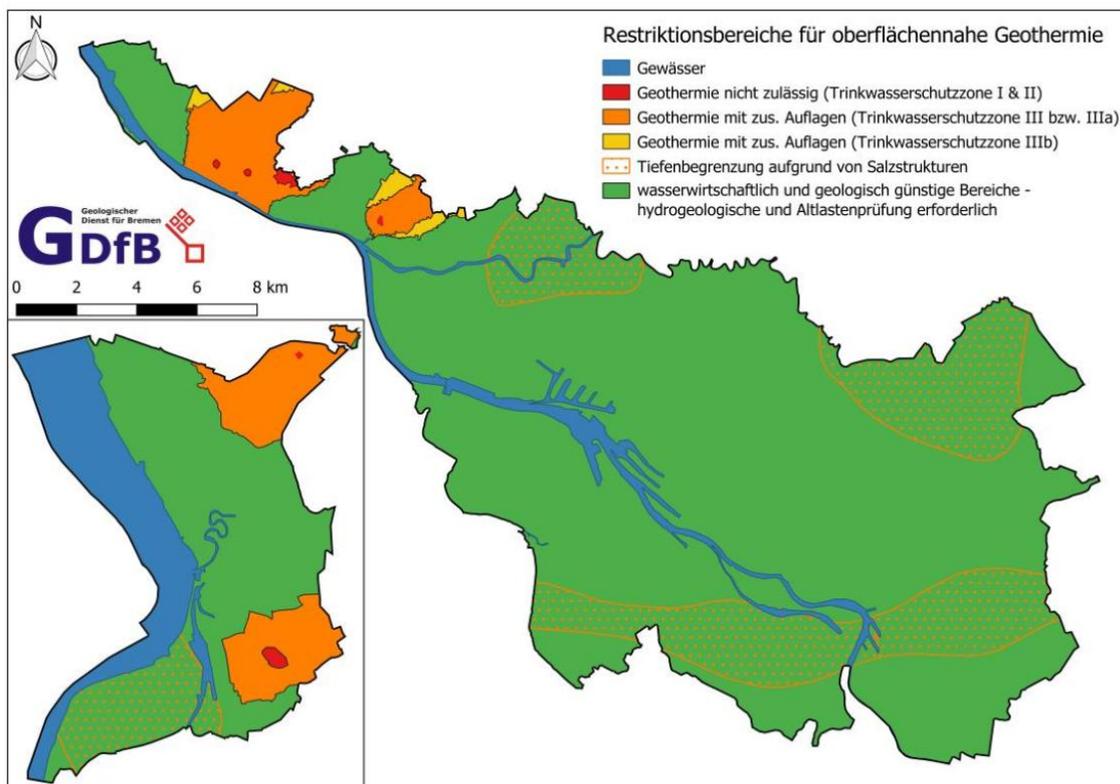


Abbildung 47: Restriktionen aufgrund von Wasserschutzgebieten und Salzstöcken aus dem Leitfaden „Oberflächennahe Geothermie im Land Bremen“

Zu den technischen Rahmenbedingungen zählen ein geeignetes oberstes Grundwasserstockwerk und die Beschaffenheit des Grundwassers. Vor allem eignen sich Porengrundwasserleiter (Sand, Kies) mit wenig Feinbestandteilen (Feinsand, Schluff, Ton) und einem geringen Grundwasserflurabstand mit großer Ergiebigkeit für Förder- und Schluckbrunnen. Die Beschaffenheit des Grundwassers sollte möglichst weich und sauerstoffreich sein.

Die maßgebliche Begrenzung für die Nutzung des Grundwassers zur Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen in Bremen ist der hohe Eisen- und Mangengehalt des Grundwassers, was den Betrieb von Brunnen und Pumpen durch die Ausfällung unmöglich macht. Als Grenzwert wird eine Konzentration von 1 mg/l empfohlen, welche fast überall überschritten wird, wie in Abbildung 48 zu sehen ist (Panteleit, Ortmann, & Langer, 2022). Dementsprechend liegt in der Nutzung des Grundwassers kein relevantes Potenzial zur Wärmeerzeugung.

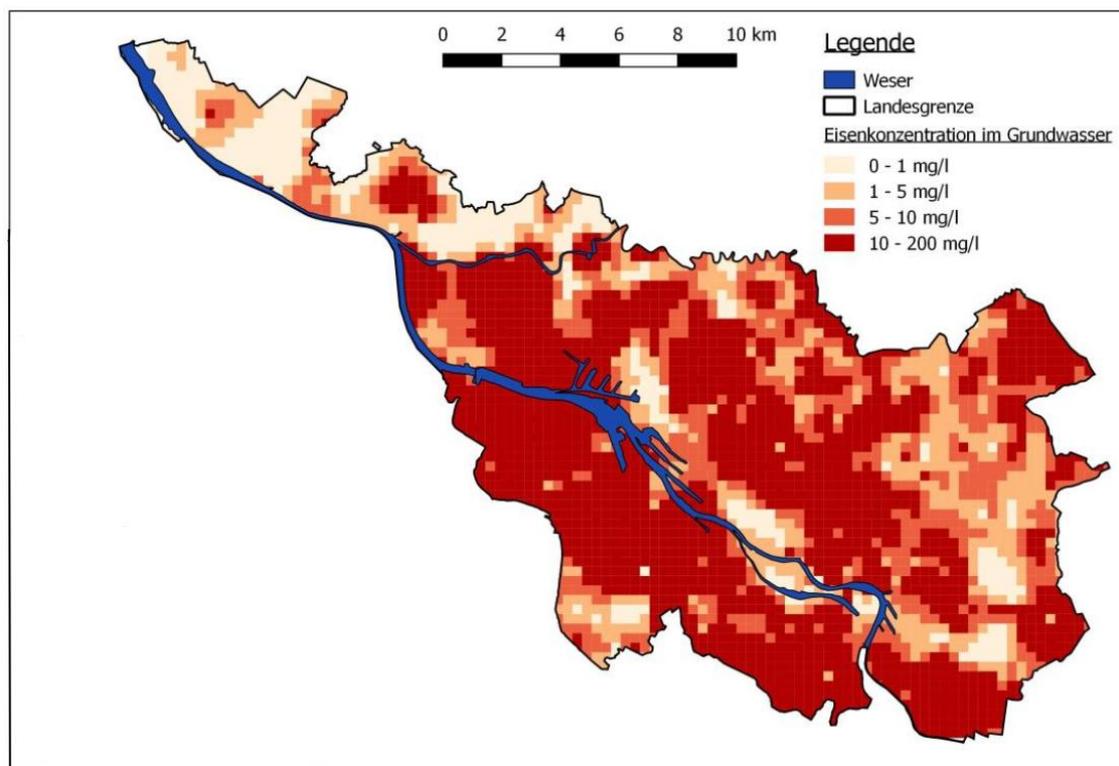


Abbildung 48: Natürliche Eisenkonzentrationen im Grundwasser in Bremen aus dem Leitfaden „Oberflächennahe Geothermie im Land Bremen“

4.7 Umgebungsluft

4.7.1 Nutzung der Luft als Wärmequelle zur zentralen Wärmeversorgung

Als Umweltwärmequelle kann ebenfalls die Umgebungsluft genutzt werden. Einschränkungen bestehen vor allem bei den möglichen Aufstellflächen und den aufgrund der Schallemissionen der Luftwärmepumpen einzuhaltenden Mindestabständen zu bebauten Gebieten.

Um das Potenzial für Luftwärmepumpen zu bewerten, wurden mehrere Hersteller angefragt. Da die Wärmepumpe das ganze Jahr über in Betrieb sein sollte, war es wichtig, Wärmepumpenmodelle auszuwählen, die in der Regel bis -20°C betrieben werden können. Bei der Einspeisung in Fernwärmenetze mit hohen Vorlauftemperaturen ist zu beachten, dass bei niedrigen Außentemperaturen Luftwärmepumpen eine sehr hohe Temperaturspreizung zwischen Wärmequelle und Wärmesenke überbrücken müssen. Daher ist es notwendig, einen zweistufigen Wärmepumpenkreis aufzusetzen. So können Luft-Wasser-Wärmepumpen einen Solekreis zunächst vorerwärmen und anschließend nutzt eine Booster-Wärmepumpe die Sole, um das Temperaturniveau auf die entsprechende Vorlauf-Zieltemperatur anzuheben.

Die Schallemissionen können dazu führen, dass Standorte in bebauten Gebieten unmöglich werden. In Wohngebieten betragen die Immissionsrichtwerte laut TA-Lärm außerhalb von Gebäuden in urbanen Gebieten 45 dB(A). Der Schalldruckpegel in dB(A) nimmt mit einer Verdopplung der Entfernung um 6 dB(A) ab. Zusätzlich zu den Anforderungen des Lärmschutzes werden für die Aufstellung circa 100 m² Fläche pro MW thermischer Leistung der Wärmepumpe benötigt.

Tabelle 24: Mindestabstände nach Schalleistungspegel und Gebietstyp. Berechnet nach Leitfaden Schall des BWP

Gebietstyp	Immissionsgrenzwert Nacht (22-6 Uhr)	Mindestabstand in m (bei Schalleistungspegel)		
	dB(A)	80 dB(A)	85 dB(A)	90 dB(A)
Industriegebiet	70	2,5	4,5	7,9
Gewerbegebiet	50	25,1	44,7	79,4
Urbanes Gebiet	45	44,7	79,4	141,3
Kern-, Dorf- & Mischgebiet	45	44,7	79,4	141,3
Allgemeines Wohngebiet	40	79,4	141,3	251,2
Reines Wohngebiet	35	141,3	251,2	446,7
Kurgebiet, Krankenhaus, Pflegeanstalt	35	141,3	251,2	446,7

Im Rahmen der Wärmeplanung erfolgte keine konkrete Standortsuche. Der Fokus liegt bei den zukünftigen Erzeugerportfolien auf einer technisch-wirtschaftlichen Abwägung. Details hierzu werden im Zielszenario erläutert (vgl. Kapitel 6.2 bis 6.4). Generell sind auch große Luftwärmepumpen eine geeignete Technologie für die Versorgung von Wärmenetzen in Bremen. Ihr Vorteil besteht darin, dass das Medium Luft überall verfügbar und leicht erschließbar ist. Insofern ist ihr technisches Potenzial sehr groß. Ein wesentlicher Nachteil sind die Geräuschemissionen, die dazu führen, dass neben freien Aufstellflächen auch ein hinreichender Abstand zur Bebauung benötigt wird. Deshalb ist im Einzelfall zu prüfen, wie die Lärmemissionen für die umliegenden Gebäude durch den Aufstellort, die Ausrichtung der schallemittierenden Anlagenteile und Schallschutzmaßnahmen reduziert werden können.

4.7.2 Nutzung der Umweltwärme Luft zur dezentralen Wärmeversorgung

Zur Ermittlung des nutzbaren technischen Potenzials von Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-Wärmepumpen) sind Schallimmissionsgrenzwerte zu berücksichtigen. Der zulässige Schallleistungspegel und der Beurteilungspegel können dafür in Anlehnung an den Leitfaden „Schall“ des Bundesverbands Wärmepumpe (Bundesverband Wärmepumpe e. V. (bwp), 2016), für jedes Gebäude berechnet werden. Die Optionen hierfür werden in Kapitel 5.1 erläutert.

4.8 Solarthermie auf Freiflächen und großen Dachflächen

Große solarthermische Anlagen sind eine bewährte Technologie, die mit geringem Hilfsenergiebedarf hocheffizient Wärme für Nah- und Fernwärmenetze zur Verfügung stellen können. Hierfür werden in der Regel Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren eingesetzt. Weniger üblich sind konzentrierende Systeme, welche Wärme auch auf höheren Temperaturniveaus bereitstellen können. Das Wärmeangebot solarthermischer Anlagen unterliegt tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen. Aus diesem Grund werden solarthermische Anlagen in der Regel mit Kurzzeit- oder Saisonspeichern kombiniert.

Voraussetzung für den Bau solarthermischer Freiflächenanlagen ist die Verfügbarkeit ausreichend großer Flächen in der Nähe von bestehenden oder geplanten Wärmenetzen. Je nach Standort und Auslegungsstrategie können durch solarthermische Anlagen etwa 350 bis 500 kWh je m² Bruttokollektorfläche und Jahr bereitgestellt werden. Der von Ausrichtung und Neigung der jeweiligen Fläche abhängige Flächenbedarf liegt im Allgemeinen zwischen 2 und 3 m² Grundfläche je m² Bruttokollektorfläche. So können beispielsweise auf einer Fläche von 2 000 m² zwischen 230 und 500 MWh/a Wärme bereitgestellt werden.

Das Umweltbundesamt gibt Handlungsempfehlungen für die Regional- und Kommunalplanung in Bezug auf die umweltverträgliche Standortsteuerung von Solarthermischen-Freiflächenanlagen (Günnewig, Johannwerner, Metzger, Kelm, & Wegner, 2022). Darin sind unter anderem Kriterien für die Eignung von Gebieten für solare Freiflächenanlagen definiert. Diese sind in drei Kategorien zusammengefasst und sollten bei der Flächenauswahl berücksichtigt werden: „Eher geeignete Gebiete und Gunstkriterien“, „Ungeeignete Gebiete und Ausschlusskriterien“ und „Kriterien mit besonderem Abwägungserfordernis“.

In einem Gutachten des Hamburg Instituts (HIC, 30.7.2021) wurden für das Bremer Stadtgebiet unter Berücksichtigung der Vorgaben von der Umweltbehörde zu Naturschutzbelangen Potenzialflächen mit einer Gesamtfläche von 86 ha identifiziert. Mit den oben beschriebenen Annahmen ergibt sich daraus ein Potenzial zur Wärmeherzeugung von etwa 100 bis 215 GWh/a.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Wärmeplans war parallel ein gesamtstädtisches Standortkonzept für Photovoltaik-Freiflächenanlagen in Arbeit. Die daraus resultierenden Erkenntnisse zu lokalspezifischen Bedingungen sind auch für die Standortsuche für solarthermische Anlagen relevant. Für Freiflächenphotovoltaik ermittelte Flächen können grundsätzlich auch zur Errichtung

von thermischen Solaranlagen genutzt werden. Nach Vorliegen des PV-Standortkonzeptes sollten die ermittelten Flächen zusätzlich auf eine Eignung für Solarthermie geprüft werden. Neben der Flächengröße ist dabei vor allem die Nähe zu einem Wärmenetz ein relevantes Kriterium. Im Zuge der Fortschreibung der Wärmeplanung und der Konkretisierung der Umsetzung von Erzeugerkonzepten für Wärmenetze sollten deshalb die Flächenverfügbarkeit sowie die technischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der Einbindung einer thermischen Solaranlage in die Wärmeversorgung im Einzelfall geprüft werden.

4.9 Biomasse

Die Potenzialanalyse für Biomasse erfolgte unterteilt nach deren stofflichen Qualitäten.

Biogut

Laut dem Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) von Januar 2022 sind im Jahr 2019 23 069 t getrennt gesammelte häusliche Bioabfälle (Biogut) im Land Bremen angefallen. Die spezifische Menge von 34 kg/Einwohner ist seit der ersten Erhebung im Jahr 2009 nahezu konstant geblieben.

Aus den Abfallbilanzen der Bremer Stadtreinigung (DBS) ergeben sich für das Jahr 2023 insgesamt 24 123 t Bioabfall (Die Bremer Stadtreinigung, 2023). Derzeit nutzen circa 35 % der Bremer Haushalte eine Biotonne. Diese wird laut einer Umfrage wenig für Gartenabfälle genutzt, was den Energiegehalt des Bioabfalls steigert, wie im Abfallwirtschaftskonzept 2022 beschrieben ist (Die Bremer Stadtreinigung, 2022). Der Bioabfall wird in der Bioabfallvergärungsanlage in Bohmte-Hunteburg (Niedersachsen) verwertet. Die Anlage besteht aus einer vorgeschalteten Vergärungsstufe mit anschließender Kompostierung. Aus dem entstehenden Biogas wird Strom erzeugt. Nach dem Bericht „BioRest“ des Umweltbundesamtes hat Biogut einen Heizwert von 3,1 bis 5,0 GJ/t Frischmasse (FM) über den Gasertragspfad und einen Wassergehalt von 60 % (Umweltbundesamt, 2019). Der Biogasertrag liegt bei 70 bis 170 Nm³/t FM, wobei tendenziell eher 80–120 Nm³/t erzeugt werden. Das Biogas hat einen Brennwert von 5,0–7,5 kWh/Nm³. Demzufolge liegt das Potenzial der Erzeugung von Biogas aus Biogut und der anschließenden energetischen Nutzung bei 8,3 bis 13,4 GWh pro Jahr.

Der mögliche Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs ist mit weniger als 1 % des gesamten Wärmebedarfs eher gering.

Gartenabfall

Nach den Abfallbilanzen 2023 der Bremer Stadtreinigung wurden 22 765 t Gartenabfälle erfasst (Die Bremer Stadtreinigung, 2023). Im Jahre 2023 wurden die Gartenabfälle komplett der Gartenabfall-Kompostierungsanlage der Kompostierung Nord GmbH, Bremen, zugeführt. Nach dem Bericht „BioRest“ liegt der Gasertrag bei krautigem Grüngut bei 60 bis 120 Nm³/t FM, wobei der Methananteil bei circa 55 % und der Wassergehalt bei 50 % liegt (Umweltbundesamt, 2019). Bezogen auf den Methananteil (Brennwert Methan 11,06 kWh/Nm³) liegt der Brennwert bei 365 bis

730 kWh/t FM. Bei einer energetischen Nutzung über den Gasertragspfad entspricht das 4,2 bis 8,3 GWh pro Jahr.

Über den Pfad der Verbrennung kann mit 2,2 bis 12,8 GJ/t FM, je nach Verteilung des krautigen und holzartigen Anteils, gerechnet werden. Dies entspricht einem theoretischen Potenzial von 7,0 bis 40,5 GWh pro Jahr. Öffentlich zugängliche Daten zum Anteil von krautigen und holzartigen Anteilen lagen nicht vor. Gegebenenfalls könnte über Stichproben eine Einschätzung zum jeweiligen Anteil entwickelt werden.

Nach § 6 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrWG) steht die stoffliche vor der energetischen Nutzung in der Abfallhierarchie, da Kompostierung dem Recycling zugeschrieben werden kann. Insofern ist das Recycling der energetischen Nutzung vorzuziehen. Je nachdem, ob der Gartenabfall eher krautartig oder holzartig ist, sollte im Falle einer energetischen Nutzung die Vergärung oder Verbrennung vorgezogen werden.

Der mögliche Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs ist mit weniger als 1 % des gesamten Wärmebedarfs eher gering.

Parkabfall

In der „Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland“ vom Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW) wird eine Menge von 36 000 t Grünschnitt pro Jahr im Land Bremen errechnet (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., 2014). Unter Grünschnitt können Garten- und Parkabfälle fallen. Über den Gasertragspfad entspricht dies theoretisch 1,58 Mio. Nm³ Methan (CH₄) und wirtschaftlich-technisch 1,41 Mio. Nm³ CH₄. Umgerechnet auf den Brennwert liegt das Potenzial daher bei theoretisch 17,42 GWh und technisch/wirtschaftlich bei 15,61 GWh pro Jahr.

Das Potenzial des Straßenbegleitgrüns von Autobahnen sowie Bundes-, Land- und Kreisstraßen beträgt für Autobahnen theoretisch 46 000 Nm³ CH₄, wirtschaftlich-technisch 9 000 Nm³ CH₄. Und für die anderen Straßen theoretisch 7 000 Nm³ CH₄, wirtschaftlich-technisch 1 000 Nm³ CH₄. Zusammen entspricht das wirtschaftlich-technische Potenzial einem Methan-Brennwert von 0,11 GWh pro Jahr.

Laut dem „Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern“ der Agentur für Erneuerbare Energien liegt ein Potenzial von 50,83 GWh für Bio- und Grünabfälle vor (Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (AEE), 2013).

In der Studie „Vom Bioenergiedorf zum Energiewendedorf“ wird das Potenzial der Garten- und Parkabfälle für die Stadt Bremen auf 28 852 t FM/a geschätzt (Bioenergiedörfer, 2022). Nach Abzug der Gartenabfälle, die von der Bremer Stadtreinigung verarbeitet werden (22 765 t) bleibt eine Schätzung von 6 087 t FM/a für Parkabfälle.

Über den Pfad der Verbrennung zur energischen Nutzung kann analog zum Gartenabfall mit 2,2 bis 12,8 GJ/t gerechnet werden. Dies entspricht einem theoretischen Potenzial von 1,9 bis 10,8 GWh pro Jahr.

Wie schon beim vorherigen Abschnitt über Gartenabfall beschrieben, ist nach der Abfallhierarchie in § 6 des KrWG eine stoffliche Nutzung der energetischen vorzuziehen.

Der mögliche Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs ist mit weniger als 1 % des gesamten Wärmebedarfs eher gering.

Tierische Exkrememente und Schlachtabfälle

Der DVWG führt in der „Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland“ für das Land Bremen verschiedene biogene Abfälle auf, aus denen Biogas erzeugt werden kann (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V., 2014). Daraus ergibt sich folgendes Potenzial:

Tabelle 25: Potenziale zur Wärmeerzeugung mit tierischen Exkrementen

Substrat	Menge in t (FM)	Theoretisches Potenzial in Mio. Nm ³ CH ₄	Technisch-wirtschaftliches Potenzial in Mio. Nm ³ CH ₄
Rindergülle	138.640	1,44	0,95
Schweinegülle	880	0,01	0,01
Geflügelgülle	50	0,01	0,005

Die Potenziale aus tierischen Exkrementen entsprechen insgesamt einem Brennwert von theoretisch 16,18 GWh und technisch-wirtschaftlich von 10,72 GWh pro Jahr.

Es fallen nach der Studie „Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland“ vom DVGW im Land Bremen 25 300 t in Biogasanlagen verwertbare Schlachtreste an. Aus denen können mit Hilfe von Biogasanlagen theoretisch 2,2 Mio. und wirtschaftlich-technisch 2,0 Mio. Nm³ CH₄ gewonnen werden. Dies entspricht bei einem Methan-Brennwert von 11,06 kWh/Nm³ folglich 22,12 bis 24,33 GWh pro Jahr.

Der mögliche Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs ist mit weniger als 1 % des gesamten Wärmebedarfs eher gering.

Biomethan BHKW

Das Potenzial der Abwärmenutzung von Biomethan-Blockheizkraftwerken (BHKW) wurde bereits im Kapitel 4.2.3 mit der Analyse der Daten aus dem Marktstammdatenregister betrachtet.

Übersicht der Biomassepotenziale

In der folgenden Tabelle sind die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Potenziale zusammengefasst.

Tabelle 26: Überblick über die energetischen Potenziale aus Biomasse

Potenzial	Unteres Potenzial in GWh/a	Oberes Potenzial in GWh/a	Bemerkung
Biogut	8,3	13,4	Zurzeit stoffliche Nutzung (laut DBS)
Gartenabfälle (Gaspfad)	4,2	8,3	Zurzeit teilweise stoffliche Nutzung (laut DBS)
Gartenabfälle (Verbrennung)	7,0	40,5	Zurzeit teilweise stoffliche Nutzung (laut DBS)
Parkabfall, Grünschnitt (Verbrennung)	1,9	10,8	Aktuelle Verwendung unbekannt
Tierische Exkremente	10,72	16,18	Aktuelle Verwendung unbekannt
Schlachtreste	22,12	24,33	Aktuelle Verwendung unbekannt

Die energetischen Potenziale von Biogut und Gartenabfällen, welche von DBS gesammelt und vorzugsweise der stofflichen Verwertung zugeführt werden, sind als gering einzuschätzen. Aufgrund der unzureichenden Datenlage kann das Potenzial von Parkabfällen, tierischen Exkrementen und Schlachtresten schwer eingeordnet werden. Sie könnten aber eine Ergänzung zu den bereits genutzten Potenzialen darstellen. Insgesamt ist der mögliche Beitrag zur Deckung des Wärmebedarfs mit circa 2 % des gesamten Wärmebedarfs eher gering.

4.10 Grüner Wasserstoff und andere synthetische Gase

Die swb unterstützt im Rahmen des Projekts „HyBit“ gemeinsam mit der EWE AG (EWE) den Stahlproduzenten ArcelorMittal Bremen (AMB) bei der Umstellung auf grüne Stahlproduktion. Zusätzlich wird am swb-Kraftwerk Mittelsbüren eine 10-MW-Elektrolyseanlage realisiert, welche rund 1500 t grünen Wasserstoff pro Jahr produzieren soll. Außerdem ist eine Trailerabfüllstation geplant, durch die regionalen Unternehmen die Nutzung des Wasserstoffs ermöglicht werden soll. Bei einem Brennwert von 39,4 kWh/kg entspricht dies einer Energiemenge von etwa 59 GWh/a.

Als Bestandteil des Wasserstoffkernnetzes wird von der Gasunie Deutschland Transport Services GmbH (Gasunie) unter dem Projektnamen „Hyperlink“ ein überregionales Wasserstoffnetz errichtet, welches internationale Importpunkte sowie inländische Erzeugungs- und Verbrauchspunkte

verbinden soll. Über Hyperlink 1 soll die Stadt Bremen angebunden werden. Die Inbetriebnahme ist ab 2027 geplant. Der Übergabepunkt befindet sich in Bremen-Mittelsbüren. Der Gasunie liegt von EWE bzw. swb ein Netzanschlussbegehren für den Raum Bremen mit einer Einspeiseleistung von circa 50 MW (5 000 t/a) vor. Dies entspricht einer Wärmemenge von circa 197 GWh/a.

Die Nutzung des Wasserstoffs ist nach aktuellen Erkenntnissen eher für die Umrüstung der Stahlproduktion oder für die zentrale Erzeugung von Wärme zur Einspeisung in ein Wärmenetz vorgesehen. Eine Verteilung von Wasserstoff zur dezentralen Wärmeerzeugung ist derzeit in Bremen nicht geplant (vgl. Kapitel 2.2).

4.11 Großwärmespeicher

Großwärmespeicher können eine wichtige Rolle in zukünftigen Wärmenetzen spielen, da sie die zeitliche Verzögerung zwischen Wärmeangebot und -nachfrage überbrücken können. Der zeitliche Versatz kann durch die Einbindung von erneuerbaren Energien und Abwärme auftreten, wenn diese weitgehend losgelöst vom zeitlichen Verlauf des Wärmebedarfs bereitstehen. Großwärmespeicher werden in langfristige (saisonale), mittelfristige (mehrere Wochen) und kurzfristige (mehrere Stunden oder Tage) Speicher unterschieden.

Neben der zeitlichen Komponente unterscheiden sich Wärmespeicher in ihrer Bauform. Die Bauformen sind in vier Typen unterteilt: Behälter-, Erdbecken-, Aquifer- und Erdsonden-Wärmespeicher. Die Behälter-Wärmespeicher bestehen meistens aus einem Stahlbetonbehälter, welcher mit Wasser gefüllt wird und entweder über oder unter Grund aufgestellt wird. Um die Wärmeverluste zu minimieren, sind die Behälter von außen gedämmt und haben eine zylindrische Form. Die Wärme wird in Wasser gespeichert. Das Wasser ist im Speicher nach Temperaturen geschichtet, indem dieser von oben be- und entladen wird und dabei unten kaltes Wasser entnommen beziehungsweise eingelassen wird. Um höhere Temperaturen zu speichern, werden sogenannte Druckspeicher eingesetzt – in Unterscheidung zu den drucklosen Speichern. Druckspeicher können für größere Volumina in Speicherkaskaden aufgebaut werden. Im Gegensatz zu den anderen Speichertypen wird weniger Fläche benötigt, und die Speicher können in der Nähe der Heizzentralen errichtet werden. Bei Behälter-Wärmespeichern handelt es sich um eine weitbekannte Technologie mit hoher Lade- und Entladekapazität und geringen Verlusten.

Erdbecken-Wärmespeicher werden entweder als große Erdbecken mit geringer Bautiefe oder als flächensparende Stahl-Beton-Tanks mit größerer Bautiefe ausgeführt. Nach oben sind die Erdbecken-Wärmespeicher mit einem schwimmenden, freitragenden oder aufliegenden, meist gedämmten Deckel abgeschlossen. Als Speichermedium dienen Wasser, Wasser-Kies-Gemisch oder Wasser-Erdreich-Gemisch. Die Wärme wird bis zu 95 °C drucklos gespeichert. Erdbecken-Wärmespeicher zeichnen sich durch signifikante Skaleneffekte und hohe Lade- und Entladekapazitäten aus. Der Flächenbedarf von Erdbecken-Wärmespeichern ist von der Beschaffenheit des Untergrunds abhängig, da dieser den möglichen Böschungswinkel beeinflusst. Bei Betrachtung von bereits gebauten Speichern kann für kleinere Speicher grob mit einem Speichervolumen von 2 m³/m² Fläche und bei großen mit circa 6,5 m³/m² Fläche für die reine Speicherfläche gerechnet werden. Unter der Annahme einer maximalen Temperaturdifferenz im Speicher von 80 K

können so theoretisch etwa 185 bis 555 kWh/m² Speicherkapazität errichtet werden. Erdbecken-Wärmespeicher werden in der Regel mit Wärmepumpen verbunden, welche die Entladung des Speichers unterstützen. Dadurch kann das untere Temperaturniveau abgesenkt und die Speicherkapazität dadurch angehoben werden.

Aquifer-Speicher nutzen vorhandene wassergefüllte Hohlräume im Gestein oder Grundwasserschichten, um Wärme meist saisonal zu speichern. Sie können nicht gebaut, sondern nur erschlossen werden (vgl. Kapitel 4.5). Da Aquifer-Speicher nicht gedämmt werden können, muss eine große Tiefe gewählt werden, um eine effiziente und eine verlustarme Speicherung zu gewährleisten. Grundsätzlich nimmt die Temperatur im Untergrund mit der Tiefe zu. Im Gegensatz zu den Erdbecken-Speichern ist der Flächenbedarf zwar geringer, aber die Kosten der Errichtung sind höher und mit dem Risiko verbunden, möglicherweise keine geeignete geologische Formation im Untergrund zu finden.

Erdsonden-Wärmespeicher speichern Wärme wie Aquifer-Speicher im Untergrund, jedoch nicht in so großen Tiefen und auf einem geringeren Temperaturniveau. Daher eignen sich Erdsonden-Wärmespeicher entweder für Netze mit niedrigeren Vorlauftemperaturen oder in Verbindung mit einer Anhebung der Temperatur, zum Beispiel durch eine Großwärmepumpe. Die Speicher bestehen aus Erdwärmesonden, die in Feldern angeordnet werden, nach oben gedämmt und mit einer Abdichtung sowie Überdeckung versehen sind. Erdwärmesonden sind vertikal oder schräg positionierte Wärmeleitungen im Untergrund, um diesen thermisch zu nutzen. Dort darf kein Grundwasser verlaufen, damit Wärmeverluste vermieden werden. Die Fläche über den Erdsondenfeldern kann weiter genutzt werden. Auf diese Weise kann eine große Speicherkapazität bei geringeren Kosten installiert werden. Potenzialflächen für Erdsondenfelder sind in Kapitel 4.4.1 beschrieben.

Eine Bewertung der Potenziale ist jeweils im Zusammenhang mit der kompletten netzgebundenen Wärmeerzeugung für ein betrachtetes Gebiet vorzunehmen, da sich die technischen und wirtschaftlichen Einsatzbedingungen eines Speichers aus dem jeweiligen Gesamtsystem ergeben. Hier spielt vor allem das gewählte Erzeugerportfolio eine maßgebliche Rolle. Insbesondere wenn die Erzeugung auf stark schwankenden Wärmequellen aufbaut (das kann z. B. bei industrieller Abwärme der Fall sein) oder der saisonale Erzeugungslastgang stark vom Wärmebedarfs-lastgang abweicht (z. B. bei der Solarthermie), können Großwärmespeicher eine maßgebliche Rolle im Zusammenhang mit der Versorgungssicherheit oder der Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung spielen.

Die mengenmäßigen Potenziale von Speichern hängen unter anderem von der Flächenverfügbarkeit oder der Nutzbarkeit des Untergrunds ab. Die Varianten Aquifer- und Erdsonden-Wärmespeicher sollten zusammen mit konkret geplanten Anlagen für tiefe oder oberflächennahe Geothermie geprüft werden, weil die technischen und genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen vergleichbar sind. Behälterspeicher benötigen dagegen weniger Grundfläche, aber es müssen baurechtliche Rahmenbedingungen bei der Standortwahl und idealerweise die Nähe zu bestehenden oder geplanten Wärmenetzen berücksichtigt werden.

4.12 Fazit zur Potenzialanalyse

In der Potenzialanalyse wurde zunächst die Wärmebedarfsentwicklung bis zum Zieljahr 2038 geschätzt. Anschließend wurden die Potenziale für erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme untersucht.

Für Bremen lagen bereits verschiedene Gutachten zur Wärmebedarfsentwicklung vor. Diese wurden mit eigenen Berechnungen von Qoncept Energy abgeglichen. Auf Basis dieses Vergleichs wurde im vorliegenden Gutachten das SPAR-Szenario von Fraunhofer IFAM verwendet (circa 2 %/a Sanierungsraten für Wohn- und Nichtwohngebäude, Sanierungstiefe von 50 %). Aus Sicht von Qoncept Energy ist dieses Szenario als optimistisch anzusehen. Es ergab sich für Wohngebäude eine Einsparung bis zum Zieljahr 2038 von etwa 21 % und für nicht Wohngebäude von etwa 17 %. Für die Industrie (ohne das Stahlwerk) wurden etwa 12,5 % berechnet.

Für die Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme bestehen in Bremen vielfältige Potenziale. Schwerpunkte, die später auch im Ausbauszenario für die Wärmenetze eine besondere Rolle spielen, sind Großwärmepumpen zur Nutzung an Flüssen und am Auslauf von Kläranlagen sowie die Abwärmenutzung aus der Müllverbrennung. Aber auch andere Potenziale können für die Entwicklung von Erzeugerkonzepten für Wärmenetze noch eine wichtige Rolle spielen. Hierzu gehören etwa die Abwärmenutzung aus zukünftig gegebenenfalls zu errichtenden Anlagen zur CO₂-Abscheidung oder zur Erzeugung von Wasserstoff, die Nutzung von Wasserstoff in zentralen Erzeugungsanlagen, große Luftwärmepumpen oder Erdwärmesondenfelder. Damit existieren für Wärmenetze selbst bei einem umfangreichen Ausbau erhebliche Potenziale zur Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeherzeugung.

Für die Versorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen ohne Wärmenetze können insbesondere Luft-Wasser- oder Sole-Wasser-Wärmepumpen eine maßgebliche Rolle spielen.

Insgesamt wurden in der Potenzialanalyse nicht nur vielfältige, sondern auch quantitativ sehr umfangreiche Quellen für die Versorgung Bremens mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme identifiziert. Diese zeigen in Bezug auf die ermittelte Wärmebedarfsentwicklung die Möglichkeit auf, den zukünftigen Wärmebedarf vollständig mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme zu decken. Damit besteht eine Grundlage, um in der Umsetzung für das jeweilige Wärmenetz konkret zu untersuchen, welche Potenziale aus technischen und wirtschaftlichen Gründen genutzt werden sollten.

5 Eignungsgebiete für dezentrale Wärmepumpen

Um Gebiete zu ermitteln, in denen dezentrale Wärmeversorgungskonzepte für eine dekarbonisierte Wärmeversorgung der Stadt Bremen umsetzbar sind, wurden verschiedene Wärmequellen zur Versorgung von Einzelgebäuden untersucht. Zu diesen gehörten Luft-Wasser-Wärmepumpen (L/W-WP) und Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS). Die Analysen erfolgten dabei gebäudescharf.

5.1 Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Einzelgebäudeversorgung

Als einschränkender Faktor für den Einsatz von L/W-WP wurde die Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben berücksichtigt. Die Methodik orientiert sich dabei an Greif (2023). Im Folgenden werden das Verfahren und die Resultate beschrieben.

5.1.1 Datengrundlage und Vorgehen

Die gebäudebezogene, jeweils notwendige Heizleistung wurde anhand der im Wärmeetlas angegebenen Wärmebedarfe über die typischen Volllaststunden des jeweiligen Gebäudetyps berechnet. Der Schallleistungspegel $L_{w,aeq}$ der L/W-WP lässt sich über den in Abbildung 49 gezeigten Zusammenhang bestimmen. Dabei wurden circa 1500 Datenpunkte zu leistungsabhängigen Schallleistungspegeln von L/W-WP zur Außenaufstellung in 27 Leistungsintervallen klassifiziert. Für alle Leistungsintervalle wurde jeweils das 5 %-Quantil bestimmt (rote Markierungen). Aus diesen Werten wurde ein gleitender Durchschnitt gebildet (blaue Markierungen).

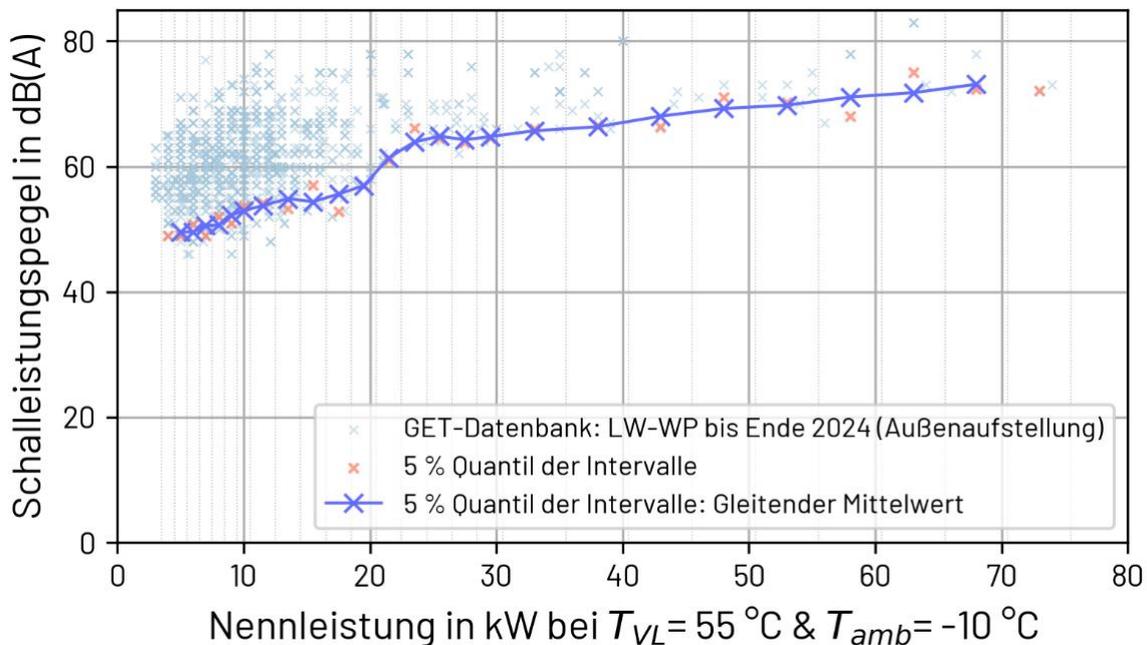


Abbildung 49: Zusammenhang zwischen der Schalleistung von L/W-WP und der Heizleistung, basierend auf Datenblattwerten aus der GET-Produktdatenbank (Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie, 2023). Die angesetzte Funktion orientiert sich an den emissionsärmsten Wärmepumpen der jeweiligen Leistungsklasse.

Nach dem Leitfaden „Schall“ des BWP gilt für den Mindestabstand s_m zum Nachbargebäude unter Einhaltung der Schallimmissionsschutzvorgaben:

$$s_m = 10^{\frac{L_{w,aeq} - L_r + K_T + K_0 - 11dB(A) + K_R + K_{Nacht} + K_{Irrelevanz}}{20}}$$

Die verwendeten Parameter sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Tabelle 27: Parameter zur Berechnung des notwendigen Mindestabstands zur Einhaltung der Immissionsschutzvorgaben

$L_{w,aeq}$	Schallleistungspegel der L/W-WP nach Herstellerangabe
L_r	Grenzwert für Schalleistungspegel; Annahme: 35 dB(A). Entspricht dem Grenzwert für reine Wohngebiete im Nachtbetrieb
K_T	Zuschlag für die Ton- und Informationshaltigkeit nach Herstellerangabe; Annahme: 0 dB(A)
K_0	Raumwinkelmaß aus der Aufstellungssituation; Annahme: 6 dB(A). Entspricht Aufstellung an einer Wand
K_R	Zuschlag für Zeiten mit erhöhter Empfindlichkeit (Tagbetrieb); Annahme: 0 dB(A)
K_{Nacht}	Annahme für Leistungsabsenkung von Wärmepumpen im Nachtmodus; Annahme: -2 dB(A)
$K_{Irrelevanz}$	Der Nachweis für die Gesamtbelastung entfällt, wenn die Wärmepumpe den maßgeblichen Immissionsrichtwert der TA Lärm um mindestens 6 dB(A) unterschreitet (sog. Irrelevanz-Wert); Annahme: 6 dB(A)

In folgender Abbildung ist der Zusammenhang zwischen Mindestabstand und Schalleistungsdruck der L/W-WP mit den vorher genannten Annahmen dargestellt.

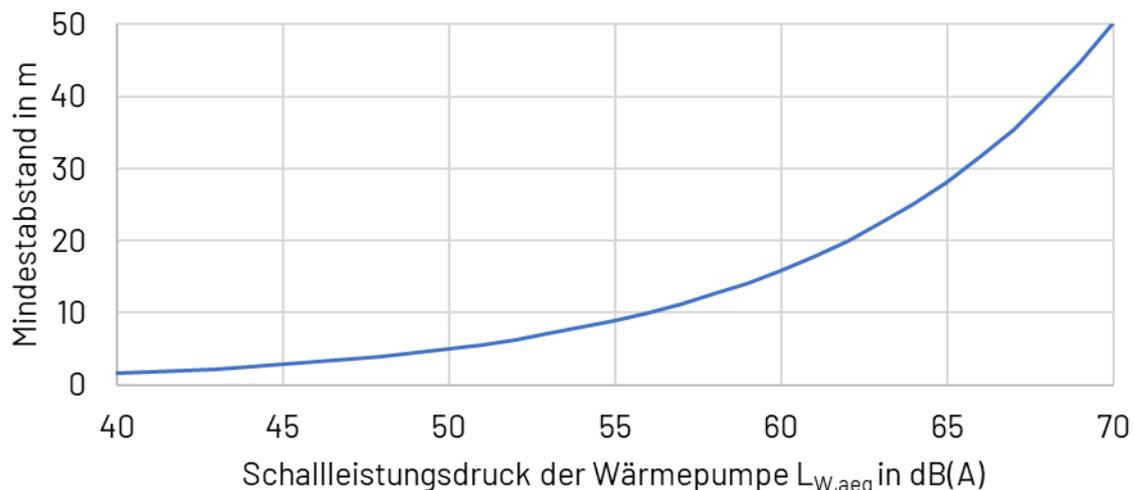


Abbildung 50: Mindestabstand zwischen L/W-WP und Nachbargebäuden zur Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben über dem Schalleistungsdruck der Wärmepumpe

Als möglicher Aufstellbereich für L/W-WP wird ein Ring mit mindestens 1 m und höchstens 3 m Abstand um das Gebäude und innerhalb des zugehörigen Flurstücks festgelegt. Wie in Abbildung 51 (links) gezeigt, wird ein Puffer mit dem vorher ermittelten Mindestabstand s_m um die benach-

barten Gebäude gelegt. Wenn eine Fläche von mindestens 1 m^2 für den Aufstellbereich nach Abzug der Puffer zur Verfügung steht, gilt das betreffende Gebäude als für die L/W-WP-Versorgung geeignet.

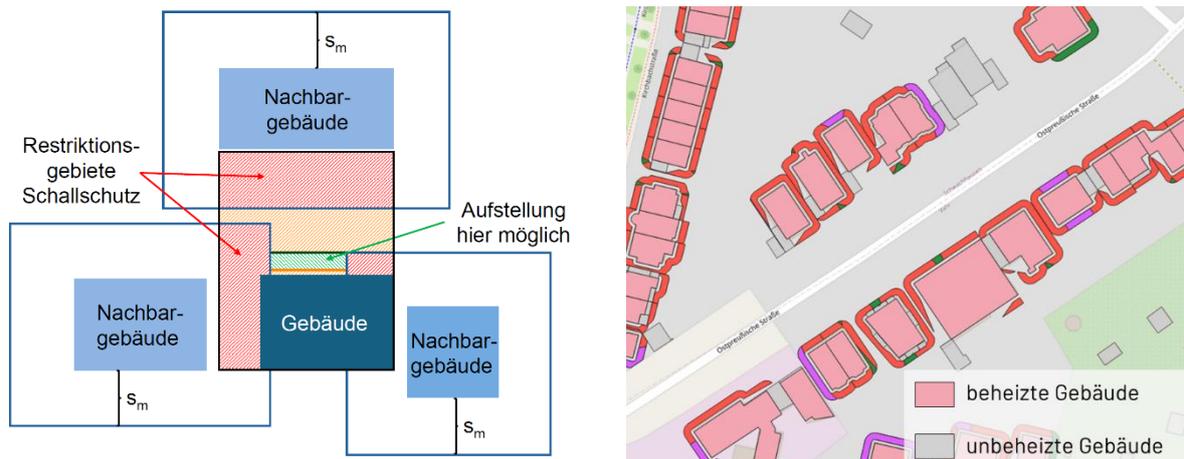


Abbildung 51: (links) Bestimmung des potenziellen Aufstellgebiets der L/W-Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Mindestabstände und der Einhaltung der Schallimmissionsgrenzwerte; (rechts) Ausschnitt aus dem Wärmeatlas – möglicher Installationsort der L/W-Wärmepumpe bei jetzigem Zustand des Gebäudes (violett) oder bei Sanierung (grün)

Bleibt von dem Aufstellbereich bei Berechnung der aktuellen Heizleistung keine ausreichend große Fläche nutzbar, wird die Wärmepumpenleistung iterativ so lange reduziert, bis ein geeigneter Aufstellbereich entsteht (bis zu einem minimalen Wert von 50 % der aktuellen Heizleistung). Das Resultat ist in Abbildung 51 (rechts) beispielhaft dargestellt. Die Methode vernachlässigt die Abschattung des Schalls durch das Gebäude selbst. Letzteres ist individuell zu prüfen.

Die Methode wurde unter verschiedenen Annahmen zum möglichen Einsatz von Schallschutzhauben mehrfach durchgeführt. Hierfür wurden drei Varianten berechnet:

- Variante 1: keine Schallschutzhaube
- Variante 2: Reduktion Schalleistungspegel durch Schallschutzhaube um 5 dB(A)
- Variante 3: Reduktion Schalleistungspegel durch Schallschutzhaube um 10 dB(A)

Durch den Einsatz von Schallschutzhauben können die nötigen Mindestabstände signifikant reduziert werden. Dies ist jedoch mit höheren Investitionskosten verbunden.

5.1.2 Ergebnisse

In Abbildung 52 ist der mit der zuvor beschriebenen Methode ermittelte Anteil des Wärmebedarfs der Stadt Bremen dargestellt, der über L/W-WP versorgt werden kann. Industrie- und große GHD-Unternehmen ($> 5 \text{ GWh/a}$) sind bei dieser und den folgenden Darstellungen nicht berücksichtigt, weil hier Prozesswärmebedarfe vermutet werden, die möglicherweise nicht mit Luft-Wärme-

pumpen gedeckt werden können. Der jeweils linke Balken zeigt den Anteil beim aktuellen energetischen Gebäudezustand. Der jeweils rechte Balken zeigt den Anteil, der sich nach einer Sanierung ergeben würde.

Zusätzlich werden die gleichen Potenziale nach dem Einsatz von Schallschutzhauben dargestellt. Das Ergebnis zeigt, dass die Nutzung von Schallschutzhauben das Potenzial signifikant beeinflusst. So kann bei Einsatz von Schallschutzhauben, die eine Schallreduktion um 10 dB(A) erreichen, theoretisch fast das gesamte Stadtgebiet mit L/W-WP versorgt werden. Im unteren Teil der Grafik wird die gleiche Systematik auf den Anteil versorgbarer Gebäude dargestellt. Da vor allem kleinere Gebäude mit LW/WP gut versorgt werden können und deren Anzahl größer ist, steigt in der Darstellung entsprechend der durch L/W-WP versorgbare Anteil.

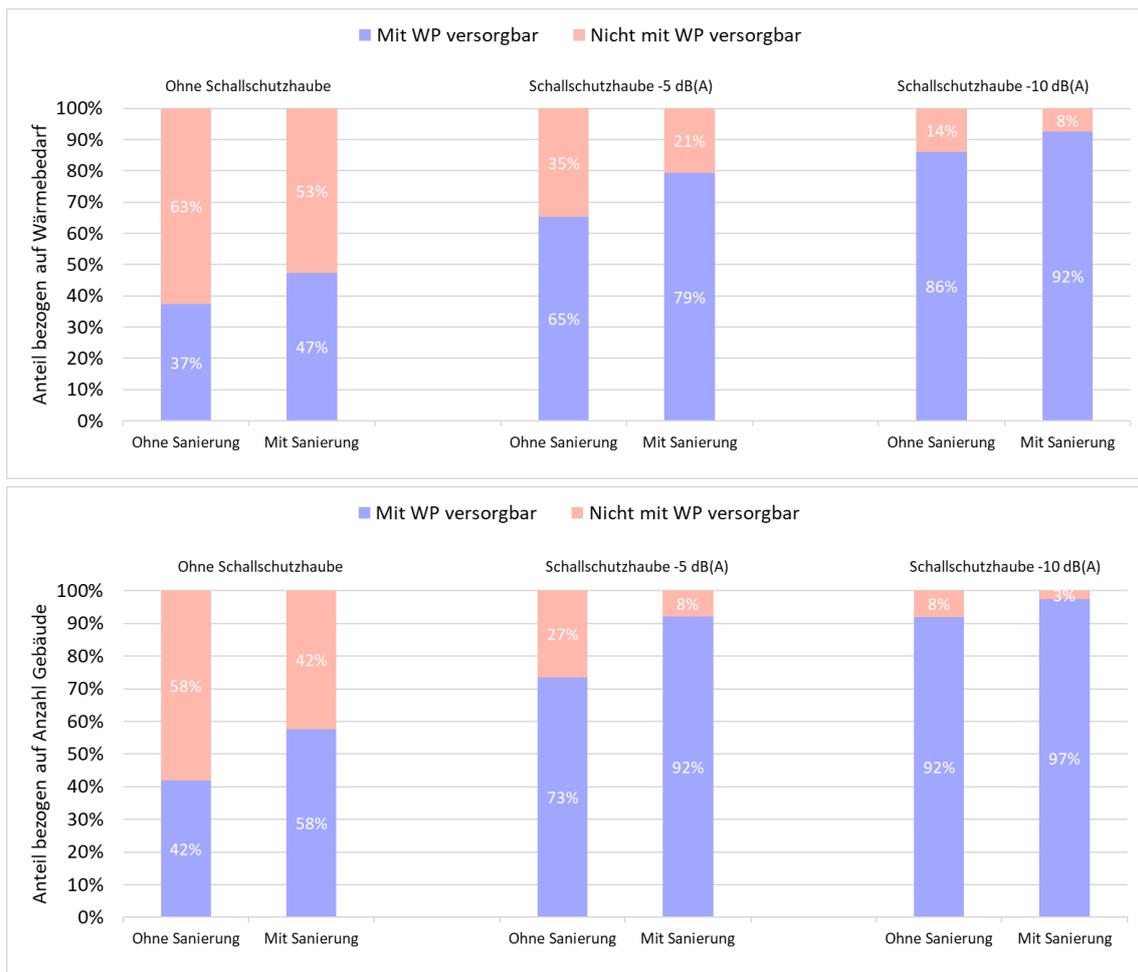


Abbildung 52: Ergebnisse für die Stadt Bremen – (oben) Anteil des Wärmebedarfs, der unter Berücksichtigung der jeweiligen Schallschutzhauben mit und ohne Sanierung über L/W-WP gedeckt werden kann; (unten) Anteil der Gebäude, die unter Berücksichtigung der jeweiligen Schallschutzhauben mit und ohne Sanierung über L/W-WP versorgt werden können; (grün: Versorgung möglich, rot: Versorgung nicht möglich)

In Abbildung 53 ist die mögliche Bedarfsdeckung für die Ortsteile Bremens dargestellt, bezogen auf den Wärmebedarf (links) und auf die Gebäudeanzahl (rechts). In den äußeren Stadtteilen können große Anteile des Wärmebedarfs über dezentrale L/W-WP versorgt werden. In den dicht bebauten Ortsteilen im Stadtzentrum ist das Potenzial für dezentrale L/W-WP geringer (blaue und grüne Bereiche).

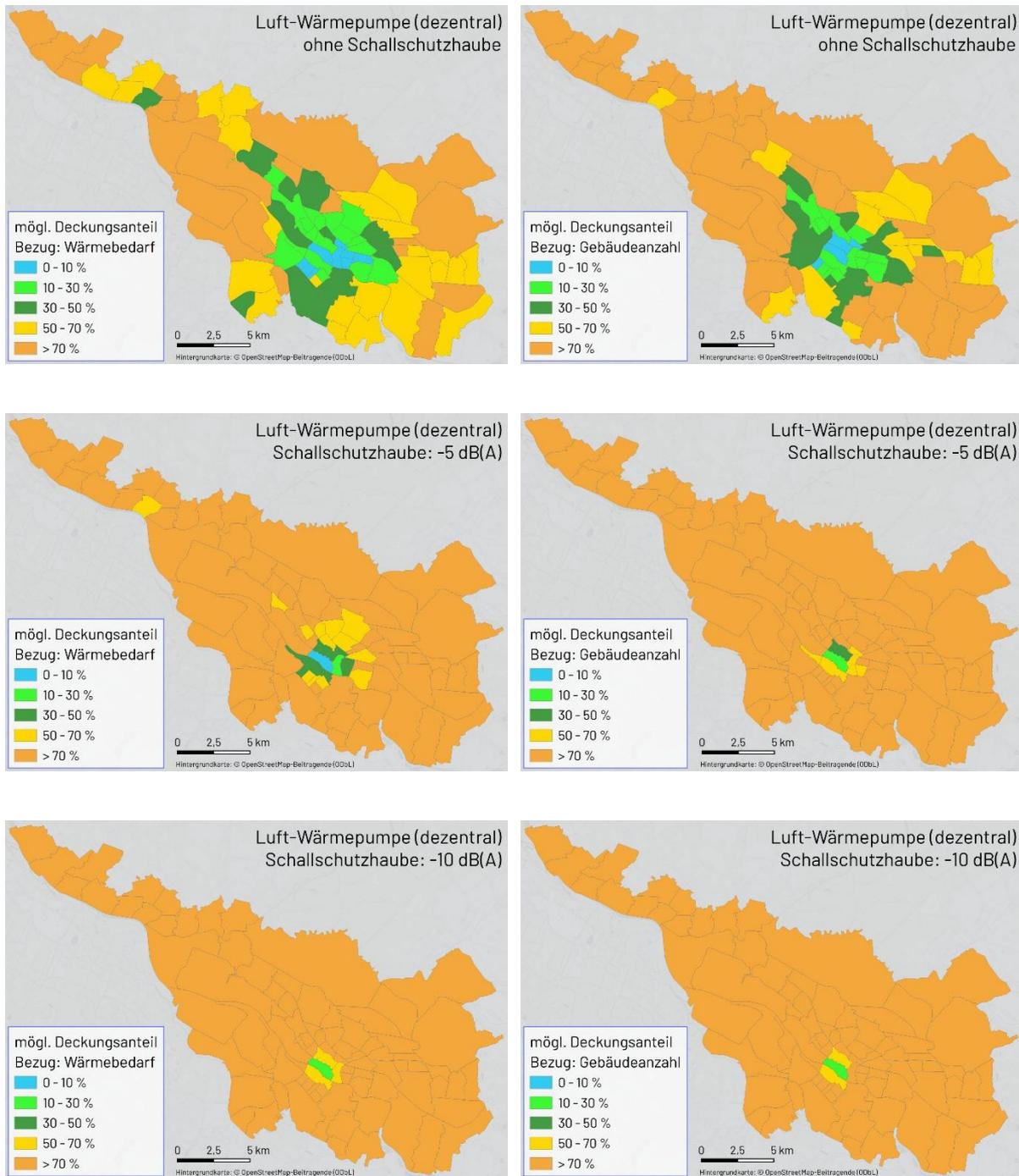


Abbildung 53: Deckung mit dezentralen L/W-Wärmepumpen in den Ortsteilen von Bremen nach Berücksichtigung von energetischer Sanierung um mindestens 50 % des heutigen Bedarfs: (links) bezogen auf den Wärmebedarf, (rechts) bezogen auf die Gebäudeanzahl

5.2 Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung

Neben den L/W-WP wurden auch Sole-Wasser-Wärmepumpen (S/W-WP) mit Erdwärmesonden (EWS) als Wärmequelle als Option für die dezentrale Wärmeversorgung betrachtet. Dazu wurden die Untergrundeigenschaften und das Platzangebot auf den jeweiligen Grundstücken berücksichtigt. Die Methode und die Ergebnisse werden im Folgenden beschrieben.

5.2.1 Datengrundlage und Vorgehen

Die Arbeitsschritte und die Methode zur Ermittlung des Potenzials von S/W-WP mit EWS sind in Abbildung 54 schematisch dargestellt. Grundlagen für die Auslegung kleiner Erdwärmesondenanlagen (bis 30 kW Heizleistung) finden sich in der VDI 4640 „Thermische Nutzung des Untergrunds – Blatt 2“ (2019). Informationen zu den Rahmenbedingungen für Erdwärmesondenanlagen sind in dem „Leitfaden oberflächennahe Geothermie im Land Bremen“ (Panteleit, Ortman, & Langer, 2022) zusammengefasst.

Schritt 1: Anzahl möglicher Sonden pro Grundstück

Datengrundlage sind die Gebäude und Grundstücke aus dem ALKIS (Bremen, Landesamt GeoInformation, 2024) und aus dem Wärmealas Bremen. Dabei wird ein Mindestabstand berücksichtigt von 2 m zum Gebäude (inkl. unbeheizter Nebengebäude) und von 5 m zur Grundstücksgrenze (Empfehlung VDI 4640: min. 10 m Abstand zwischen Nachbaranlagen). Es wird versucht, möglichst viele Sonden auf der restlichen Grundstücksfläche mit Hilfe eines Algorithmus zu platzieren (vgl. Abbildung 55). Der Mindestabstand der Sonden beträgt hier 6 m. Die ermittelte Sondenanzahl wird anschließend um 50 % reduziert, um auszugleichen, dass aufgrund von nicht erfasster Bebauung (Bäume, Teiche, Pools etc.) nur Teilflächen genutzt werden können (stichprobenartig durch Luftbilder ermittelt).

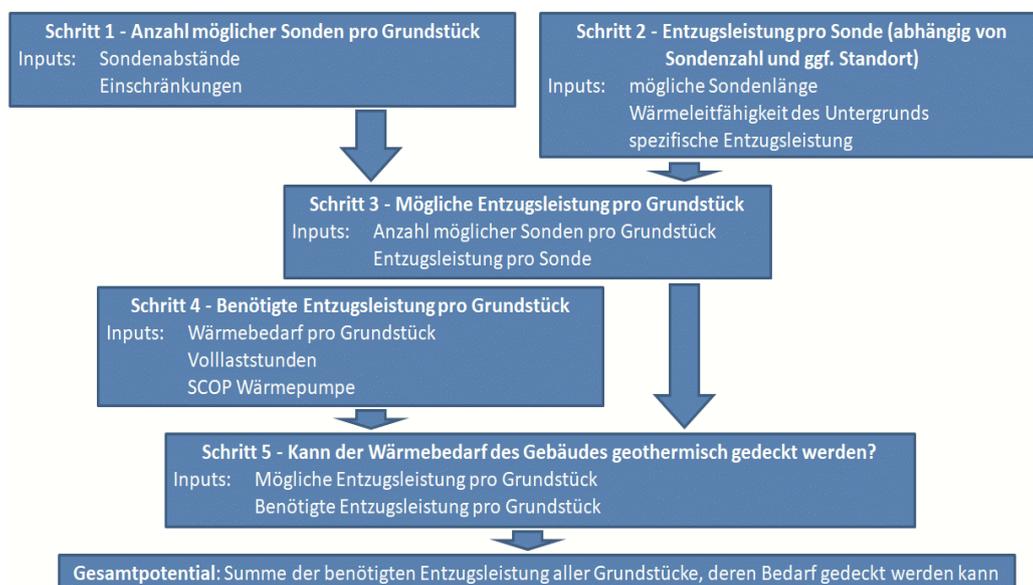


Abbildung 54: Fließschema zur Erhebung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie mit S/W-WP und EWS für Einzelgebäude



Abbildung 55: Darstellung der Platzierung der EWS auf den Grundstücken für ein Beispielgebiet: Platzierungsbereich auf den Grundstücken (hellgrün); Sondenstandorte (blaue Punkte)

Schritt 2: Entzugsleistung pro Sonde

Die mögliche Entzugsleistung pro Sonde hängt primär von der Sondenlänge und der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds ab. Das Potenzial wird hier für eine Sondenlänge von 150 m berechnet. Davon ausgenommen sind Gebiete, in denen Salzstrukturen nahe der Geländeoberkante anliegen, denn diese dürfen aus Grundwasserschutzgründen nicht angebohrt werden (vgl. Abbildung 56, linke Seite). Eine Bohrtiefe von maximal 10 m über der Salzschicht wird hier festgelegt. Abbildung 56 rechts zeigt die mit Hilfe der Sondenlänge gemittelte Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds.

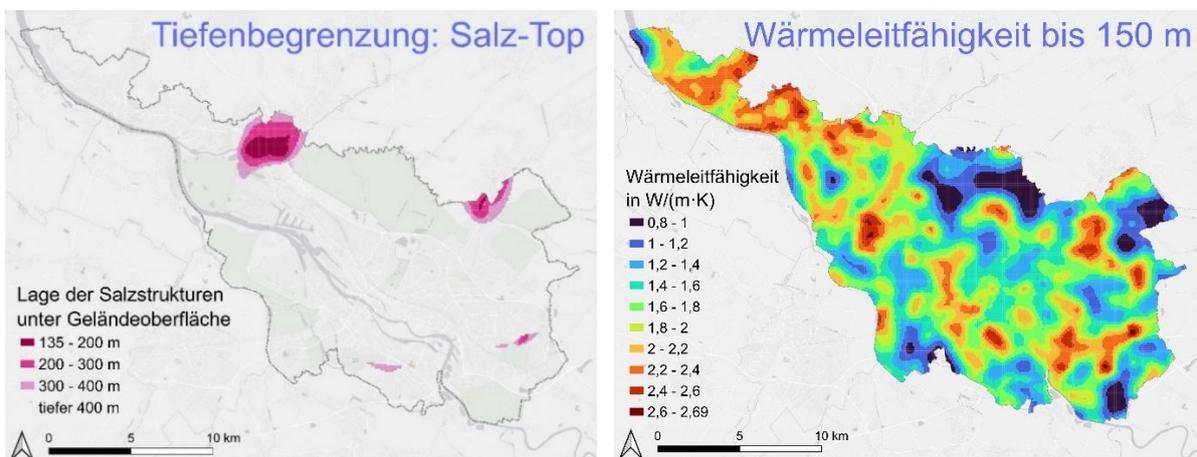


Abbildung 56: (links) Lage der Oberkante der Salzstrukturen unterhalb der Geländeoberkante; (rechts) Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds für das Stadtgebiet Bremen, gemittelt über die obersten 150 m

Eine Randbedingung für den Betrieb von Erdwärmesonden ist die minimale Fluidtemperatur von 3 °C. In der VDI 4640 sind Tabellenwerte für die spezifische Entzugsleistung pro Sondenmeter für Anlagen bis 5 Sonden und 30 kW Heizleistung enthalten. Um auch größere Anlagen berücksichti-

gen zu können, wurde mit dem Tool GEO-HANDlight (Hochschule Biberach, 2022) in einer Standardanordnung die mögliche Entzugsleistung unter Berücksichtigung der Untergrundbedingungen in Bremen berechnet. In folgender Abbildung ist die spezifische Entzugsleistung für bis zu 25 Sonden, abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds, dargestellt.

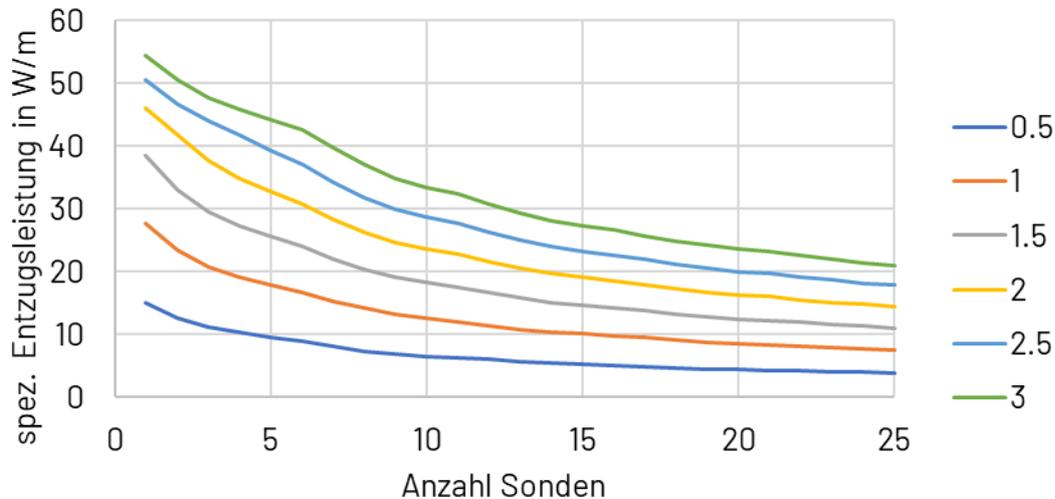


Abbildung 57: Spezifische Entzugsleistung über die Sondenanzahl für verschiedene Wärmeleitfähigkeiten, berechnet mit GEO-HANDlight für die Untergrundeigenschaften in Bremen mit Wasser und Frostschutzmittel als Fluid

Im Nordwesten des Stadtgebiets befinden sich Wasserschutzgebiete (vgl. Abbildung 58, links). In Wasserschutzgebieten der Kategorie II ist die Errichtung von Erdwärmesondenanlagen nicht zulässig. In den Gebieten der Kategorie IIIa und IIIb darf nur Wasser als Wärmeträgerfluid verwendet werden. Dadurch wird die minimale Fluidtemperatur auf 3 °C begrenzt. In Abbildung 58 (rechts) ist die dadurch reduzierte spezifische Entzugsleistung dargestellt.

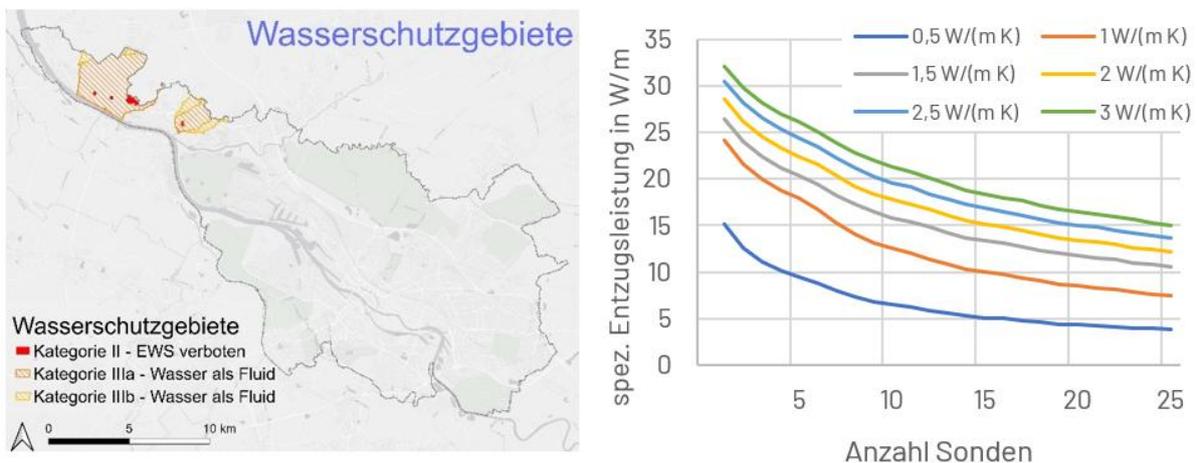


Abbildung 58: (links) Lage der Wasserschutzgebiete in Bremen; (rechts) Spezifische Entzugsleistung über der Sondenanzahl für verschiedene Wärmeleitfähigkeiten mit Wasser als Fluid

Schritt 3: Mögliche Entzugsleistung pro Grundstück

Die mögliche Entzugsleistung pro Grundstück berechnet sich aus der zuvor ermittelten maximalen Sondenanzahl und der spezifischen Entzugsleistung.

Schritt 4: Benötigte Entzugsleistung pro Grundstück

Die benötigte Entzugsleistung des Grundstücks ergibt sich aus der benötigten Heizleistung, die im Wärmetlas angegeben ist, und der Jahresarbeitszahl der S/W-WP. Diese wird mit 4 angesetzt.

Schritt 5: Kann der Wärmebedarf des Grundstücks geothermisch gedeckt werden?

Durch Vergleich der benötigten Entzugsleistung mit der möglichen Entzugsleistung wird festgestellt, ob die Gebäude auf dem Grundstück mit ihrem aktuellen Wärmebedarf versorgt werden können. Außerdem wird eine Sanierung mit Absenkung des Wärmebedarfs um bis zu 50 % berücksichtigt.

5.2.2 Ergebnisse

In Abbildung 59 (links) ist der über S/W-WP mit EWS abdeckbare Anteil des Wärmebedarfs der Stadt Bremen dargestellt. Dieser wurde mithilfe der zuvor beschriebenen Methode ermittelt. Industrie- und große GHD-Unternehmen (> 5 GWh/a) sind in dieser und den folgenden Darstellungen nicht berücksichtigt. Denn dort werden hohe Prozesswärmebedarfe vermutet, die möglicherweise nicht durch Wärmepumpen gedeckt werden können. Der Wärmebedarf ist ohne Sanierung der Gebäude zu 13 % und mit Sanierung zu 21 % (bei Reduktion des Wärmebedarfs je Gebäude auf mindestens 50 %) durch S/W-WP mit EWS abdeckbar.

In Abbildung 59 (rechts) ist der versorgbare Anteil, bezogen auf die Gebäudeanzahl, dargestellt. Ohne Sanierung können demnach 27 % der Gebäude und mit Sanierung 41 % der Gebäude über S/W-WP versorgt werden.

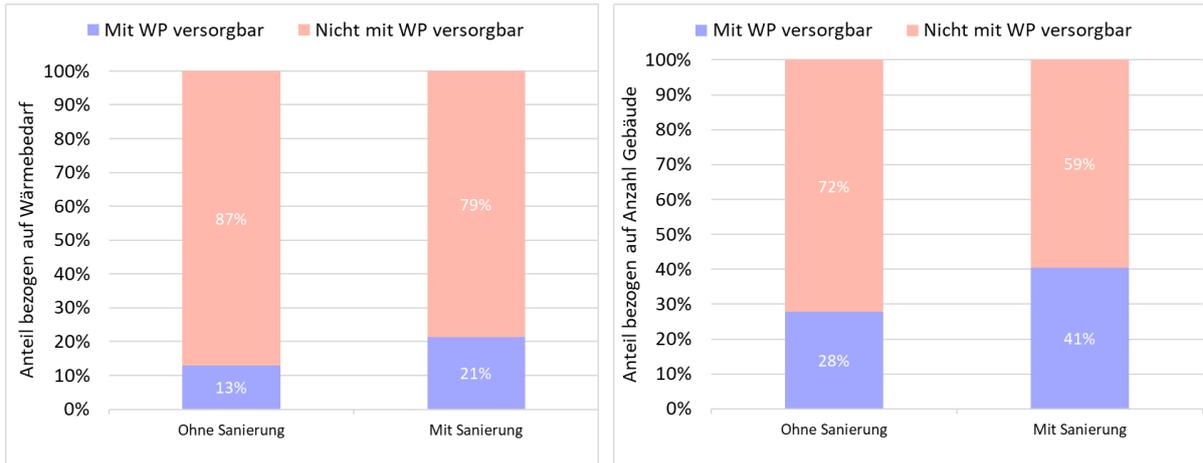


Abbildung 59: Ergebnisse für die Stadt Bremen – (links) Anteil des Wärmebedarfs, der mit und ohne Sanierung über S/W-WP mit Erdwärmesonden gedeckt werden kann; (rechts) Anteil der Gebäude, die mit und ohne Sanierung über S/W-WP mit Erdwärmepumpen versorgt werden können; (blau: Versorgung möglich, orange: Versorgung nicht möglich)

Der etwas größere Anteil in Bezug auf die Gebäudeanzahl ergibt sich daraus, dass Gebäude mit geringem Wärmebedarf eher für die Versorgung mit S/W-WP geeignet sind und diese besonders im Randbereich der Stadt nach Anzahl dominieren.

Abbildung 60 zeigt die mögliche Deckung für die einzelnen Ortsteile Bremens, bezogen auf den Wärmebedarf (links) und auf die Gebäudeanzahl (rechts). In den äußeren Stadtteilen können größere Anteile des Wärmebedarfs über dezentrale S/W-WP gedeckt werden, da dort tendenziell Gebäude mit größeren Grundstücksflächen sowie Einfamilien- und Reihenhäuser mit geringerem Wärmebedarf zu finden sind. In den dicht bebauten Ortsteilen im Zentrum der Stadt ist das Potenzial für dezentrale S/W-WP mit EWS geringer (blaue bis grüne Bereiche). Hier ist der Bedarf größer, die Ortsteile über Wärmenetze zu versorgen.

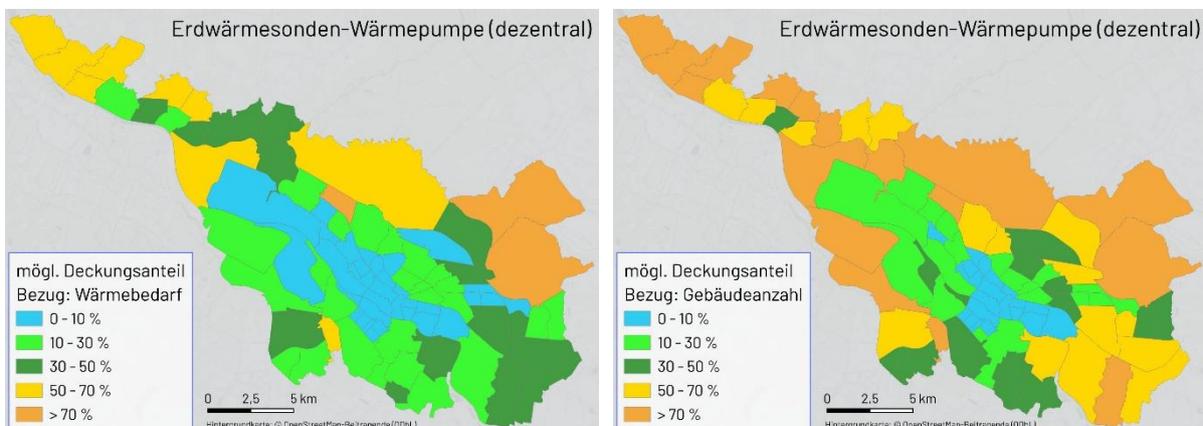


Abbildung 60: Mögliche Deckung mit dezentralen S/W-WP mit Erdwärmesonden in den Ortsteilen von Bremen nach energetischer Sanierung mit Reduktion des heutigen Bedarfs auf 50 %: (links) bezogen auf den Wärmebedarf, (rechts) bezogen auf die Gebäudeanzahl.

5.3 Vergleich Luft-Wasser-Wärmepumpen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden zur Einzelgebäudeversorgung

Beim Vergleich der Ergebnisse für L/W-WP und S/W-WP mit EWS zeigt sich, dass mehr Gebäude über L/W-WP versorgt werden können. Beide Technologien eignen sich besonders für die äußeren Bereiche der Stadt.

Bei den S/W-WP wurde die Möglichkeit der thermischen Regeneration des Untergrunds im Sommer durch Einleitung von Wärme, zum Beispiel aus Solarthermie, noch nicht berücksichtigt. Dadurch ließe sich die Anzahl benötigter Sonden deutlich reduzieren. Ein Vorteil von Erdwärmesondenanlagen ist die Möglichkeit zur passiven Kühlung eines Gebäudes im Sommer. Und damit verbunden die Regeneration des Untergrunds.

Bei den L/W-WP ist durch die Verwendung von Schallschutzgehäusen eine deutliche Absenkung der Schallemissionen möglich. Dadurch könnten weitere Gebäude mit L/W-WP versorgt werden. Aus Sicht des Stromnetzes sind S/W-WP mit Erdwärmesonden vorteilhaft, da besonders bei sehr kalten Umgebungstemperaturen die Spitzenlast geringer ist als bei L/W-WP.

5.4 Fazit zur Eignung für eine Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen

Voraussetzungen für die Eignung von Einzelgebäuden für eine Wärmebedarfsdeckung durch dezentrale Wärmepumpen sind

- die Einhaltung der Vorgaben zu Schallemissionen bei L/W-WP oder
- eine ausreichend große Grundstücksfläche, um eine hinreichend große Anzahl von Erdwärmesonden für S/W-WP einzubringen

Die dafür notwendigen Analysen wurden auf Basis des Wärmeatlas gebäudescharf durchgeführt. In der Betrachtung wurde zusätzlich gebäudescharf ermittelt, inwieweit sich die Möglichkeit zur Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen verbessert, wenn von einer Wärmebedarfsreduktion um bis zu 50 % ausgegangen wird. Dabei wurde nicht geprüft, ob diese Bedarfsreduktion in den Gebäuden im Einzelnen möglich ist.

Für L/W-WP wurde zudem in zwei Alternativszenarien ermittelt, welche Auswirkungen es für die Eignung von L/W-WP hat, wenn Schallschutzhauben eingesetzt werden, die zu einer Schallreduzierung um 5 dB beziehungsweise alternativ um 10 dB führen.

Es lässt sich feststellen, dass das Potenzial für dezentrale L/W-WP bezogen auf den aktuellen Wärmebedarf und ohne den Einsatz von Schallschutzhauben aufgrund der dichten Bebauung in Bremen begrenzt ist, sodass die Voraussetzungen für eine einfache flächendeckende Umstellung der Wärmeversorgung in Bremen auf dezentrale L/W-WP nicht gegeben sind. Unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Wärmebedarfsrückgänge und unter Einbindung von Schall-

schutzhauben verändert sich das Bild deutlich. Spätestens mit dem Einsatz von Schallschutzhauben, die zu einer Reduzierung der Schallemissionen um 10 dB führen, ist der Einsatz von L/W-WP sehr weitreichend denkbar. Allerdings ist zu beachten, dass dadurch Zusatzkosten für die Gebäudeigentümer entstehen. Dementsprechend steigt in diesen Fällen die Konkurrenzfähigkeit eines Wärmenetzes, sofern es zu wirtschaftlich vertretbaren Kosten ausgebaut werden kann.

Das Potenzial zur Versorgung des Wärmebedarfs mit S/W-WP ist gegenüber dem Potenzial der L/W-WP deutlich geringer. Wesentlicher begrenzender Faktor sind die häufig zu geringen Grundstücksgrößen, um eine hinreichende Anzahl von EWS in das Grundstück einzubringen.

Besonders Gebiete, in denen L/W-WP nur mit dem Einsatz aufwändiger Schallschutztechnologien möglich sind und auch S/W-WP nur wenig geeignet sind (insb. im Bereich der Stadtmitte), weisen eine grundsätzlich hohe Attraktivität für wärmenetzbasierte Lösungen auf.

6 Eignungsgebiete für Wärmenetze

6.1 Vorgehen

Die Grundlagen für die Identifizierung der Eignungsgebiete für Wärmenetze wurden von Qconcept Energy im Fachgutachten⁹ „Gebiete für Fern- und Nahwärmeversorgung: Räumliche Abgrenzung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ (2024) erarbeitet. Dabei wurde der Ausbau der beiden Fernwärmenetze West und Uni+Ost sowie der Aufbau neuer Wärmenetze in Bremen Nord und Süd unter Einbindung eines numerischen Optimierungsalgorithmus straßenzugscharf analysiert. Dazu wurden die technischen Kernparameter (potenzieller Wärmeabsatz, erforderliche Länge der Transportleitungen und Hausanschlussleitungen, Leistungen der Hausanschlussstationen) ermittelt und wirtschaftlich bewertet. Auf dieser Basis wurde das wirtschaftlich erschließbare Potenzial für Nah- und Fernwärme in jedem Ortsteil der Freien Hansestadt Bremen bestimmt.

Aufgrund der Aktualisierung der Datenbasis im Rahmen der Bestandsanalyse (vgl. Kapitel 3) – insbesondere die Aktualisierung des Gebäudebestands im Wärmetlas mit neuen ALKIS-Daten – wurden die Analysen zur Identifizierung der Eignungsgebiete für Wärmenetze erneut durchgeführt. In diesem Zuge wurden auch die Kostenannahmen auf den Stand von Januar 2025 gebracht. Zusätzlich wurde die Methodik weiterentwickelt.

Für die Ermittlung von Wärmelinien dichten wurden nicht nur ganze Straßenzüge zugrunde gelegt, sondern auch die bis zu jedem Hausanschluss reichende Wärmelinien dichte berücksichtigt. Dementsprechend müssen nicht mehr ganze Straßenabschnitte beim Ausbau berücksichtigt werden, sondern die Wärmenetze können bis zum letzten für die vorgegebene Grenzwärmelinien dichte relevanten Haus beim Ausbau vorgesehen werden. Das führt dazu, dass jetzt auch Straßen(abschnitte) im Wärmenetzausbau berücksichtigt sind, die vorher nicht einbezogen werden konnten. Zudem wurden die bestehenden Fernwärmeleitungen nicht mehr in das Straßennetz

⁹ <https://umwelt.bremen.de/klima/klima-energie/waermewende/die-kommunale-waermeplanung/fachgutachten-zur-kommunalen-waermeplanung-2386413>

übersetzt (Identifizierung fernwärmeerschlossener Straßen), sondern der Algorithmus betrachtet den Ausbau ausgehend von dem realen Trassenverlauf der Fernwärme. Durch diese Weiterentwicklung ist die Betrachtung des Netzausbaus deutlich feiner aufgelöst (nicht mehr ganze Straßenzüge, sondern gebäudescharf). Dies erfordert aber auch deutlich höheren Rechenaufwand aufgrund der höheren Anzahl der Variablen.

Das Vorgehen und die Annahmen werden in diesem Kapitel nach folgender Gebietseinteilung näher beschrieben:

- **Gebiet Bremen West-Mitte-Ost:** Dabei handelt es sich um das Gebiet rechts der Weser, in dem bereits die beiden Fernwärmenetze West und Uni+Ost der swb bestehen. Für dieses Gebiet kann davon ausgegangen werden, dass durch einen Ausbau und gegebenenfalls eine Verbindung dieser Netze weitere Erschließungen erfolgen können (Kapitel 6.2)
- **Gebiet Bremen Nord:** In diesem Gebiet, nördlich der Lesum, plant die enercity Contracting GmbH (enercity Contracting) den Aufbau eines Wärmenetzes mit der Abfallentsorgungsanlage und dem Heizkraftwerk Blumenthal als Hauptwärmequellen (Kapitel 6.3)
- **Gebiet Bremen Süd und Links der Weser:** In diesem Gebiet bestehen bisher kleinere Nahwärmeinseln. Derzeit plant die swb dort den Aufbau weiterer Wärmenetze. Für einen großflächigen Ausbau von Wärmenetzen müssen in diesem Gebiet neue Wärmequellen erschlossen werden (vgl. Kapitel 6.4)
- **Nahwärmenetze im Stadtgebiet:** Im Rahmen dieses Gutachtens wurden für die kleineren Wärmenetze nicht die gleichen, umfangreichen Analysen durchgeführt, wie für die größeren (vorhandenen oder geplanten) Wärmenetze. Um den Anforderungen des WPG gerecht zu werden, wurden relevante Ausbaupläne oder konkret geplante Umstellungen der Erzeuger auf erneuerbare Energien auf Grundlage der Antworten der Netzbetreiber beschrieben (Kapitel 6.5)

Für den Aus- oder Neubau der größeren Netze (West-Mitte-Ost, Nord und Süd) erfolgte ein intensiver Austausch mit der swb und der enercity Contracting. Mit Bezug auf geplante Nahwärmenetze beziehungsweise die dafür vorgesehenen Ausbaumaßnahmen wurden Gespräche mit der swb geführt. Zur Planung von Anergienetzen gab es Gespräche mit der Genossenschaft ErdwärmeDich Anergienetze eG. Die wesentlichen Gesprächsinhalte waren die jeweils geplanten Netzausbauszenarien mit Informationen zu deren Umfang, der zeitlichen Umsetzungsplanung und den möglichen Erzeugerportfolien.

Diese Vorgehensweise basiert auf den Vorgaben des WPG:

- § 7 Abs. 2 Ziffern 2 und 3 WPG (frühzeitige und fortlaufende Beteiligung von aktuellen oder zukünftig zu erwartenden Wärmenetzbetreibern) und
- § 9 Abs. 2 WPG (Berücksichtigung von Wärmenetz-Transformationsplänen oder -Machbarkeitsstudien der Wärmenetzbetreiber).

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass die Zieljahre des jeweiligen Netzbetreibers für den vollständigen Ausbau der Wärmenetze und die Dekarbonisierung der Erzeugung nicht identisch mit dem von der Stadt Bremen angestrebten Zieljahr 2038 sein müssen.

6.2 Ausbaukonzept für die Fernwärmenetze in Bremen West-Mitte-Ost

6.2.1 Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit

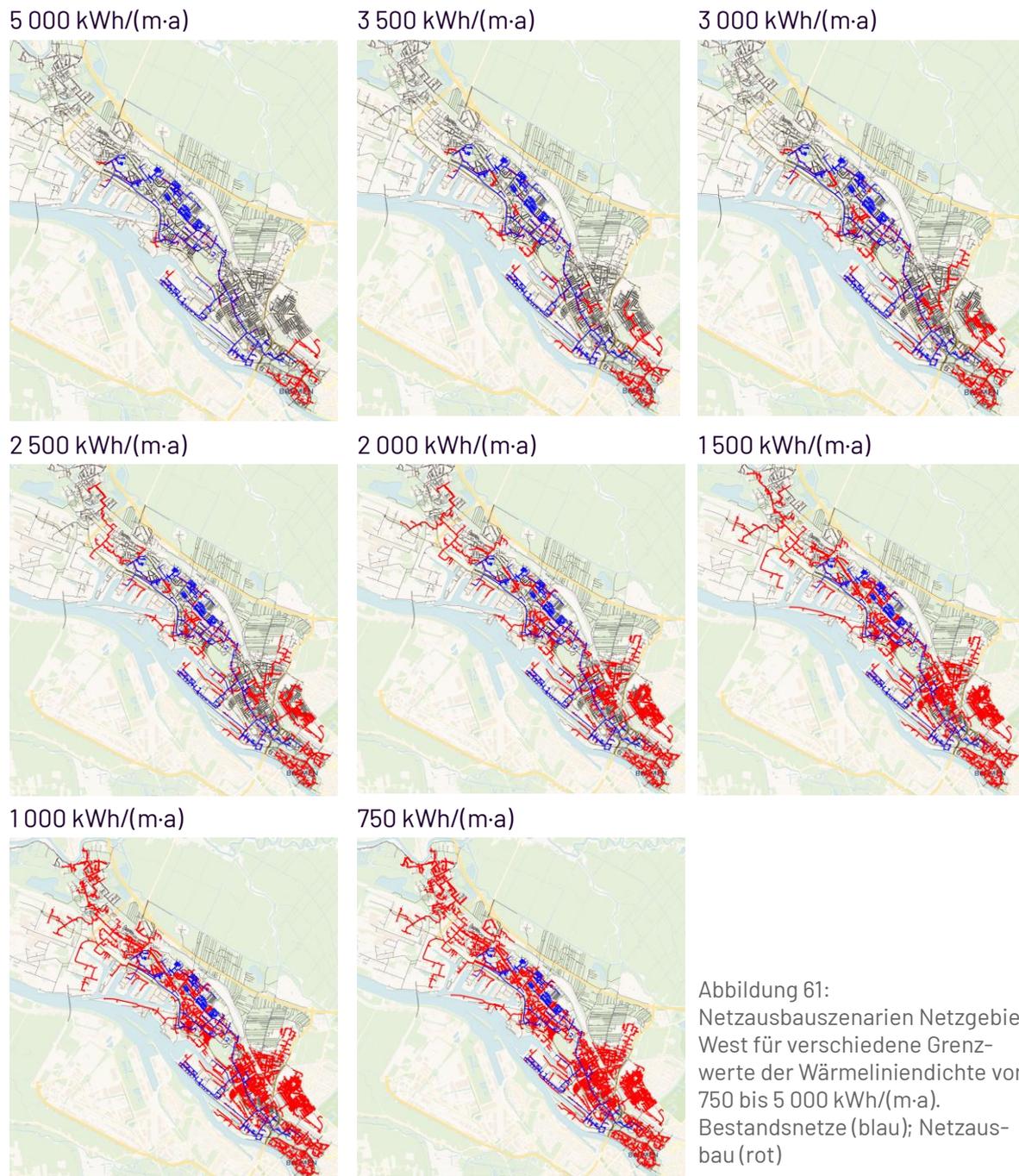
Ausgangspunkt für die Ermittlung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit war die Erfassung von Wärmelinien dichten auf der Ebene von Straßenzügen. Hierzu wurde das Bremer Straßennetz als Grundlage genommen und einzelne Gebäude den Straßen zugeordnet sowie in GIS automatisiert Hausanschlussleitungen erstellt. So konnte der Optimierungsalgorithmus einzelne Hausanschlussleitungen auswählen und diese über das Straßennetz verbinden. Dabei wurden je nach Gebäudetyp und Wärmebedarf unterschiedliche Anschlussraten unterstellt (vgl. Tabelle 28), denn erfahrungsgemäß werden nicht alle Gebäude an ein Wärmenetz angeschlossen. Bei den Annahmen für Wohngebäude ist unterstellt, dass kleinere Gebäude mit geringerem Wärmebedarf mehr Optionen für Einzelgebäudeversorgung über Wärmepumpen haben und dadurch geringere Anschlussraten erzielt werden können.

Tabelle 28: Angenommene Anschlussraten in den Netzausbauszenarien

Gebäudetyp	Definition	Anschlussquote
Haushalte	Gebäudenutzung im Wärmeatlas = Wohngebäude	80 %, wenn Bedarf \geq 100 MWh/a 60 %, wenn Bedarf $<$ 100 MWh/a
Öffentliche Gebäude	Zuweisung anhand der Gebäudefunktion aus ALKIS	100 %
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	Gebäudenutzung im Wärmeatlas = Nichtwohngebäude und keine öffentlichen Gebäude	50 %, wenn Bedarf \geq 5 GWh/a 80 %, wenn Bedarf \geq 100 MWh/a und $<$ 5 GWh/a 60 %, wenn Bedarf $<$ 100 MWh/a
Industrie	Funktion im Wärmeatlas Industrie = 1	0 %

Bei öffentlichen Gebäuden wurde vermutet, dass die öffentliche Hand den Ausbau der Fernwärme auch durch Anschluss eigener Objekte fördern will (angenommene Anschlussrate von 100 %). Beim Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) wurden sehr große Objekte mit einem Wärmebedarf von über 5 GWh/a mit moderateren Anschlussraten bewertet. Hierbei wurden entweder Prozesswärmebedarfe oder eigene Abwärmequellen vermutet. Bei den restlichen GHD-Objekten wurden ähnliche Annahmen wie bei Wohngebäuden getroffen. Sehr große Industrieunternehmen (13 Objekte, u. a. Automobilhersteller oder Kaffeeröstereien) wurden für einen Fernwärmeausbau nicht berücksichtigt, da hier eine individuelle Prüfung aufgrund der sehr wahrscheinlichen Prozesswärmebedarfe (Temperaturniveau unbekannt) erforderlich ist.

Bei der Berechnung von Wärmebelegungsdichten auf Ebene der Straßenzüge und Straßenzugabschnitte wurden die Wärmebedarfe und Hausanschlussleitungslängen mit der Anschlussrate multipliziert. Zur Auswahl der Straßenzüge für den Fernwärmeausbau wurde ein numerischer Optimierungsalgorithmus der Gutachterin auf Basis der Graphentheorie angewandt. Der Algorithmus bewertet alle Straßenabschnitte und Hausanschlüsse nach einer vorgegebenen Grenzwärmeleitendichte und maximiert den potenziellen Wärmeabsatz bei möglichst minimalen Leitungslängen. Dabei werden die Straßenzüge nicht einfach über die Grenzwärmeleitendichte ausgewählt, sondern der Algorithmus erstellt direkt ein zusammenhängendes Wärmenetz. Insgesamt wurden mehrere Varianten für den Fernwärmeausbau mit Variation der Grenzwärmeleitendichte von 750 kWh/(m·a) bis 5 000 kWh/(m·a) erstellt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 61 und Abbildung 62 grafisch sowie in Tabelle 29 und Tabelle 30 anhand von Kenngrößen dargestellt.



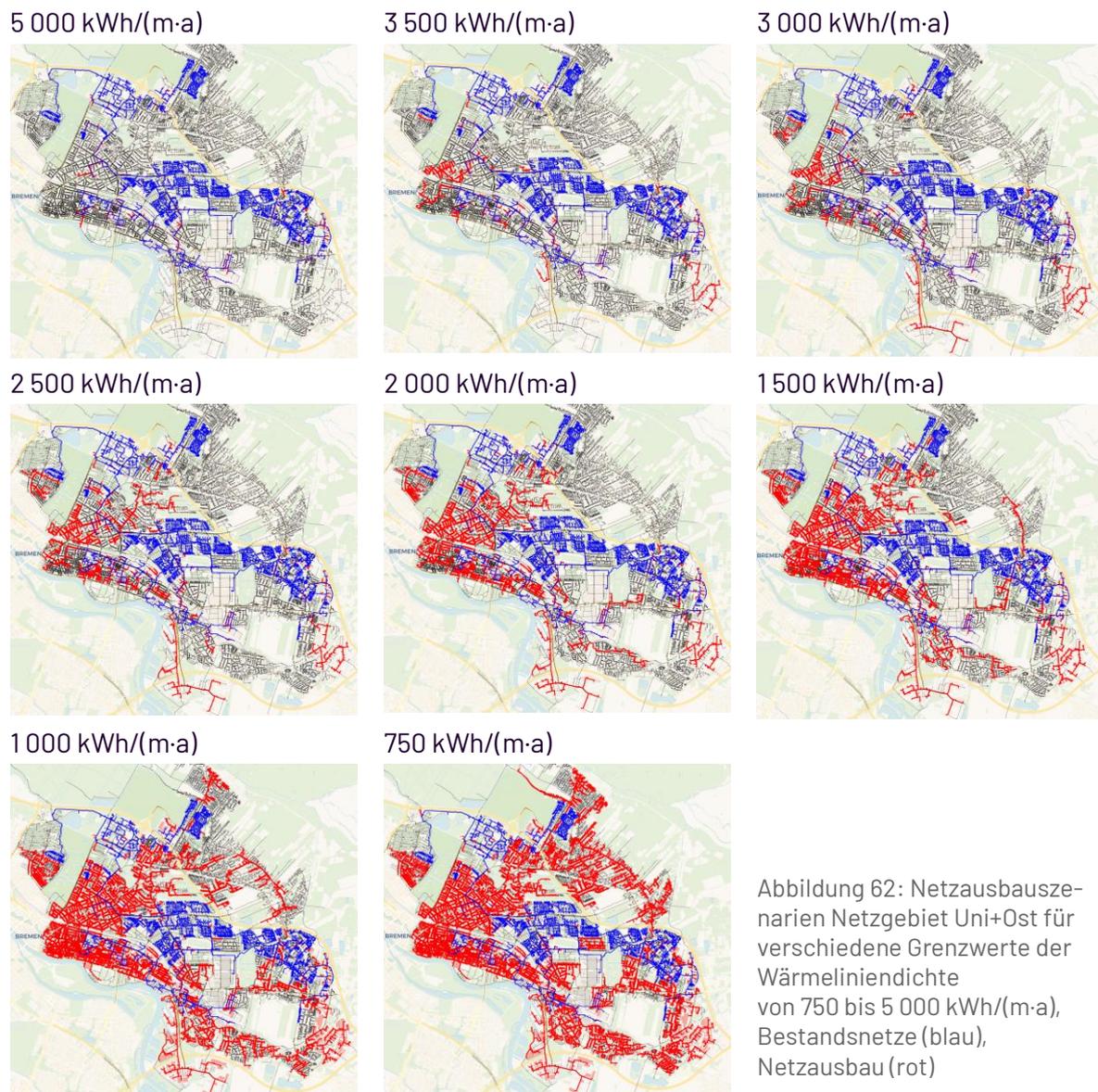


Abbildung 62: Netzausbauszenarien Netzgebiet Uni+Ost für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinieendichte von 750 bis 5 000 kWh/(m-a), Bestandsnetze (blau), Netzausbau (rot)

Tabelle 29: Netzausbauszenarien Netzgebiet West für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinieendichte (750 – 5 000 kWh/(m-a))

Ausbauvariante in kWh/(m-a)	750	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	5.000
Trassenlänge Transportleitungen in km	159	140	109	78	54	36	25	12
Trassenlänge Hausanschlüsse in km	71	63	50	35	20	11	6	1
Potenzieller Wärmeabsatz 2038 gesamt in GWh/a	464	447	406	349	292	238	201	132
Wärmelinieendichte in kWh/(m-a)	2.023	2.210	2.559	3.088	3.943	5.068	6.434	10.188

Tabelle 30: Netzausbauszenarien Netzgebiete Mitte-Ost für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinien-dichte (750 – 5 000 kWh/(m·a))

Ausbauvariante in kWh/(m·a)	750	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	5.000
Trassenlänge Transportleitungen in km	367	268	168	119	75	44	26	3
Trassenlänge Hausanschlüsse in km	189	140	87	61	38	20	12	0
Potenzieller Wärmeabsatz 2038 gesamt in GWh/a	745	658	529	435	327	234	174	64
Wärmelinien-dichte in kWh/(m·a)	1.341	1.610	2.076	2.411	2.894	3.662	4.510	17.006

Abbildung 63 und Abbildung 64 zeigen die Deckungsrate in den betrachteten Ortsteilen und die nach Wärmelinien-dichte geordneten Anteile des Wärmebedarfs (ohne Industrie). Dargestellt sind die Anteile:

- Fernwärme-Bestand
- Fernwärme-Verdichtungspotenzial einschließlich Anschlussraten. Dies umfasst Gebäude, die bereits an einem fernwärmeerschlossenen Straßenzug liegen, jedoch nicht mit Fernwärme versorgt sind. Hier wurden dieselben Anschlussraten wie für den Fernwärmeausbau angenommen.
- Fernwärme-Ausbaupotenzial je nach Netzausbauvariante unter Berücksichtigung der gewählten Anschlussraten (s. o.).
- Rest (Residuum)

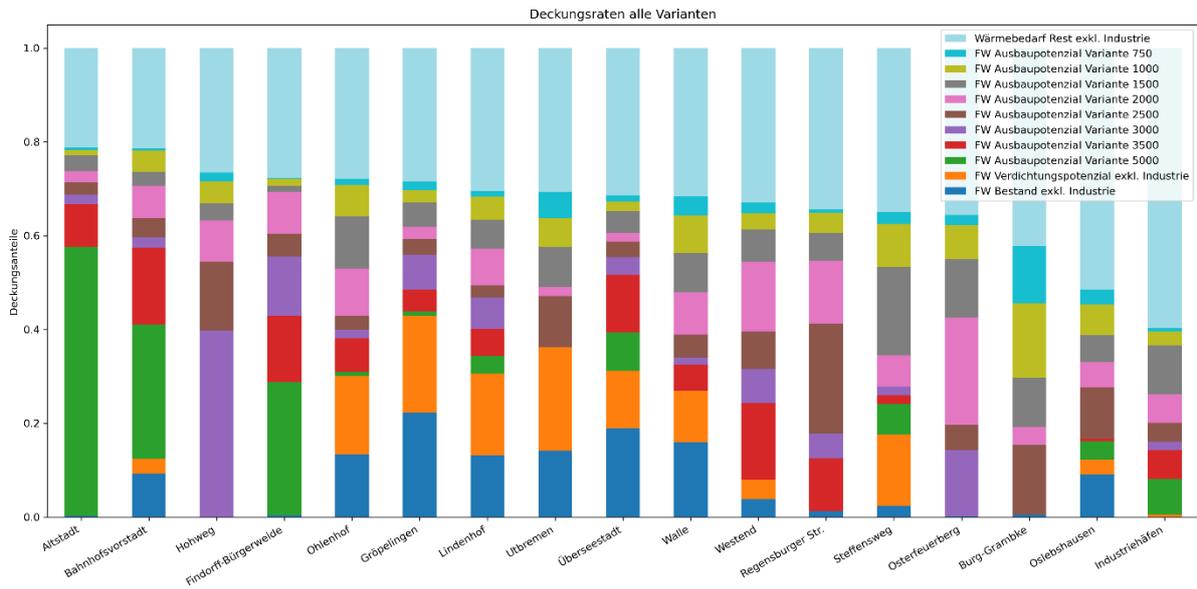


Abbildung 63: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand; Verdichtungspotenzial und Ausbaupotenzial für das Fernwärmenetzgebiet West, aufgeteilt nach Ortsteilen und für die berechneten Netzausbauvarianten

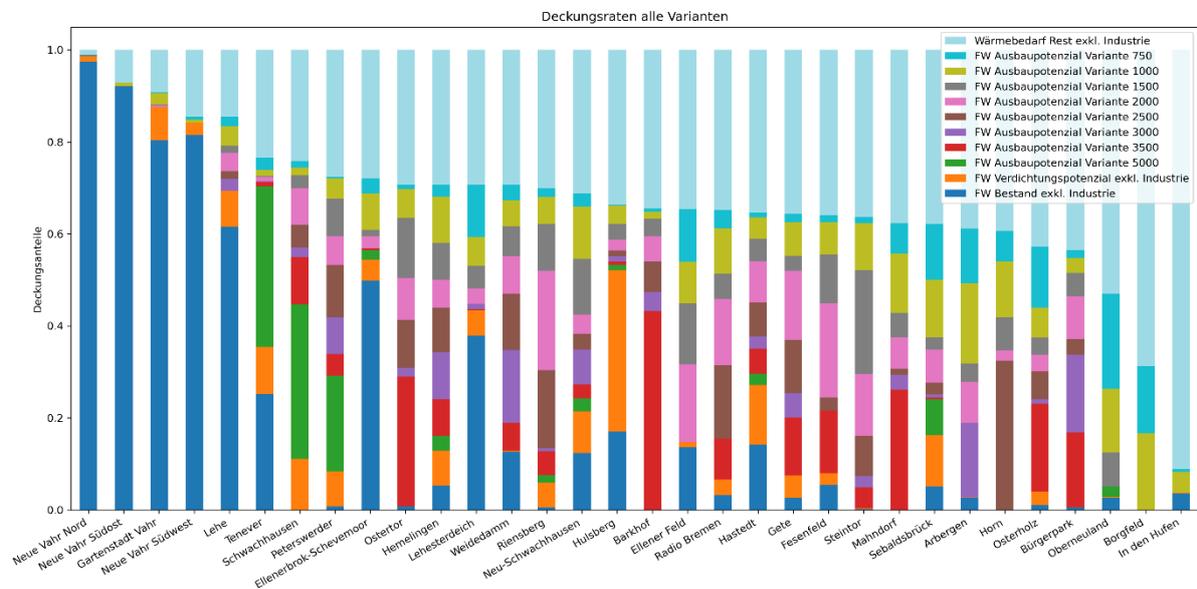


Abbildung 64: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand; Verdichtungspotenzial und Ausbaupotenzial für die Fernwärmenetzgebiete Mittel-Ost, aufgeteilt nach Ortsteilen und für die berechneten Netzausbauvarianten

Im nächsten Schritt wurde die Wirtschaftlichkeit der einzelnen durch den Algorithmus identifizierten Netzausbauvarianten untersucht. Dafür wurde in Abstimmung mit der Auftraggeberin die Betrachtung auf Ortsteilebene gewählt. Der Fokus auf die Ortsteilebene hilft, die höheren Erschließungskosten im Bereich der Stadtmitte zu berücksichtigen. Weiterhin ermöglicht die Angabe der Ortsteile eine Beurteilung von Teilnetzbereichen und bietet dem Nutzer eine bessere Orientierung.

Der zentrale Ansatz für die Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit der Fernwärmeausbauvarianten besteht in dem Vergleich von Kosten für den Fernwärmeausbau und den potenziellen Erlösen durch den Wärmeabsatz. Die Gesamtkosten setzen sich aus den Kosten für den Fernwärmeausbau (Transportleitungen, Hausanschlussleitungen und Hausanschlussstationen) und die Wärmeerzeugung einschließlich der Durchleitung zum Ausbaubereich über das Bestandsfernwärmenetz zusammen. Ebenfalls einkalkuliert wurden Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie ein pauschaler Aufschlag für Kundenbetreuungskosten. Die potenziellen Erlöse ergeben sich aus dem Wärmeabsatz in den Ausbaubereichen und den zu zahlenden Wärmepreisen. Im Folgenden werden die verwendeten Annahmen und das Vorgehen zur Kostenermittlung für die einzelnen Kostenbestandteile beschrieben.

Transportleitungen

Für die Transportleitungen wurden kapital- und betriebsgebundene Kosten berechnet. Die Investitionskosten für Transportleitungen wurden je Ortsteil anhand einer eigens erstellten Kostenfunktion (Abbildung 65) abgeschätzt. Die Näherungsfunktion basiert auf Netzkosten nach DN (Abbildung 67) und den konkreten Netzauslegungen für neue Netze durch die Gutachterin (Punkte auf dem Diagramm).

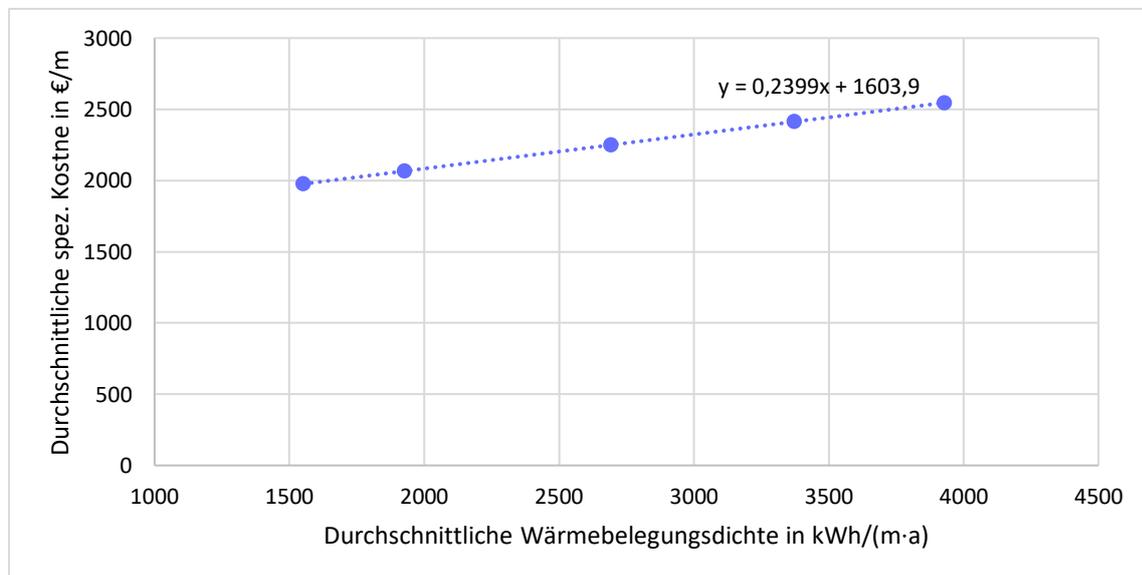


Abbildung 65: Die verwendete Kostenfunktion zur Abschätzung der Investitionskosten für Fernwärmetransportleitungen. Die auf der x-Achse dargestellte durchschnittliche Wärmebelegungsichte ist inklusive der Hausanschlussleitungen berechnet.

Während die Rohrnetzdimensionierung und die resultierende DN-Verteilung für neue Netze direkt realisierbar sind, ist die Rohrnetzdimensionierung für den Ausbau bestehender Fernwärmenetze nur über hydraulische Netzsimulationen sinnvoll möglich. Solche Simulationen waren nicht Bestandteil des Auftrags, sodass die Investitionskostenschätzung über die Kostenfunktion erfolgte. Für die Transportleitungen wurden 30 Jahre Nutzungsdauer sowie für Wartung und Instandhaltung die Kosten in Höhe von 1 %/a, bezogen auf die Investition, angenommen.

Durch die swb wurde eine Karte mit Gebieten bereitgestellt, in denen aufgrund der sehr dichten Bebauung mit einer Verdopplung der Kosten für den Tiefbau zu rechnen ist. Da der Tiefbau etwa 70 % der Gesamtkosten ausmacht, wurde in diesen Gebieten mit 70 % höheren Investitionskosten gerechnet. Dieses Gebiet umfasst die Ortsteile Altstadt, Bahnhofsvorstadt, Ostertor, Steintor und Fesenfeld (Abbildung 66).

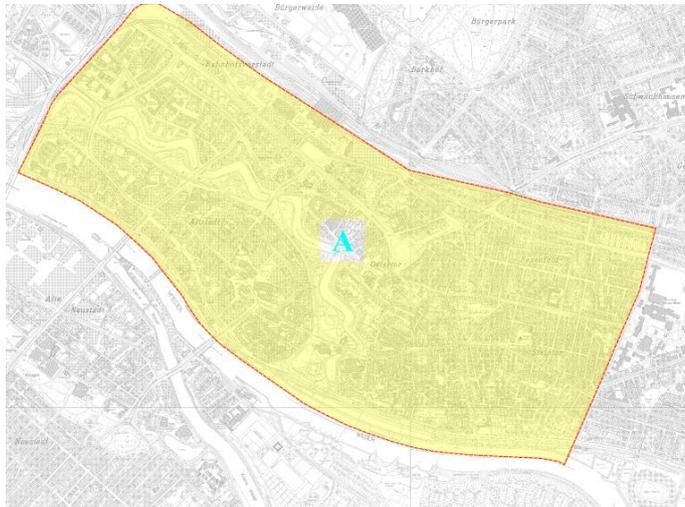


Abbildung 66: Preiszone A mit höheren Kosten für Verlegung von Fernwärmeleitungen

Hausanschlussleitungen

Die Investitionskosten der Hausanschlussleitungen werden für jedes vom Algorithmus ausgewählte Gebäude einzeln berechnet. Hierfür wird die erforderliche Anschlussleistung über den Wärmebedarf des Gebäudes und den angenommenen Vollbenutzungsstunden abgeschätzt. Anhand der Anschlussleistung wird die Nennweite der Anschlussleitung bestimmt. Die Länge der Hausanschlussleitung wird anhand des GIS berechnet. Der gewählte Kostenansatz nach Nennweite der Anschlussleitung ist in Abbildung 67 dargestellt. Die berechneten Kosten wurden mit der gebäudespezifischen Anschlussrate multipliziert. Für die Hausanschlussleitungen wurden 30 Jahre Nutzungsdauer sowie für Wartung und Instandhaltung die Kosten in Höhe von 1 %/a, bezogen auf die Investition, angenommen.

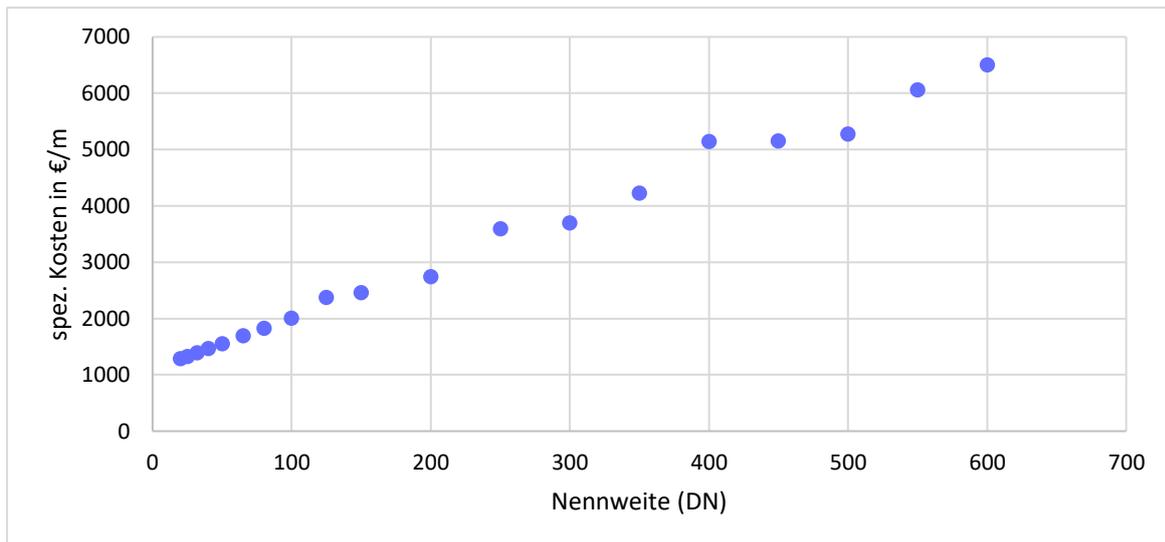


Abbildung 67: Kostenannahme für Nah- und Fernwärmeleitungen

Hausanschlussstationen

Analog zu den Hausanschlussleitungen werden die Investitionskosten für Hausanschlussstationen anhand der abgeschätzten Anschlussleistung berechnet und mit der Anschlussquote multipliziert. Für die Hausanschlussstationen wurden 20 Jahre Nutzungsdauer sowie für Wartung und Instandhaltung Kosten i. H. v. 0,3 %/a, bezogen auf die Investition, angenommen.

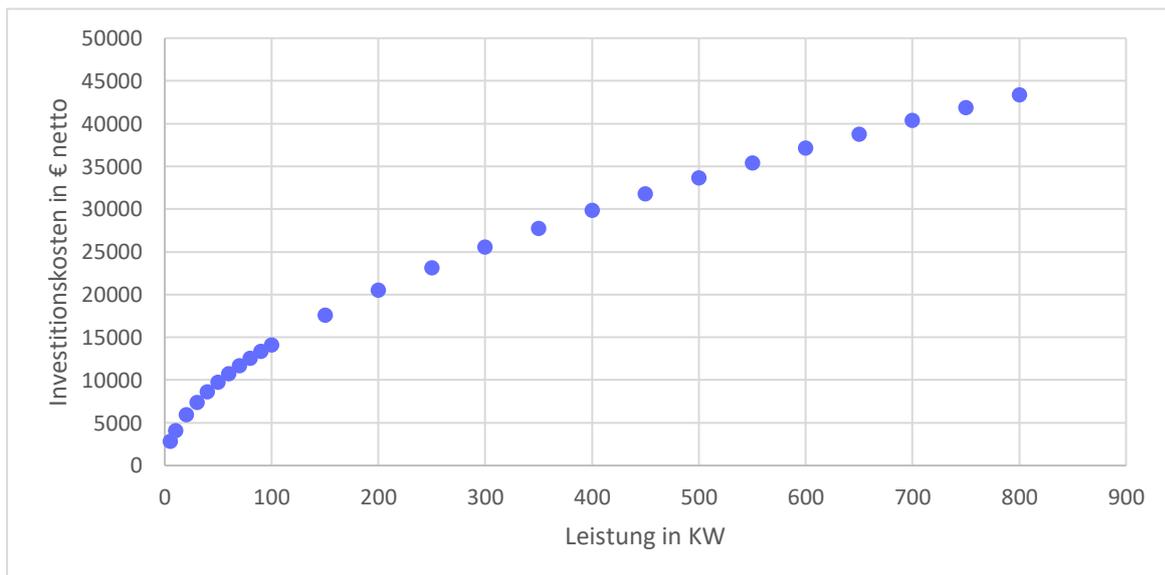


Abbildung 68: Kostenannahme für Hausanschlussstationen

Wärmeerzeugung

Neben den Kosten beim Fernwärmenetzausbau müssen noch Kosten für die Wärmeerzeugung und die Durchleitung durch das Bestandsnetz (inkl. der Verstärkung) berücksichtigt werden.

Hierzu wurden mit Stand Anfang 2024 folgende Annahmen durch die Gutachterin getroffen und die Höhe mit swb abgestimmt:

- 50 €/MWh Wärmegestehungskosten bei der Erzeugung von grüner Wärme. Der Wert entspricht den Literaturangaben für Müllverbrennungsanlagen und der Kostenbetrachtung der Gutachterin für Großwärmepumpen bei Kläranlagen oder Flüssen (vgl. Kapitel 6.4).
- 20 €/MWh als Netzentgelt für das Bestandsnetz für den Wärmetransport von der Erzeugung bis zu den Ausbaugebieten. Diese Entgelte stehen zur Finanzierung von Verstärkungsmaßnahmen im Bestandsnetz zur Verfügung. Der Wert wurde grob geschätzt und entspricht etwa der Hälfte der Wärmenetzkosten, die in den nachfolgenden Betrachtungen für den Netzausbau kalkuliert wurden.
- 2 % pro Jahr Preissteigerung für beide Kostenbestandteile

Zusätzlich werden 15 % für Wärmeverluste bei der Verteilung, bezogen auf die Wärmeeinspeisung, und weitere 5 % für Kundenbetreuungskosten angenommen.

Um die Änderung des Kostenniveaus zwischen der ursprünglichen Festlegung Anfang 2024, und der Erstellung dieses Gutachtens Anfang 2025 zu berücksichtigen, wurden die Kosten um 4,4 % in Abstimmung mit swb angehoben. Dies entspricht der Entwicklung des Verbrauchspreises im Fernwärmetarif des swb-Netzgebietes zwischen Januar 2024 und Januar 2025.

Zum 1.4.2025 hat die swb eine neue Tarifstruktur für die Fernwärmepreise eingeführt. Diese führt für die im Rahmen der Wärmeplanung im Fokus stehenden Neukunden zu einer Preiserhöhung von knapp 20 % bei einem durchschnittlichen Wärmeverbrauch. Aufgrund der zeitlichen Vorgaben zur Fertigstellung der kommunalen Wärmeplanung konnte diese erneute Preisanpassung nicht mehr in den nachfolgend beschriebenen Kalkulationen berücksichtigt werden. Zudem ist zu beachten, dass seitens der swb angekündigt wurde, dass noch im Jahr 2025 ein überarbeiteter Wärmeatlas vorgelegt werden soll, der auf einer wesentlich aktualisierten Datengrundlage basieren wird. Qoncept Energy empfiehlt, diese beiden sehr relevanten Inputparameter gleichzeitig in einer Aktualisierungsversion zu berücksichtigen. Eine alleinige Betrachtung der deutlich veränderten Fernwärmepreise würde zu kurz greifen.

Anlegbare Preise

Zur Bestimmung der potenziellen Erlöse müssen anlegbare Preise für den Wärmeverkauf an Kunden definiert werden. Hierzu wurde unterstellt, dass Fernwärmekunden in den Ausbaugebieten den gleichen Tarif wie Bestandskunden zahlen. Somit wurde der aktuelle Fernwärmetarif des swb-Netzgebietes (Tabelle 31, Stand: Januar 2025) als Grundlage für die Kalkulation des anlegbaren Preises angesetzt. Da für die weiteren Kalkulationen ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren inklusive Preisindizierung berücksichtigt wird, wurde der aktuelle Fernwärmepreis bei diesen Analysen ebenfalls über 20 Jahre indiziert (mit 2 % p. a.). Die so über den Betrachtungszeitraum ermittelten potenziellen Erlöse wurden, analog zu den Hausanschlussleitungen und -stationen, für alle Abnehmer einzeln berechnet und mit der Anschlussquote multipliziert. Als anlegbarer

Preis ergibt sich auf der Grundlage dieser Berechnungsschritte ein Wert von durchschnittlich etwa 14,9 ct/kWh. Zu beachten ist, dass es sich dabei nicht um eine Prognose des in Zukunft zu erwartenden Fernwärmepreinsniveaus handelt. Es geht vielmehr darum, ein konsistentes Set von Annahmen zu Erlösen und Kosten für die Ermittlung von Wärmenetzzeignungsgebieten zu verwenden.

Tabelle 31: Fernwärmetarif swb-Netzgebiet, Stand: Januar 2025

Tarifkomponente	Stand 01/2025
Grundpreis bis 30 kW in €/Monat	7,29
Grundpreis 31–80 kW in €/Monat	14,56
Grundpreis 81–500 kW in €/Monat	21,83
Grundpreis ab 501 kW in €/Monat	36,45
Verbrauchspreis in ct/kWh	11,73
Leistungspreis in €/kW/Jahr	5,36

Annuitätenmethode

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird mittels der Annuitätenmethode (VDI 2067) durchgeführt, wobei die folgenden Randbedingungen festgelegt wurden:

- Kalkulatorischer Zinssatz: 8 %/a
- Betrachtungszeitraum: 20 Jahre
- Preissteigerungen: 2 %/a

Mit diesen Annahmen wurden die zu erwartenden Gesamtkosten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ermittelt und dann als durchschnittliche Wärmeversorgungskosten (Levelized Costs of Heat – LCOH) angegeben. Dieser Wert kann somit unmittelbar mit dem anlegbaren Preis (Herleitung s. o.) in Beziehung gesetzt werden. Liegen die LCOH maximal auf dem Niveau des anlegbaren Preises, kann der zugrundeliegende Wärmenetzausbau als wirtschaftlich betrachtet werden, da die LCOH auch eine Rendite enthalten.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden entsprechend des Förderprogramms „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW) Investitionszuschüsse in Höhe von 40 % berücksichtigt. Zudem wurden für die Kosten von Hausanschlussleitungen und -stationen Anschlusskostenbeiträge der Kunden in Höhe von 50 % (bezogen auf die Kosten vor Förderung) berücksichtigt.

Ergebnisse

Die Abbildung 69 und Abbildung 70 zeigen die Wärmegestehungskosten unter Berücksichtigung der BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten (farbige Punkte). Jeder Punkt stellt

eine der Ausbauvarianten nach Wärmeliniendichte in kWh/m-a in einem Ortsteil dar (vgl. Farbcode in der Legende). In das Diagramm wurden die Kosten der Varianten über die durchschnittliche Wärmeliniendichte eingetragen. Dadurch wird der Zusammenhang zwischen hoher Wärmeliniendichte und den Wärmegestehungskosten der Fernwärme deutlich. Die etwas nach oben versetzten Punkte sind Ausbauvarianten in der Preiszone A (Ortsteile Altstadt, Bahnhofsvorstadt, Ostertor, Steintor und Fesenfeld) mit voraussichtlich höheren Kosten für den Leitungsbau.

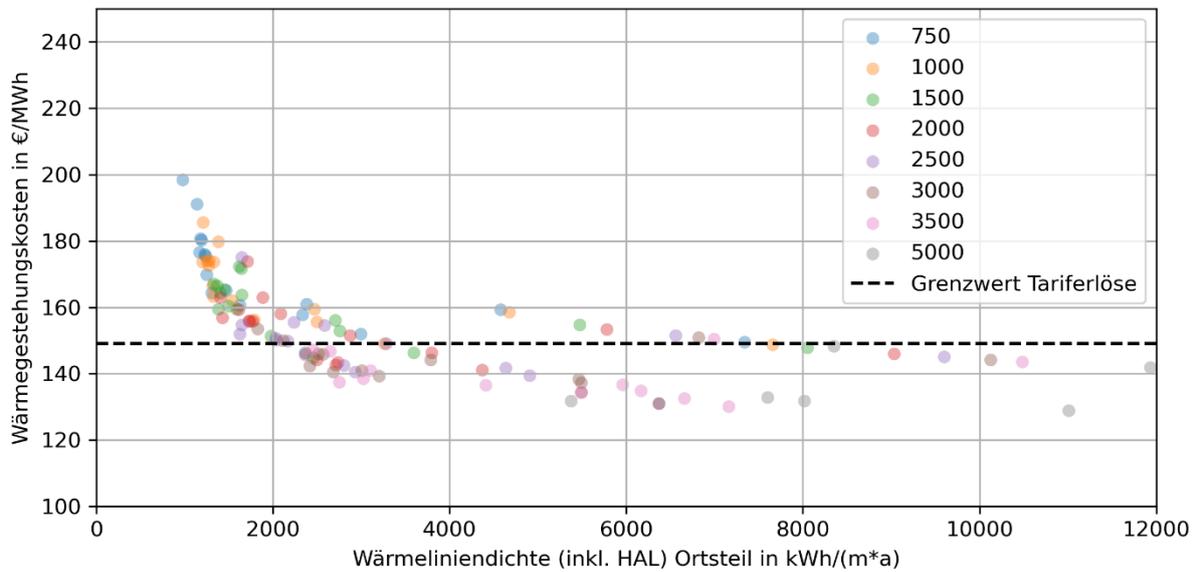


Abbildung 69: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten für das Fernwärmenetzgebiet West

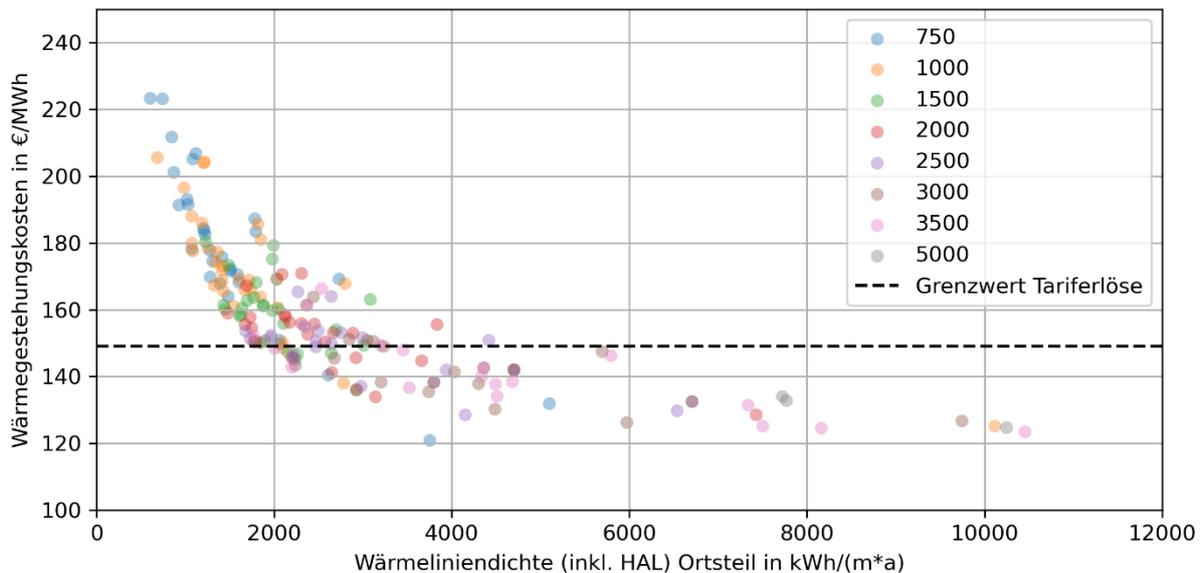


Abbildung 70: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten für die Fernwärmenetzgebiete Uni+Ost

Analog zu den Kosten sind außerdem die über den Betrachtungszeitraum gemittelten Tarifierlöse zuzüglich eines pauschalen Aufschlags von 5 % dargestellt (gestrichelte Linie). Alle Punkte unterhalb der gestrichelten Linie zeigen Ausbaupotenziale für Wärmenetze an, deren Kosten (inkl. Gewinn) unterhalb des gemittelten Tarifniveaus liegen – oder aber weniger als 5 % über diesem Wert liegen.

Alle Kostenangaben sind als nominaler Wert (mit 2 % Steigerung über 20 Jahre) angegeben und dürfen nicht direkt mit den heutigen Kosten und Energieträgerpreisen verglichen werden.

Die Abbildung 71 zeigt am Beispiel des Ortsteils Lindenhof das Ergebnis nach Berechnung der Wärmegestehungskosten und der Deckungsanteile. Es wird deutlich, dass bei einer BEW-Förderung die Kosten für eine Ausbauvariante (schwarzer Punkt ganz links) unterhalb der Tarifierlöse (gestrichelte Linie) liegen und somit wirtschaftlich erschließbar wären.

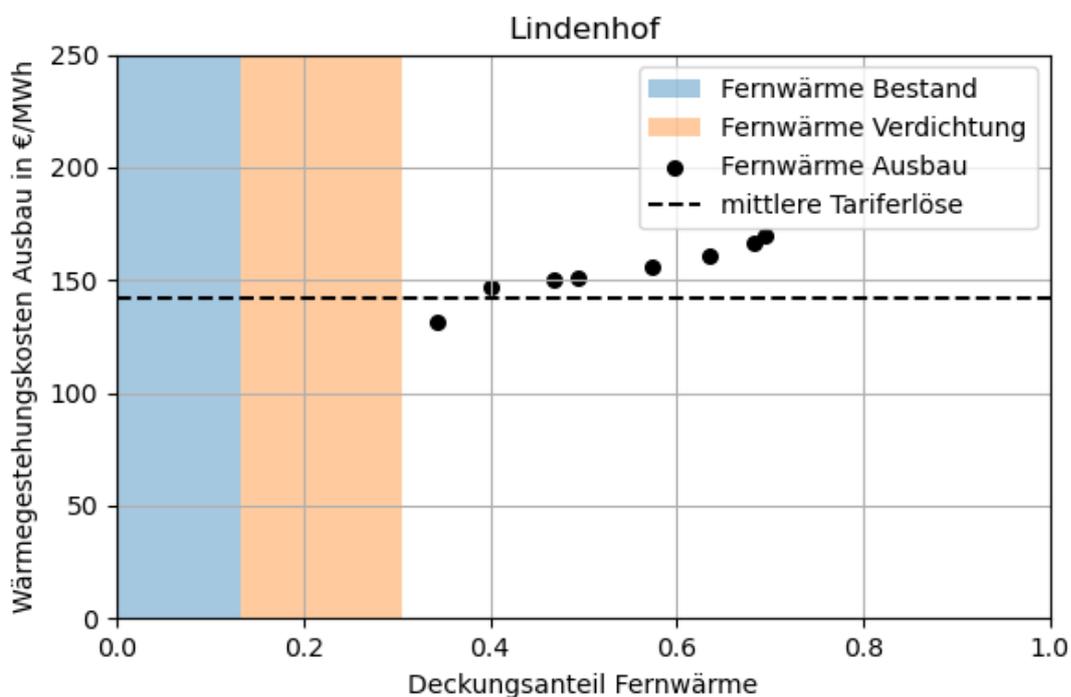


Abbildung 71: Beispiel für die Ergebnisse der Netzausbaubetrachtung auf Ortsteilebene; (blau: Fernwärme-Bestand, orange: mit Fernwärme-Verdichtung)

Mit diesen Ausbauvarianten würde der Anteil der Fernwärme am Wärmebedarf des Ortsteils von 14 % (blau) auf etwa 34 % steigen (vgl. x-Achse). Dabei ist auch das Potenzial zur Verdichtung der Fernwärme (orange) berücksichtigt. Hier definiert als Gebäude, die weniger als 40 m von den bestehenden Fernwärmeleitungen entfernt sind. Die Ausbauvarianten mit einem Fernwärmeanteil von über 34 % (schwarze Punkte oberhalb der Linie) wären nach dieser Systematik wirtschaftlich umsetzbar, da die Kosten die potenziellen Erlöse um mindestens 5 % übersteigen. Solche Berechnungen wurden für jeden Ortsteil erstellt.

Zur Identifizierung von Eignungsgebieten für Fernwärme wurde im nächsten Schritt für jeden Ortsteil die wirtschaftliche Netzausbauvariante ermittelt. Dabei wurde „wirtschaftlich“ so definiert, dass die Wärmegestehungskosten die potenziellen Tariferlöse nicht um mehr als 5 % überschreiten. Das jeweils wirtschaftliche Ausbaupotenzial der Ortsteile bei BEW-Förderung ist in den folgenden Abbildungen als Balkendiagramm sowie weiter unten in der Karte dargestellt (Abbildung 74).

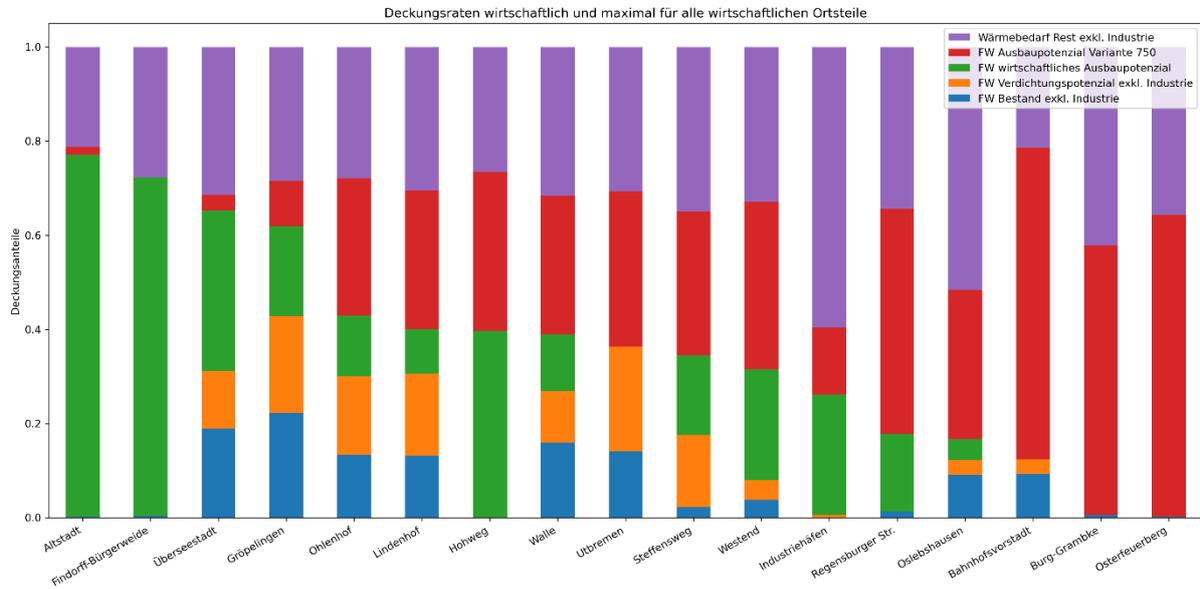


Abbildung 72: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Fernwärmenetz West nach Ortsteilen bei einer BEW-Förderung

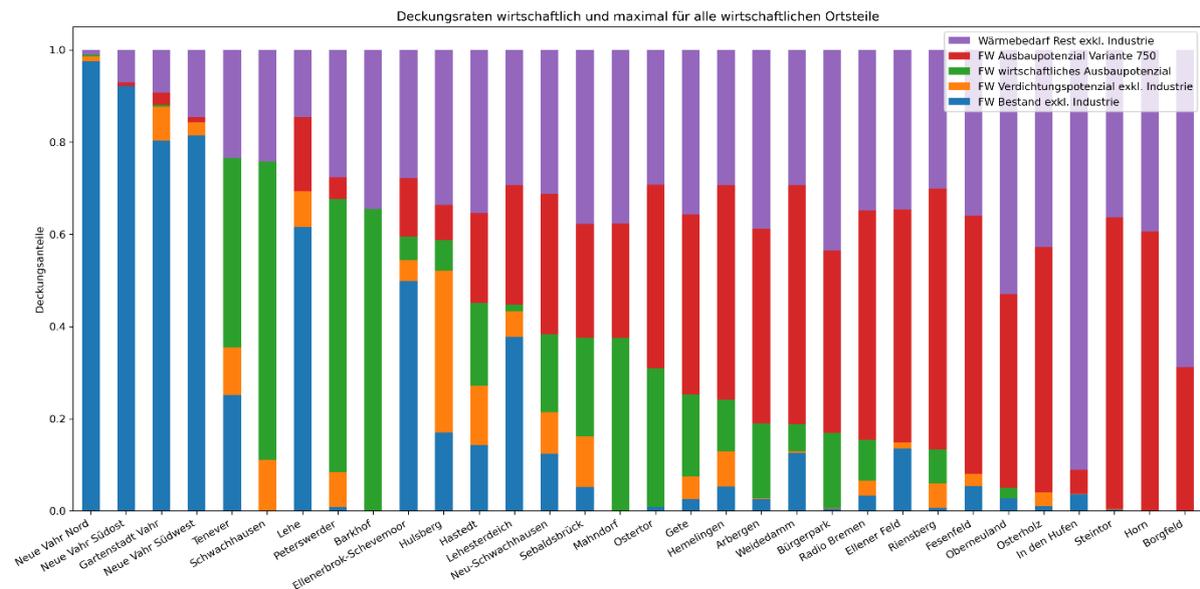


Abbildung 73: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für die Fernwärmenetze Mitte-Ost nach Ortsteilen bei einer BEW-Förderung

Aufgrund der ortsteilscharfen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und der daraus resultierenden Auswahl von Netzausbauvarianten kann es im Endergebnis dazu kommen, dass an den Ortsteilgrenzen Lücken in der Trassenführung entstehen. In diesem Fall wurden Verbindungsleitungen berücksichtigt, mithilfe derer die Lücken geschlossen werden, sodass es für jedes Netzgebiet ein zusammenhängendes Netz gibt.

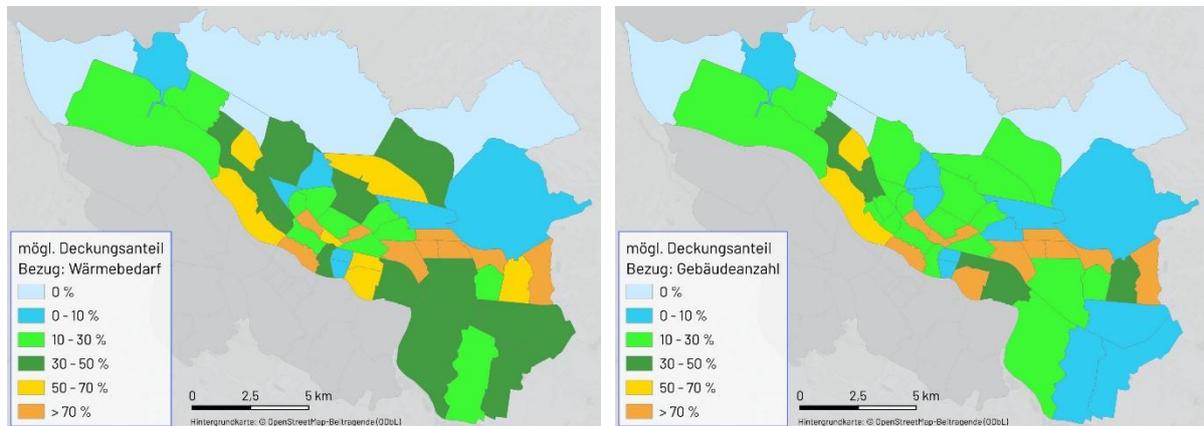


Abbildung 74: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Gebiet West-Mitte-Ost nach Ortsteilen bei einer BEW-Förderung; Bezug links: Wärmebedarf. Bezug rechts: Anzahl Gebäude.

Diverse Kennzahlen zum Wärmebedarf in den betrachteten Ortsteilen (ohne Industrie) und mögliche Deckungsanteile des Wärmebedarfs durch Fernwärme (Bestand, Verdichtung und wirtschaftlich erschließbarer Ausbau) sind in Tabelle 32 zusammengefasst.

Weiterhin sind darin erforderliche Leitungslängen und Investitionen für den Fernwärmeausbau dargestellt. Nach dieser Bewertung könnten etwa 42 % des Wärmebedarfs der betrachteten Ortsteile (exkl. Industrie) durch die ausgebauten Fernwärmenetze im Bereich West-Mitte-Ost gedeckt werden.

Das Potenzial zur Verdichtung und zum Ausbau der Fernwärme entspricht mehr als einer Verdoppelung im Vergleich zum Wärmebedarf der bestehenden Fernwärmekunden (ohne Industrie). Die angegebenen Investitionskosten beinhalten nur den Ausbau des Wärmenetzes. Die Deckung der zusätzlichen Wärmeabsätze mit erneuerbaren Energien wurde über die Annahme der Wärmebezugskosten berücksichtigt (siehe oben).

Tabelle 32: Kennzahlen für wirtschaftlich erschließbaren Fernwärmeausbau im Gebiet West-Mitte-Ost

Summen der betrachteten Ortsteile (ohne Industrie)	Wert
Wärmebedarf 2038 gesamt in GWh/a	2.689
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Ist in GWh/a	463
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Verdichtung in GWh/a	114

Summen der betrachteten Ortsteile (ohne Industrie)	Wert
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Ausbau (zusätzlich) in GWh/a	563
Anteil Wärmenetze im Zielszenario in %	42
Länge Transportleitungen Ausbau in km	137
Länge Hausanschlussleitungen Ausbau in km	55
Durchschnittliche Wärmelinien-dichte Ausbau in KWh/(m·a)	2.932
Investitionen Ausbau in Mio. €	438
Investitionen Ausbau nach Förderung und BKZ in Mio. €	207
Fördervolumen Ausbau in Mio. €	175

6.2.2 Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario für das Netzgebiet West

Nachdem ein Netzausbauszenario für das Zielszenario erarbeitet wurde, folgte im nächsten Schritt eine Betrachtung der Erzeugerkonzepte und der zeitlichen Ausbauszenarien. Diese wurden im intensiven Austausch mit der swb als Wärmenetzbetreiberin diskutiert. Für das in Kapitel 6.2.1 dargestellte Netzausbaukonzept für das Netzgebiet West und unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsentwicklung aus Kapitel 4.1 wurde folgender Wärmelastgang für den Zielzustand entwickelt.

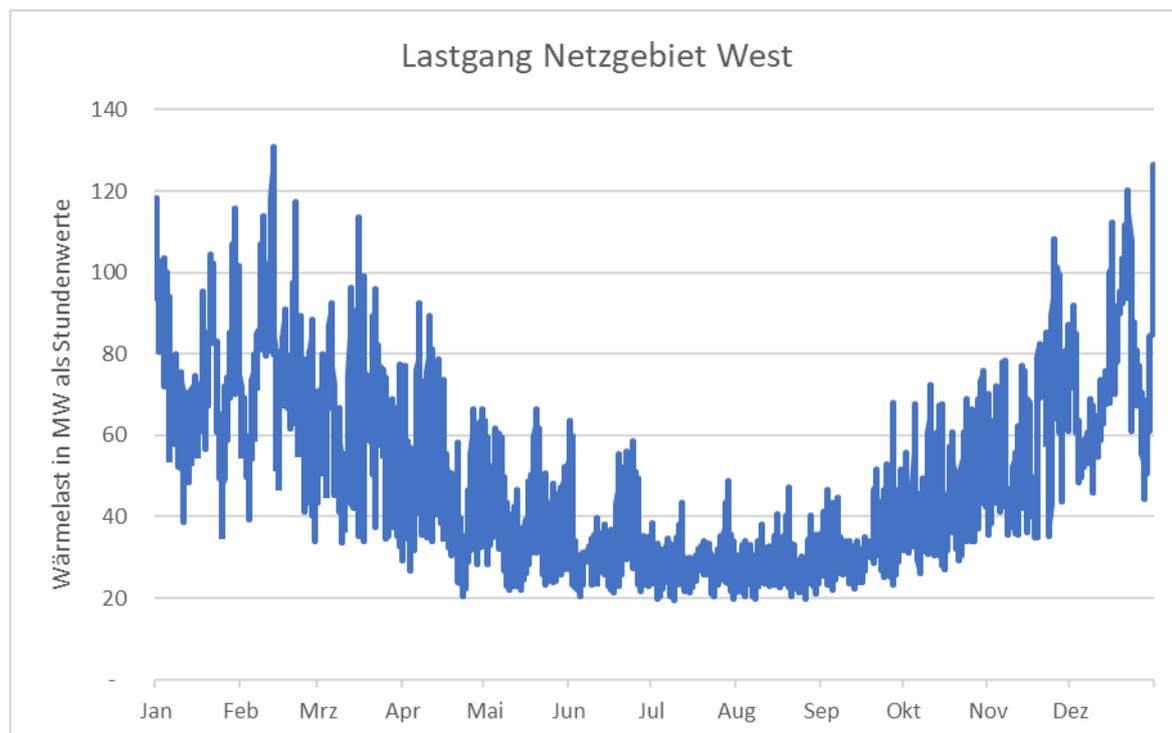


Abbildung 75: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet West

Für das zukünftige Erzeugerkonzept wurde zunächst das Ergebnis aus der vorliegenden Wärmenetztransformationsplanung der swb gemäß der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) übernommen. Diese Vorgehensweise basiert auf § 9 Abs. 2 WPG, in dem geregelt ist, dass die planungsverantwortliche Stelle vorliegende Planungen berücksichtigen soll. Dazu zählen ausdrücklich auch BEW-Transformationspläne. Das Erzeugerkonzept setzt auf eine Weiternutzung der Anlagen zur thermischen Abfallverwertung MKK (Mittelkalorik-Kraftwerk, Müllverwertung) und KENOW (Klärschlammverbrennung) am Erzeugerstandort Hafen. Die Wärme aus dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozess des MKK macht derzeit den größten Teil der Wärmeeinspeisung aus. Darüber hinaus bestehen weitere Potenziale zur Erhöhung der Wärmeauskopplung aus dem MKK. Während Klärschlamm zu 100 % biogen und damit klimaneutral ist, liegt der biogene Anteil am Müll des MKK bei circa 50 %. Dennoch ist die Abwärme aus einer thermischen Abfallverwertung (wie vom MKK) nach dem Wärmeplanungsgesetz als unvermeidbare Abwärme anerkannt und bildet somit einen wichtigen Grundstein für die Dekarbonisierung der Wärmenetze. Aktuelle Planungen der swb gehen noch weiter. Zur Erreichung der Treibhausgasneutralität in der Fernwärmeerzeugung durch das MKK wird der Bau einer Carbon-Capture-and-Storage-Anlage (CCS) geprüft. Diese dient der Abscheidung und Speicherung von CO₂ aus den Abgasen.

Für den geplanten Fernwärmeausbau werden, ergänzend zu den oben erwähnten, weitere Fernwärmeerzeuger benötigt. Auf Grundlage der Potenzialanalyse wurden die Abwärmenutzung aus der geplanten CCS-Anlage und eine Flusswasser-Großwärmepumpe am Hafen priorisiert. Das daraus resultierende Erzeugerportfolio erscheint als geeignet, sowohl eine wirtschaftliche und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung als auch eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Auch diese Vorgehensweise ist in einem Gesprächsprozess zwischen Qconcept Energy und der swb und wesernetz diskutiert worden. Dementsprechend setzt sich das Erzeugerportfolio wie folgt zusammen:

- Klärschlammverbrennung der KENOW
- Abfallverbrennung im MKK
- direkte Nutzung der Abwärme auf hohen Temperaturen aus der geplanten CCS-Anlage
- Nutzung der Niedertemperatur-Abwärme der CCS-Anlage mittels Großwärmepumpe
- Großwärmepumpe mit Flusswasser im Hafen
- Gasspitzenlastkessel (SLK)

Für den Gasspitzenlastkessel wird von einer Umrüstung auf synthetische Gase, zum Beispiel grünen Wasserstoff, spätestens im Zielszenario ausgegangen. Die Erzeugersimulation für das Zielszenario auf Basis des Umsetzungsszenarios 1 stellt sich dabei wie folgt dar:

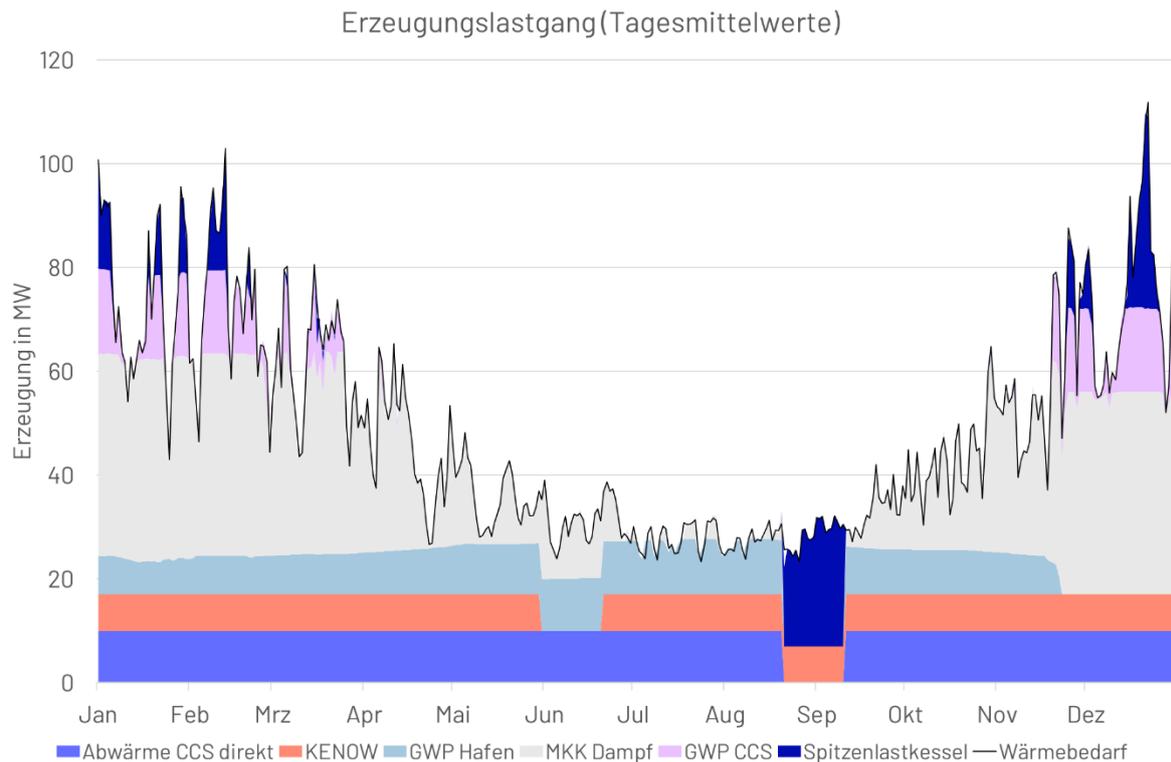


Abbildung 76: Erzeugersimulation Netzgebiet West für das Zielszenario

Die Erschließungsrisiken liegen insbesondere in der Umsetzbarkeit der CCS-Anlage und der Großwärmepumpe Hafen. Einschränkungen können sich aus der technischen Realisierbarkeit oder durch genehmigungsrechtliche Anforderungen ergeben. Allerdings ist bei der Vielzahl geplanter Projekte und vorhandener Potenziale im Zusammenhang mit Flusswärmepumpen von einer Standardisierung der Genehmigungsprozesse und genehmigungsrechtlichen Anforderungen auszugehen. Sollte sich im weiteren Verlauf zeigen, dass die Potenziale nicht oder nicht im notwendigen Umfang erschlossen werden können, wären andere in der Potenzialanalyse aufgezeigte Standorte oder Quellen zu prüfen. Einbezogen werden sollten dabei die Abwärmepotenziale im Gebiet der Stahlwerke.

Für die zeitliche Ausbaureihenfolge wurde angenommen, dass die Netzabschnitte in der Reihenfolge ihrer Wärmelinienichte entwickelt werden. Darin liegt die Annahme, dass sich dicht bebaut Gebiete oder Straßenzüge mit hohen Wärmelinienichten besonders für Wärmenetze eignen, sodass diese Gebiete vom Netzbetreiber prioritär entwickelt werden. Hohe Wärmelinienichten ergeben sich dabei nur, wenn die Kunden entlang des jeweiligen Netzabschnitts auch bereit sind, sich in dem vom Netzbetreiber angestrebten Zeitfenster anzuschließen. Daher wurde in Abstimmung mit der swb geprüft, in welchen Netzbereichen sich aufgrund abgeschlossener Verträge oder zu erwartender Vertragsabschlüsse Neuanschlüsse voraussichtlich ergeben werden. Für diese Netzanschlussbegehren wurden die konkret geplanten oder erwarteten Anschlusszeitfenster beachtet.

Ein weiterer relevanter Parameter ist die zeitliche Dimension des Netzausbaupotenzials. Dazu wurden in Abstimmung mit der swb Annahmen zu den jährlichen Ausbaumengen in Form von realisierbaren Leitungsnetzkilometern pro Jahr getroffen, die technisch und organisatorisch erreichbar sind.

Mit diesen Annahmen konnte ein konkreter Ausbaumumfang für die beiden Zeitraum 2025 bis 2030 und 2030 bis 2035 abgeleitet werden. Die darin nicht enthaltenen Ausbaupotenziale wurden dem verbleibenden Zeitraum ab 2035 zugeordnet. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich folgendes zeitliche Ausbauszenario:

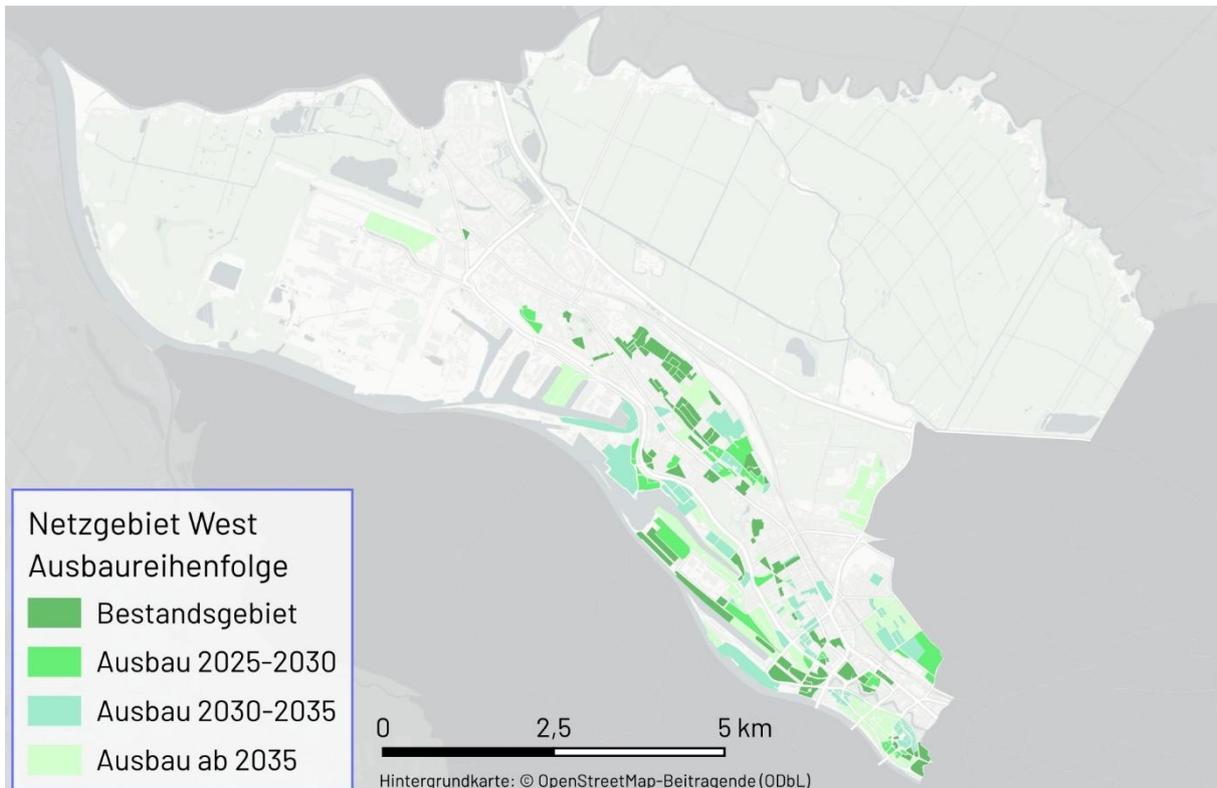


Abbildung 77: Zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet West

Ein Baublock wurde dann als durch ein Wärmenetz erschlossen festgelegt, wenn der Wärmebedarf des Baublocks im Zielszenario zu mindestens 50 % durch dieses Wärmenetz gedeckt wird (Bezug: Wärmebedarf exkl. Industrie). Die Zuordnung bezieht sich nur auf diese Darstellung. Es werden zum Teil also auch nicht eingefärbte Baublöcke anteilig über das Wärmenetz erschlossen, jedoch wird dort der Wärmebedarf mit weniger als 50 % durch das Wärmenetz gedeckt.

Für diese zeitliche Reihenfolge des Netzausbaus wurde der Zeitplan für das Erzeugerportfolio aus der bereits erwähnten BEW-Transformationsplanung der swb übernommen. Im Ist-Zustand wird die Wärme durch die Anlagen zur thermischen Abfallverwertung MKK und Erdgasspitzenlastkessel (SLP) bereitgestellt. Die Netzeinspeisung aus der Klärschlammverbrennung KENOW soll 2025 starten. Der Bau der CCS-Anlage ist aktuell bis 2030 und die Großwärmepumpe im Hafen ab 2035 geplant. Im Zielszenario wird von einer größeren Wärmeauskopplung aus dem MKK ausgegangen,

die in Verbindung mit einer reduzierten Stromerzeugung realisiert werden kann. In der folgenden Abbildung ist die daraus resultierende zeitliche Entwicklung des Erzeugerportfolios ersichtliche.

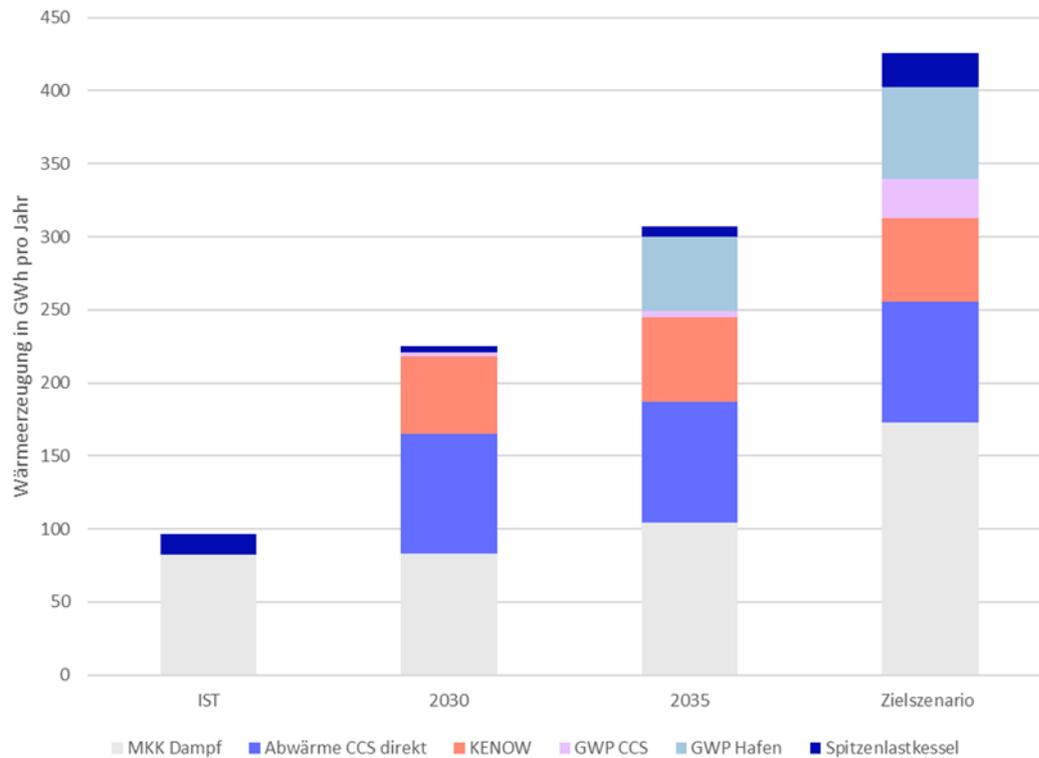


Abbildung 78: Zeitliche Ausbaureihenfolge der Erzeugung für das Netzgebiet West

6.2.3 Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario für das Netzgebiet Uni+Ost

Nachdem ein Netzausbauszenario für das Zielszenario erarbeitet wurde, werden im nächsten Schritt Erzeugerkonzepte und zeitliche Ausbauszenarien betrachtet. Für das in Kapitel 6.2.1 dargestellte Netzausbaukonzept für das Netzgebiet Uni+Ost und unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsentwicklung aus Kapitel 4.1 wurde folgender Wärmelastgang für den Zielzustand entwickelt:

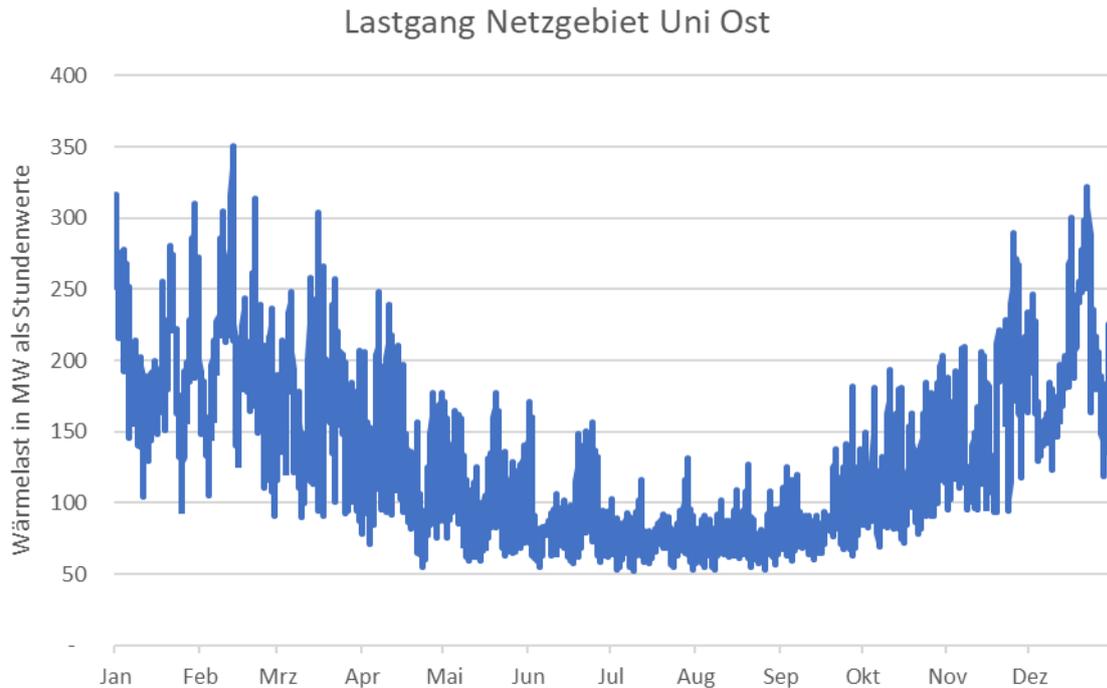


Abbildung 79: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet Uni+Ost

Eine BEW-Transformationsplanung für das Netzgebiet Uni+Ost liegt noch nicht vor. Diese wird aktuell ausgearbeitet. Dementsprechend hatte Qoncept Energy vorab Gespräche mit der swb über deren Planung zur Wärmenetztransformation geführt. Dies entspricht der Vorgabe aus § 9 Abs. 2 WPG, die besagt, dass die planungsverantwortliche Stelle vorliegende Planungen berücksichtigt, zu denen explizit auch BEW-Transformationspläne gehören.

Die Vorgehensweise zur Herleitung des Erzeugerkonzepts und der zeitlichen Ausbaureihenfolge entspricht grundsätzlich der für das Netzgebiet West. Auch hier wird in erster Linie auf die bestehenden Anlagen zur thermischen Abfallverwertung (MHKW), das Erdgas-BHKW in Hastedt und die Anlagen zur Spitzenlastdeckung gesetzt. Die Abwärme aus der thermischen Abfallverwertung (wie vom MHKW) ist nach dem Wärmeplanungsgesetz als unvermeidbare Abwärme anerkannt. Die BHKW laufen zunächst weiter mit Erdgas und müssen bis zum Zielszenario auf biogene oder synthetische Gase umgestellt werden. Ergänzt werden diese durch die Abwärmenutzung aus der geplanten CCS-Anlage für das MHKW und der Power-to-Heat-Anlagen. Dieses Konzept basiert auf der Potenzialanalyse. Das daraus resultierende Erzeugerportfolio erscheint geeignet, sowohl eine wirtschaftliche und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung als auch eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Für den Gasspitzenlastkessel wird von einer Umrüstung auf biogene oder synthetische Gase, zum Beispiel grüner Wasserstoff, spätestens im Zielszenario ausgegangen. Die Erzeugersimulation für das Zielszenario stellt sich dabei wie folgt dar.

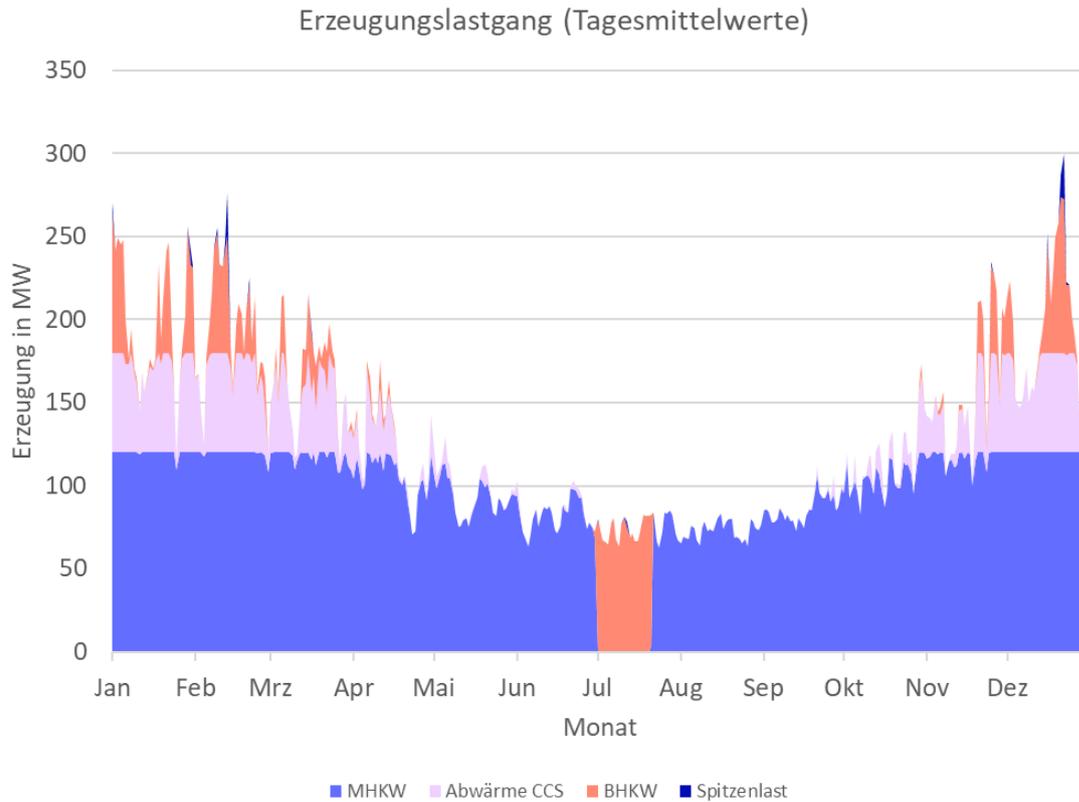


Abbildung 80: Erzeugersimulation Netzgebiet Uni+Ost für das Zielszenario

Erschließungsrisiken können sich insbesondere hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit der CCS-Anlage ergeben. Sollte sich im weiteren Verlauf zeigen, dass die Potenziale nicht oder nicht im notwendigen Umfang erschlossen werden können, wären andere in der Potenzialanalyse aufgezeigte Standorte oder Quellen zu prüfen.

Für die zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes wurden konzeptionell die gleichen Annahmen getroffen wie für das Netzgebiet West (vgl. Kapitel 6.2.2; inhaltlich angepasst auf die Bedingungen des Netzgebiets Uni+Ost). Mit diesen Annahmen konnte ein konkreter Ausbauumfang für die beiden Zeiträume 2025 bis 2030 und 2030 bis 2035 abgeleitet werden. Die in diesem Umfang nicht enthaltenen Ausbaupotenziale wurden dem verbleibenden Zeitraum ab 2035 zugeordnet. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich folgendes zeitliche Ausbauszenario.

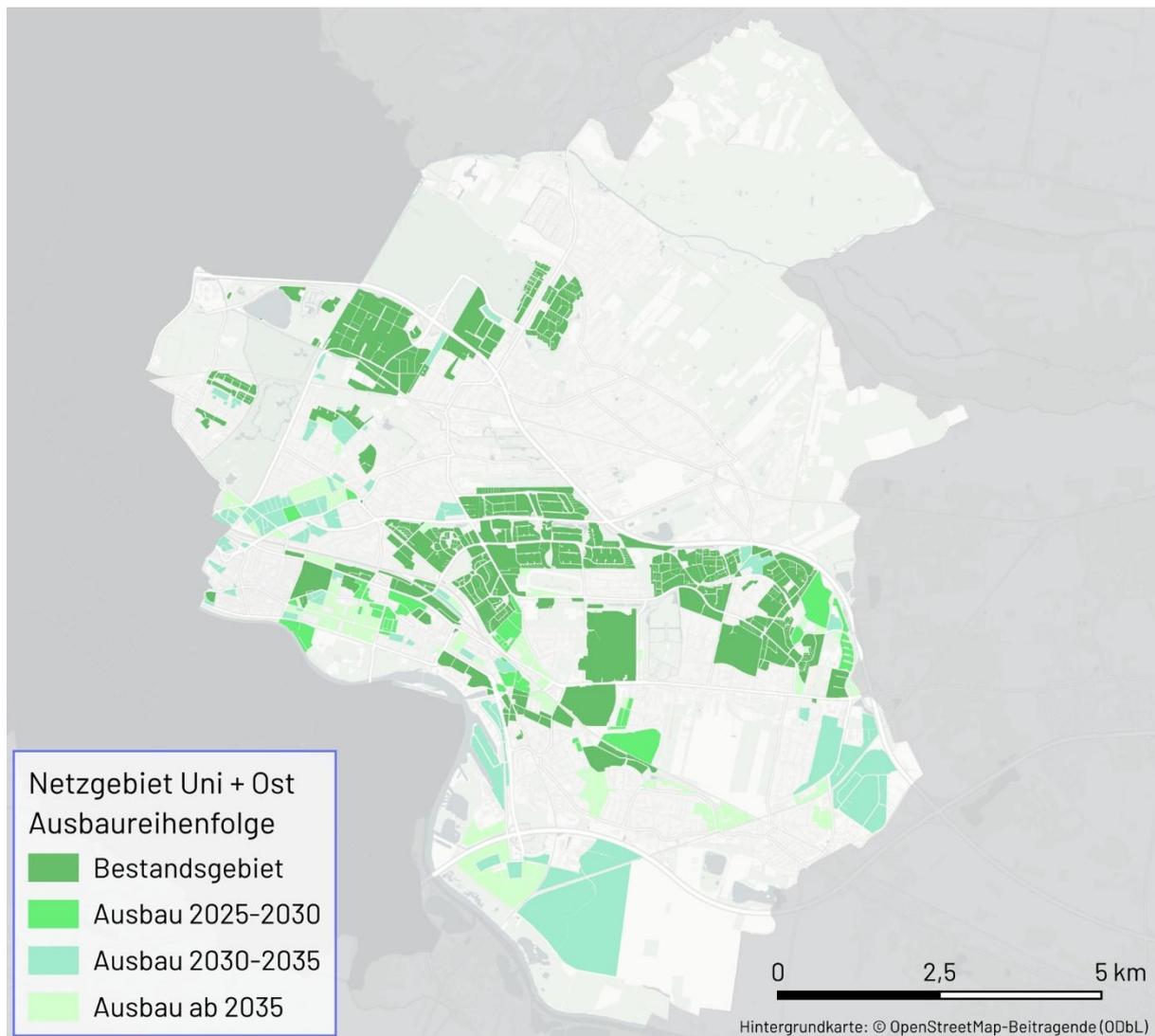


Abbildung 81: Zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet Uni+Ost

Ein Baublock gilt dabei als durch ein Wärmenetz erschlossen, wenn der Wärmebedarf des Baublocks im Zielszenario zu mindestens 50 % durch das Wärmenetz gedeckt wird (Bezug: Wärmebedarf exkl. Industrie). Die Zuordnung bezieht sich nur auf diese Darstellung. Zum Teil werden auch nicht eingefärbte Baublöcke anteilig über das Wärmenetz erschlossen, jedoch wird dort der Wärmebedarf mit weniger als 50 % durch das Wärmenetz gedeckt.

Für die zeitliche Ausbaureihenfolge des Netzes wurde ein zeitlicher Ausbau des Erzeugerportfolios erstellt (Abbildung 82). Im Ist-Zustand (2024) wird die Wärme durch die Anlagen zur thermischen Abfallverwertung (MHKW), das Erdgas-BHKW, das Kohleheizkraftwerk Hastedt Block 15 und Spitzenlastkessel bereitgestellt. Das Kohle-Heizkraftwerk wurde im April 2024 stillgelegt und steht aktuell nicht mehr zur Verfügung. Für das MHKW plant die swb ebenfalls eine CCS-Anlage. In diesem Wärmeplan wird eine Umsetzung spätestens bis zum Zielszenario angenommen. Die Spitzenlastkessel und das BHKW sollen zunächst weiter mit Erdgas betrieben und spätestens im Zielszenario auf biogene oder synthetische Gase umgestellt werden. Die sich daraus ergebende zeitliche Entwicklung des Erzeugerportfolios zeigt folgende Abbildung.

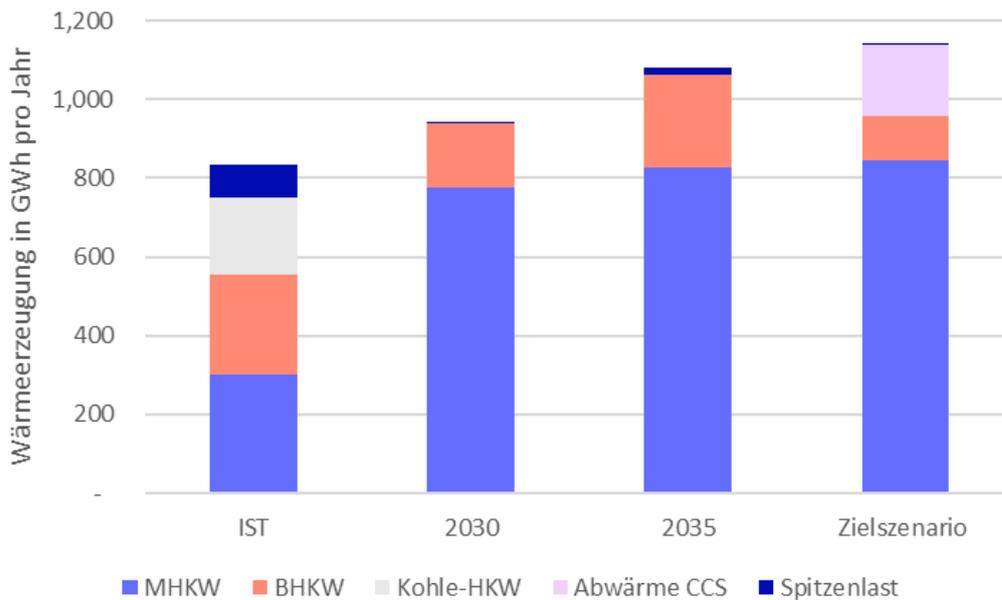


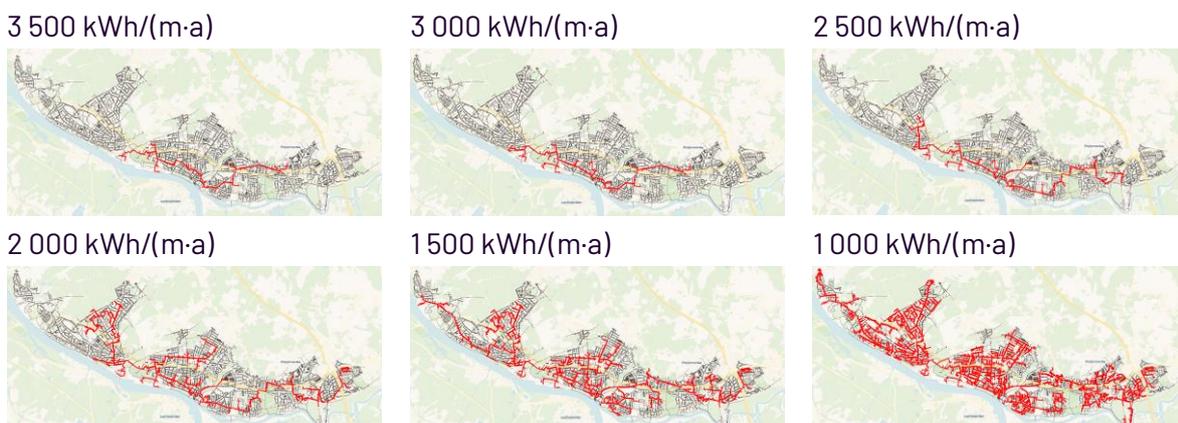
Abbildung 82: Zeitliche Ausbaureihenfolge der Erzeugung für das Netzgebiet Uni+Ost

6.3 Ausbaukonzept für Wärmenetze in Bremen Nord

6.3.1 Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit

Für Bremen Nord wurde die Betrachtung analog zu den swb-Fernwärmenetzen im Gebiet West-Mitte-Ost durchgeführt. Mit dem Unterschied, dass in Bremen Nord kein Netzausbau, sondern der Aufbau eines neuen Wärmenetzes durch *energycity Contracting* – ausgehend von der Abfallentsorgungsanlage Heizkraftwerk Blumenthal – betrachtet wird. Von *energycity* wurde ein Suchgebiet für Wärmekunden benannt, das große Teile nördlich der Lesum abdeckt.

Es wurden mehrere Varianten für den Fernwärmeausbau mit Variation der Grenzwärmelinien-dichte von 750 kWh/(m·a) bis 3 500 kWh/(m·a) erstellt. Die durch den Algorithmus identifizierten Netze sind in folgender Abbildung grafisch und in Tabelle 33 anhand von Kenngrößen dargestellt.



750 kWh/(m-a)



Abbildung 83: Netzausbauszenarien Netzgebiet Nord für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinendichte von 750 bis 3 500 kWh/(m-a).

Tabelle 33: Netzausbauszenarien in Bremen Nord für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinendichte von 750 bis 3 500 kWh/(m-a)

Ausbauvariante in kWh/(m-a)	750	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
Trassenlänge Transportleitungen in km	218	161	86	60	27	20	11
Trassenlänge Hausanschlüsse in km	107	78	33	20	7	5	3
Potenzieller Wärmeabsatz 2038 gesamt in GWh/a	376	326	236	190	116	96	68
Wärmelinendichte in kWh/(m-a)	1.155	1.363	1.978	2.374	3.397	3.932	4.817

Die Anteile am Wärmebedarf, die über das Wärmenetz je nach Ausbauvariante gedeckt werden können, sind in folgender Abbildung auf Ebene der Ortsteile dargestellt. Für die hier aufgeführten Fernwärme-Bestandsnetze wurden keine Verdichtungspotenziale betrachtet. Die Anteile der Nahwärmenetze, die in den Ortsteilen Lüssum-Bockhorn (10 %), Schönebeck (14 %) und Grohn (6 %) liegen, sind in dieser Darstellung (und in Abbildung 86) aus technischen Gründen nicht als Bestand, sondern als Ausbaupotenzial ausgewiesen.

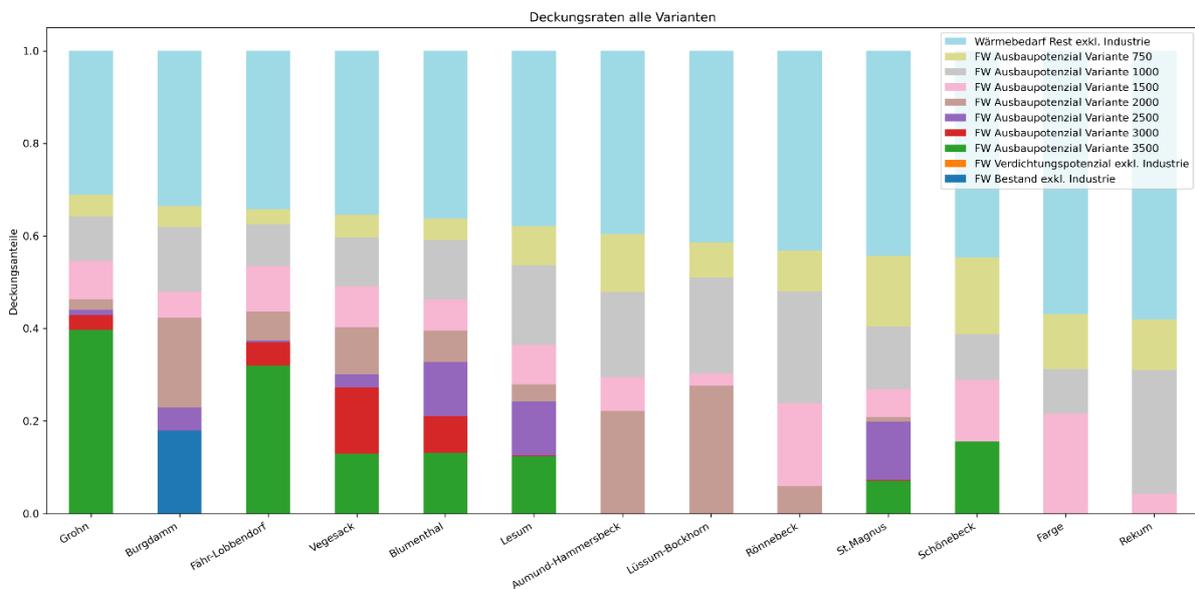


Abbildung 84: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand und Ausbaupotenzial der Netzvarianten für die betrachteten Ortsteile in Bremen Nord

Die Annahmen und die Methode bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden in Kapitel 6.2 beschrieben. Für die Fernwärmeerzeugungskosten wurden in Abstimmung mit dem Netzbetreiber 62,6 €/MWh angenommen. Entsprechend wurden keine Kosten für die Verstärkung des bestehenden Netzes einkalkuliert, da es sich im Wesentlichen um den Aufbau eines neuen Wärmenetzes handelt. Als anlegbarer Preis wurde für Bremen Nord auch der Fernwärmetarif der swb-Fernwärmenetze angesetzt.

Ergebnisse

Die folgende Abbildung zeigt die Wärmegestehungskosten unter Berücksichtigung der BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten für Bremen Nord (farbige Punkte). Jeder Punkt stellt eine der Ausbauvarianten in einem Ortsteil dar (s. Farbcode in der Legende). Zudem sind die mittleren Tariferlöse (inkl. Aufschlag von 5 %, gestrichelte Linie) dargestellt.

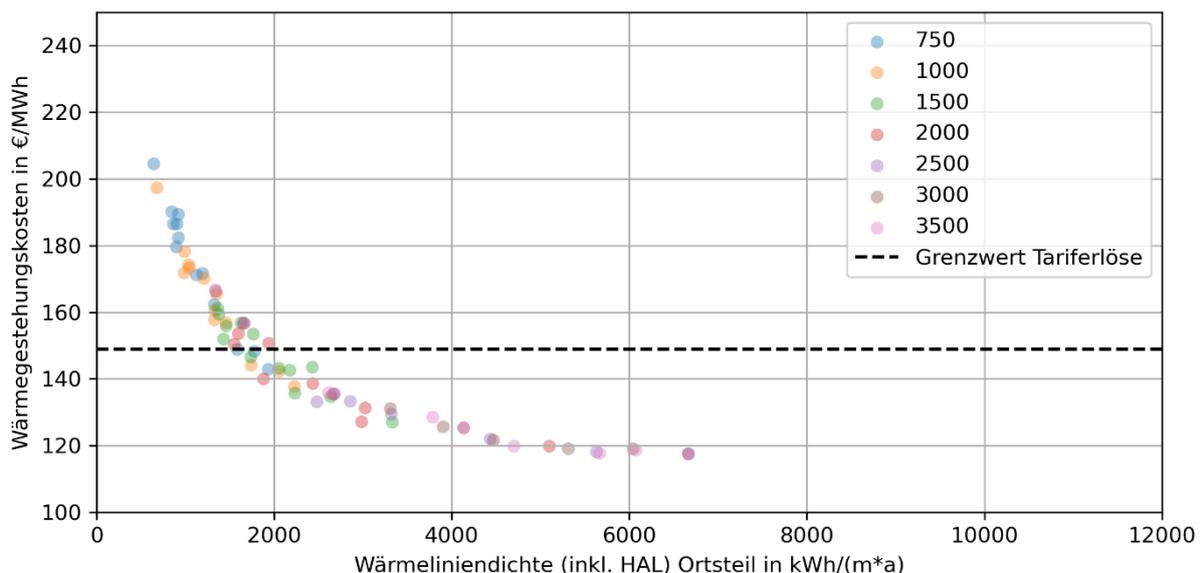


Abbildung 85: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten in Bremen Nord

Alle Punkte unterhalb der gestrichelten Linie können nach dieser Bewertung wirtschaftlich umgesetzt werden. Alle Kostenangaben sind als nominaler Wert (mit 2 % Steigerung über 20 Jahre) angegeben und dürfen nicht direkt mit den heutigen Kosten bzw. Energieträgerpreisen verglichen werden.

Zur Identifizierung von Eignungsgebieten für Fernwärme wurde im nächsten Schritt für jeden Ortsteil die wirtschaftliche Netzausbauvariante ermittelt. Dabei wurde „wirtschaftlich“ so definiert, dass die Wärmegestehungskosten die potenziellen Tariferlöse um maximal 5 % überschreiten. Das jeweils wirtschaftliche Ausbaupotenzial der Ortsteile bei BEW-Förderung ist im Folgenden als Balkendiagramm dargestellt.

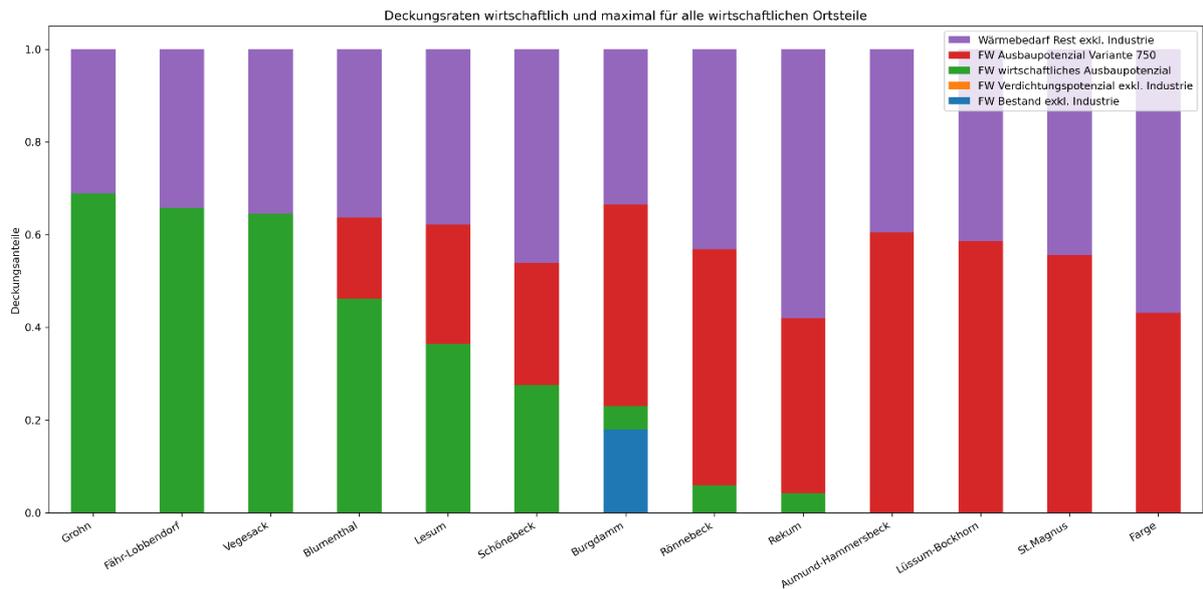


Abbildung 86: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für Ortsteile in Bremen Nord bei BEW-Förderung

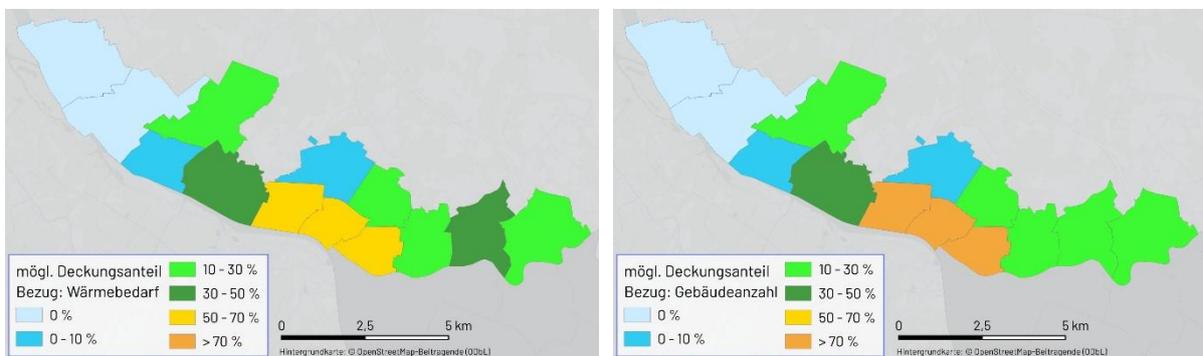


Abbildung 87: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Gebiet Bremen Nord Ortsteilen bei einer BEW-Förderung; Bezug links: Wärmebedarf. Bezug rechts: Anzahl Gebäude.

Diverse Kennzahlen zum Wärmebedarf (ohne Industrie) in den betrachteten Ortsteilen und die möglichen Deckungsanteile des Wärmebedarfs durch das neue Wärmenetz sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Weiterhin sind erforderliche Leitungslängen und Investitionen für den Wärmenetzaufbau dargestellt.

Tabelle 34: Kennzahlen für wirtschaftlich erschließbaren Aufbau des Wärmenetzes in Bremen Nord

Summen der betrachteten Ortsteile (ohne Industrie)	Wert
Wärmebedarf 2038 gesamt in GWh/a	628
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Ist in GWh/a	32
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Ausbau (zusätzlich) in GWh/a	206

Summen der betrachteten Ortsteile (ohne Industrie)	Wert
Anteil Wärmenetze im Ziel-Ausbau in %	37
Länge Transportleitungen Ausbau in km	87
Länge Hausanschlussleitungen Ausbau in km	36
Durchschnittliche Wärmelinienichte Ausbau in KWh/(m-a)	1.675
Investitionen Ausbau in Mio. €	251
Investitionen Ausbau nach Förderung und BKZ in Mio. €	116
Fördervolumen Ausbau in Mio. €	100

6.3.2 Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario

Nachdem ein Netzausbauszenario für das Zielszenario erarbeitet wurde, wurden im nächsten Schritt Erzeugerkonzepte und zeitliche Ausbauszenarien betrachtet. Diese wurden im Austausch mit der enercity Contracting diskutiert, die konkrete Ausbaupläne für Bremen Nord vorantreibt. Für das in Kapitel 6.3.1 dargestellte Netzausbaukonzept für das Netzgebiet Bremen Nord wurde unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsentwicklung aus Kapitel 4.1 folgender Wärmelastgang für den Zielzustand entwickelt.

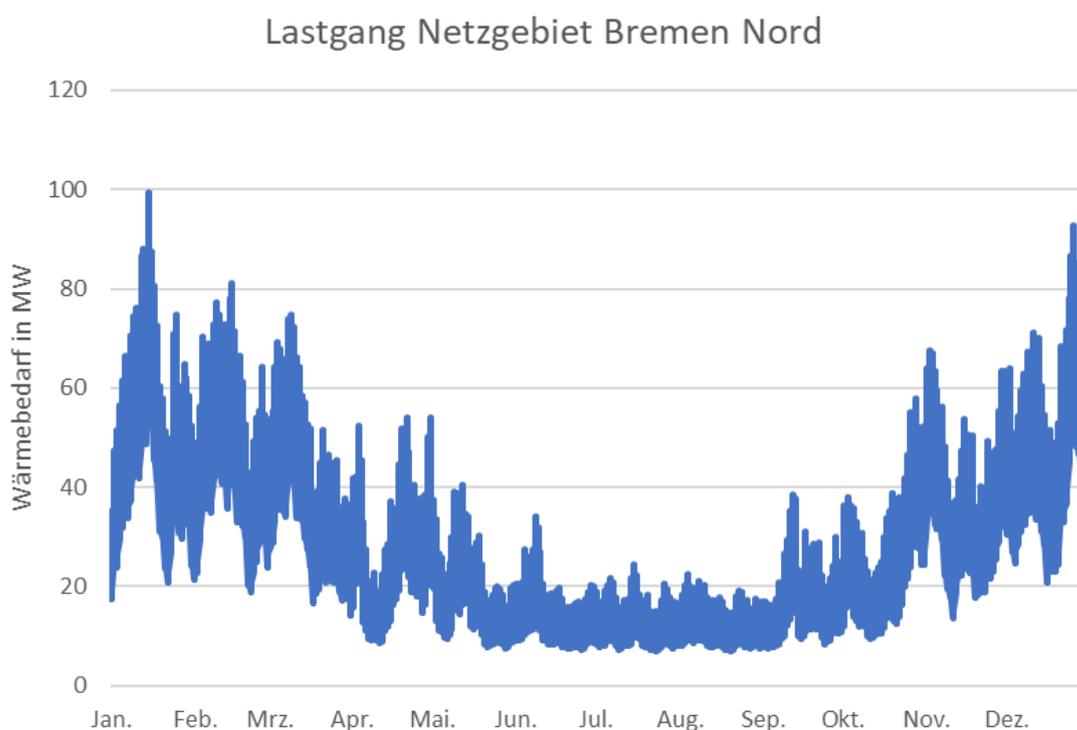


Abbildung 88: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet Nord

Die Erzeugung basiert maßgeblich auf den Abwärmepotenzialen aus dem MHKW Blumenthal. Dieses wird zunächst durch einen Gasspitzenlastkessel ergänzt, der spätestens im Zielszenario auf

synthetische Gase, zum Beispiel Biomethan oder grünen Wasserstoff, umgerüstet werden soll. Sollte diese Erzeugerkombination im Zielzustand nicht ausreichend sein, wäre die Erweiterung mit einer Luft- oder Fluss-Großwärmepumpe am Standort HKW Blumenthal denkbar. In Abbildung 89 wird daher auf Basis der Potenzialanalyse ein Erzeugerportfolio inklusive einer Flusswasser-Großwärmepumpe dargestellt. Das daraus resultierende Erzeugerportfolio erscheint geeignet, sowohl eine wirtschaftliche und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung als auch eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Diese Vorgehensweise ist in einem Gesprächsprozess mit der enercity Contracting diskutiert worden. Die Erzeugersimulation für das Zielszenario stellt sich wie folgt dar.

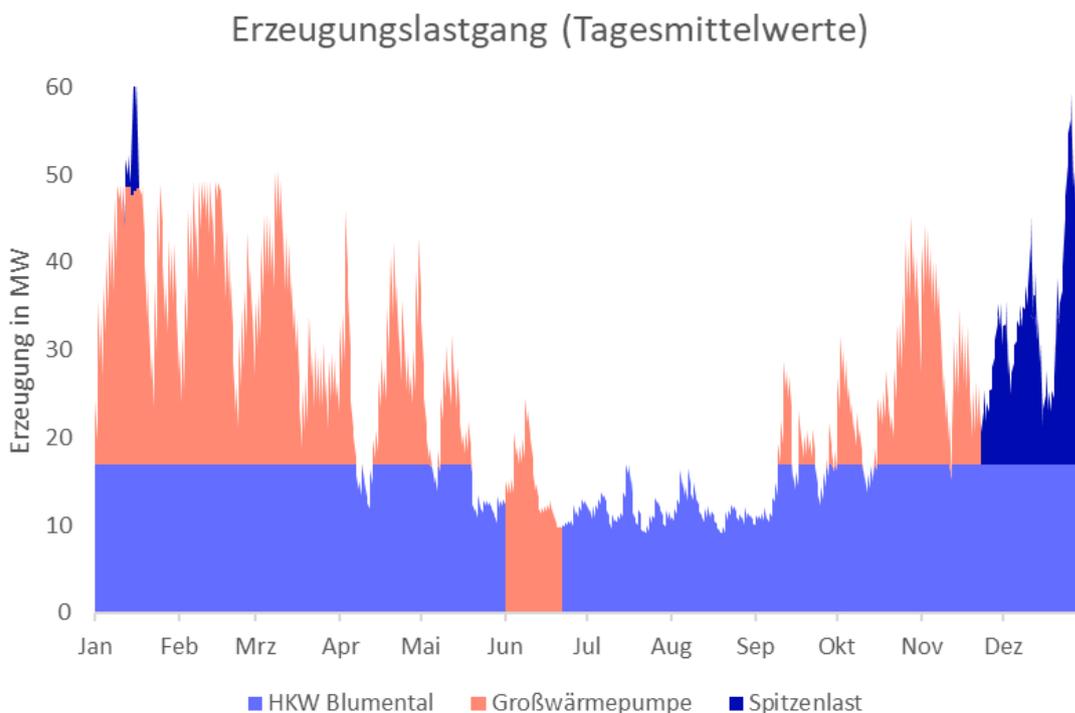


Abbildung 89: Erzeugersimulation Netzgebiet Bremen Nord für den Zielzustand

Zur Bestimmung der zeitlichen Ausbaureihenfolge für Bremen Nord wurden von enercity Contracting Informationen zur derzeitigen, noch vorläufigen Trassenplanung bereitgestellt. Diese wurden durch die zeitliche Ausbaureihenfolge ergänzt, die sich nach Priorisierung des Kriteriums Wärmelinienendichte ergibt.

Mit diesen Annahmen konnte ein Ausbaumfang für die beiden Zeiträume 2025 bis 2030 und 2030 bis 2035 abgeleitet werden. Die in diesem Umfang nicht enthaltenen Ausbaupotenziale wurden dem verbleibenden Zeitraum ab 2035 zugeordnet. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich folgendes zeitliche Ausbauszenario.

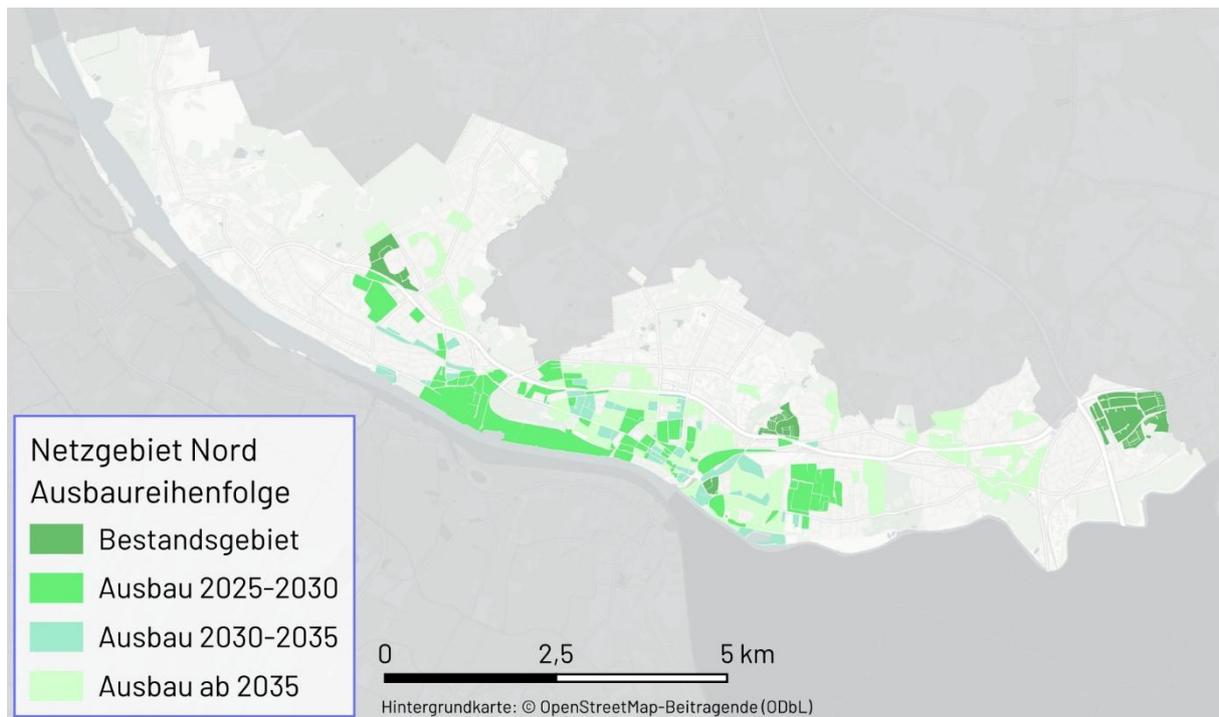


Abbildung 90: zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet Bremen Nord

Ein Baublock gilt dabei als durch ein Wärmenetz erschlossen, wenn der Wärmebedarf des Baublocks im Zielszenario zu mindestens 50 % durch das Wärmenetz gedeckt wird (Bezug: Wärmebedarf exkl. Industrie). Die Zuordnung bezieht sich nur auf diese Darstellung. Zum Teil werden auch nicht eingefärbte Baublöcke anteilig über das Wärmenetz erschlossen, jedoch wird dort der Wärmebedarf mit weniger als 50 % durch das Wärmenetz gedeckt.

Für diese zeitliche Ausbaureihenfolge des Netzes wurde folgender Ansatz für das Erzeugerportfolio verfolgt: Für die Wärmeerzeugung wird bis 2035 das Heizkraftwerk (HKW) Blumenthal mit 17 MW_{th} in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel genutzt. Das HKW Blumenthal ist eine Ersatzbrennstoffanlage, in welcher aufbereitete Abfälle verbrannt werden. Diese Abwärme gilt gemäß WPG als unvermeidbare Abwärme und ist somit mit erneuerbarer Wärme gleichgestellt. Im Zielszenario ist eine zusätzliche Großwärmepumpe mit 35 MW_{th} berücksichtigt und die Spitzenlast auf synthetische Gase umgestellt.

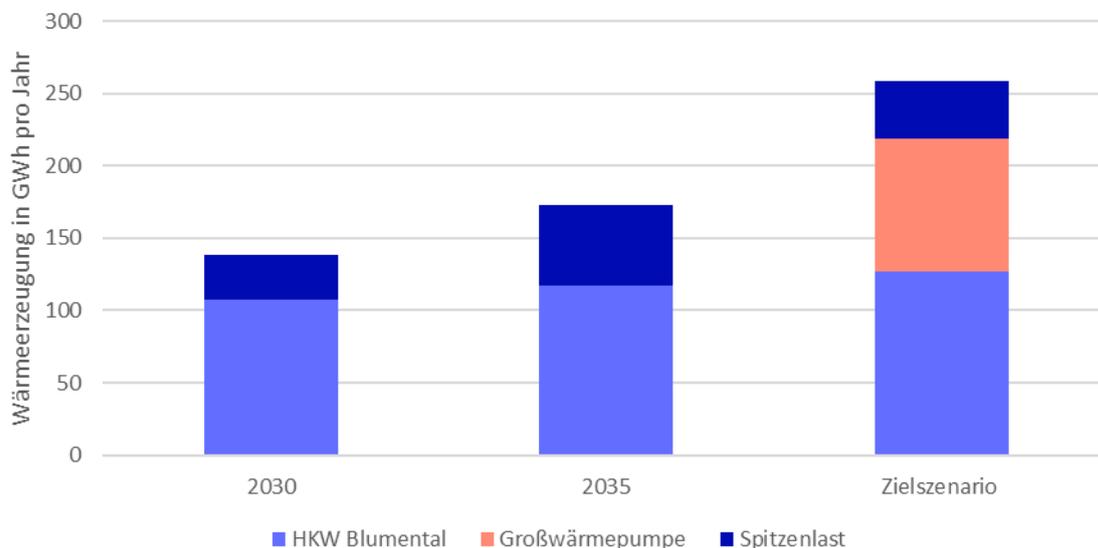


Abbildung 91: Zeitliche Ausbaureihenfolge für die Erzeugung im Netzgebiet Bremen Nord

6.4 Ausbaukonzept für Wärmenetze in Bremen Süd bzw. Links der Weser

6.4.1 Bewertung der wirtschaftlichen Erschließbarkeit

Für Bremen Süd bzw. Links der Weser wurde die gleiche Betrachtung durchgeführt wie für die swb-Fernwärmenetze im Gebiet West-Mitte-Ost. In Bremen Süd handelt es sich um den Ausbau des bestehenden Wärmenetzes in Huchting/Sodenmatt sowie um den Aufbau eines oder mehrerer neuer Wärmenetze.

Die durch den angewendeten Algorithmus identifizierten Netze sind in Abbildung 92 grafisch und in Tabelle 35 anhand von Kenngrößen dargestellt. Hier wurde keine Variante mit dem Grenzwert 750 kWh/(m·a) berechnet, weil bereits bei 1000 kWh/(m·a) eine weitgehende Deckung der Wärmebedarfe in den Ortsteilen erreicht wird. Der resultierende Fernwärmeabsatz für neue Wärmenetze (kleinere bestehende Nahwärmenetze wurden nicht berücksichtigt) liegt im Bereich von etwa 190 GWh/a bis 460 GWh/a, also 21 % bis 51 % des Wärmebedarfs der Gebäude in Bremen Süd.

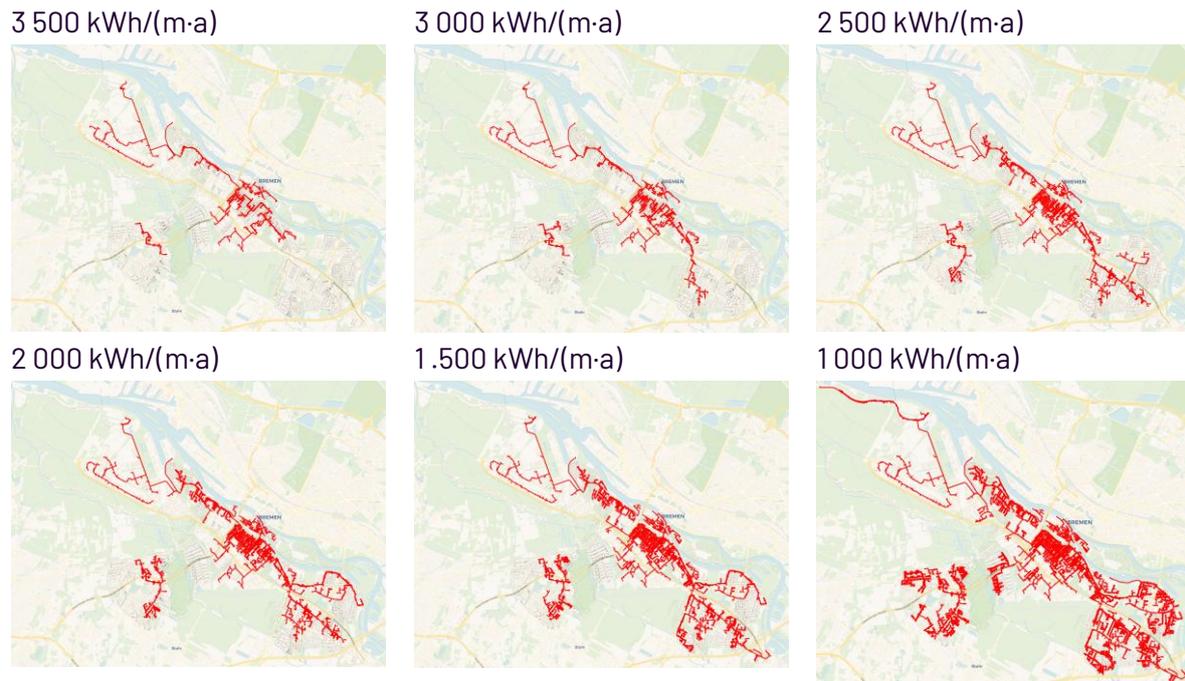


Abbildung 92: Netzausbauszenarien Netzgebiet Links der Weser für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinien-dichte von 1 000 bis 3 500 kWh/(m·a)

Tabelle 35: Netzausbauszenarien in Bremen Süd für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinien-dichte von 1 000 bis 3 500 kWh/(m·a)

Ausbauvariante in kWh/(m·a)	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
Trassenlänge Transportleitungen in km	198	140	110	89	61	47
Trassenlänge Hausanschlüsse in km	164	108	74	55	32	21
Potenzieller Wärmeabsatz 2038 gesamt in GWh/a	507	436	384	338	260	214
Wärmelinien-dichte in kWh/(m·a)	1.401	1.761	2.086	2.341	2.801	3.145

Die Anteile am Wärmebedarf, die über neue Wärmenetze je nach Ausbauvariante gedeckt werden können, sind in Abbildung 93 auf Ebene der Ortsteile dargestellt. Als Fernwärme-Bestand sind hier mehrere Nahwärmenetze dargestellt. Verdichtungspotenziale wurden nur für Nahwärmenetze mit bekanntem Trassenverlauf betrachtet.

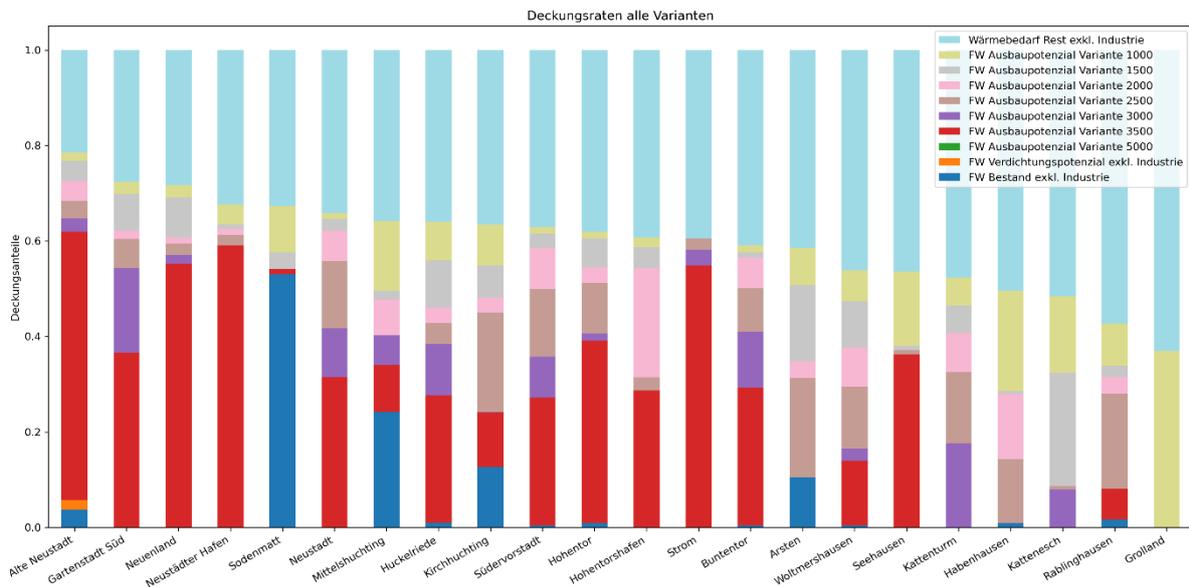


Abbildung 93: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand, Verdichtungspotenzial und Ausbaupotenzial der Netzvarianten für die betrachteten Ortsteile in Bremen Süd

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurden die gleichen Annahmen verwendet wie in den vorherigen Kapiteln. Die größte Unsicherheit ist die Annahme der Wärmeerzeugungskosten, da für dieses Gebiet noch keine Erzeuger existieren. Auf Basis einer groben Abschätzung für ein Erzeugerkonzept mit Großwärmepumpen in den Kläranlagen Seehausen und mit Flusswasser wurde mit angenommenen 75 €/MWh und mit 2 % Preissteigerung pro Jahr (entspricht 87 €/MWh LCOH nominal) gerechnet. Auf Basis der Potenzialanalyse erscheinen diese Erzeuger besonders geeignet, um zu einer wirtschaftlichen Lösung und hoher Versorgungssicherheit beizutragen.

Ergebnisse

Die Abbildung 94 zeigt die Wärmegestehungskosten einschließlich der BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten (farbige Punkte). Jeder Punkt stellt eine der fünf Ausbauvarianten in einem Ortsteil dar (vgl. Farbcode in der Legende). Zudem sind die mittleren Tariferlöse (gestrichelte Linie, inkl. Aufschlag von 5 %) dargestellt. Alle Punkte unterhalb der gestrichelten Linie können nach dieser Bewertung wirtschaftlich umgesetzt werden. Alle Kostenangaben sind als nominaler Wert (mit 2 % Steigerung über 20 Jahre) angegeben und dürfen nicht direkt mit den heutigen Kosten und Energieträgerpreisen verglichen werden.

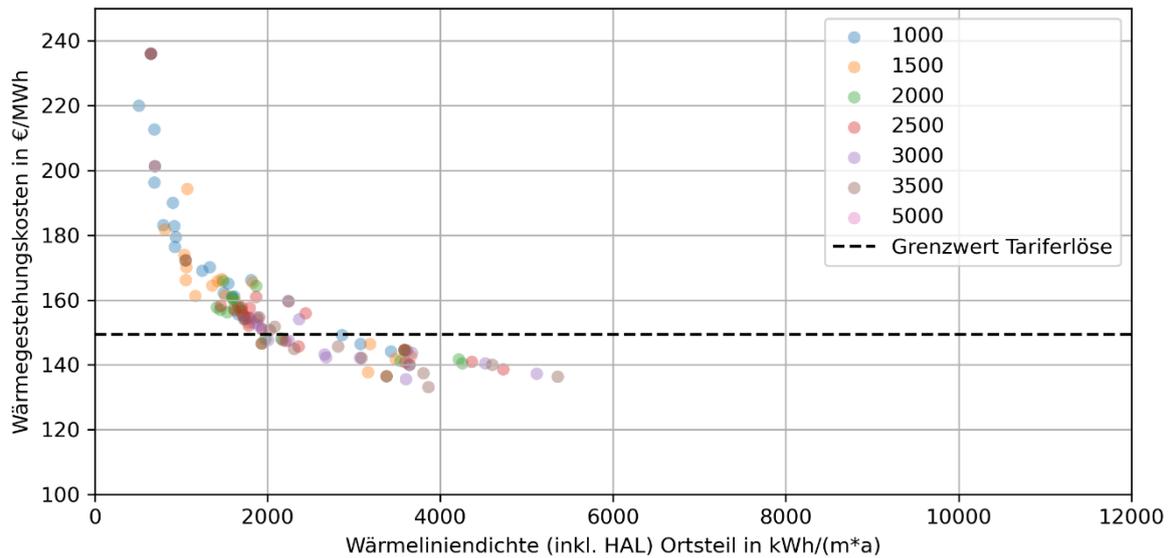


Abbildung 94: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten in Bremen Süd.

Zur Identifizierung von Eignungsgebieten für Fernwärme wurde im nächsten Schritt für jeden Ortsteil die wirtschaftliche Netzausbauvariante ermittelt. Dabei wurde „wirtschaftlich“ so definiert, dass die Wärmegestehungskosten die potenziellen Tariferlöse maximal um 5 % überschreiten. Das jeweils wirtschaftliche Ausbaupotenzial der Ortsteile bei BEW-Förderung ist im Folgenden als Balkendiagramm sowie unten in der Karte für das gesamte Gebiet dargestellt (vgl. Abbildung 96).

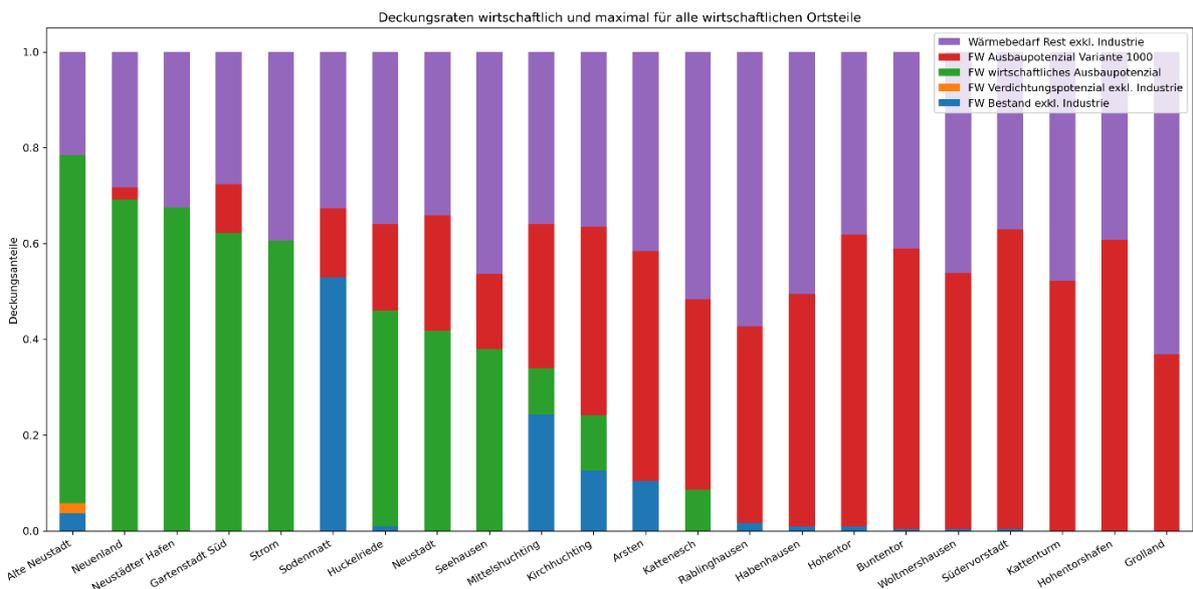


Abbildung 95: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für Ortsteile in Bremen Süd bei BEW-Förderung

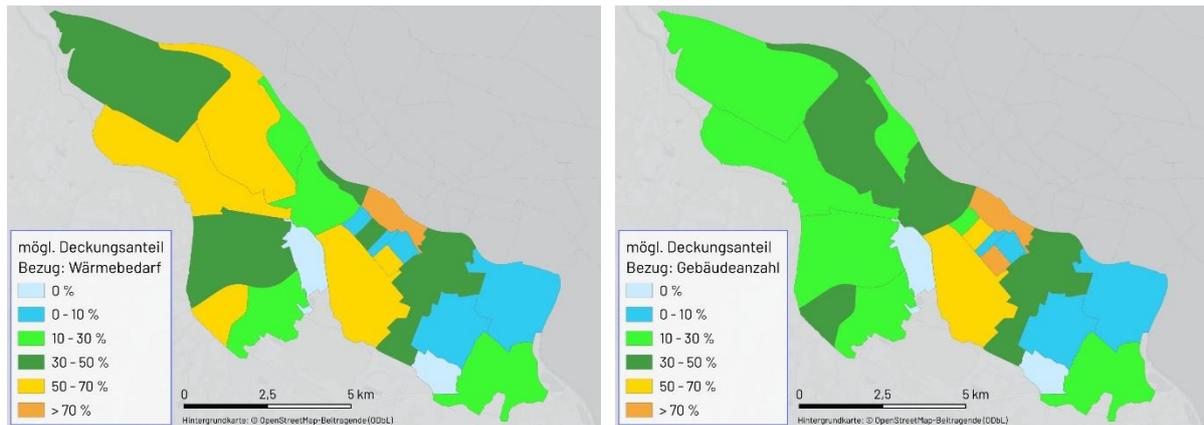


Abbildung 96: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Gebiet Bremen Süd Ortsteilen bei einer BEW-Förderung; Bezug links: Wärmebedarf; Bezug rechts: Anzahl Gebäude.

Diverse Kennzahlen zum Wärmebedarf der betrachteten Ortsteile (ohne Industrie) und zu möglichen Deckungsanteilen des Wärmebedarfs durch das neue Wärmenetz sind in

Tabelle 36 zusammengefasst. Weiterhin sind die erforderlichen Leitungslängen und Investitionen für den Wärmenetzaufbau dargestellt. Nach der Bewertung könnte etwa ein Drittel des Wärmebedarfs der Ortsteile durch bestehende und neue Wärmenetze gedeckt werden.

Tabelle 36: Kennzahlen für wirtschaftlich erschließbaren Aufbau neuer Wärmenetze in Bremen Süd (Links der Weser)

Summen der betrachteten Ortsteile (ohne Industrie)	Wert
Wärmebedarf 2038 gesamt in GWh/a	929
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Ist in GWh/a	59
Wärmebedarf 2038 Fernwärme-Ausbau (zusätzlich) in GWh/a	248
Anteil Wärmenetze im Ziel-Ausbau in %	33
Länge Transportleitungen Ausbau in km	69
Länge Hausanschlussleitungen Ausbau in km	34
Durchschnittliche Wärmelinienendichte Ausbau in kWh/(m·a)	2.531
Investitionen Ausbau in Mio. €	211
Investitionen Ausbau nach Förderung und BKZ in Mio. €	94
Fördervolumen Ausbau in Mio. €	84

6.4.2 Erzeugerkonzept und zeitliches Netzausbauszenario für das Netzgebiet Bremen Süd

Die in Kapitel 6.4.1 dargestellten Netzausbauszenarien legen es nahe, ein zusammenhängendes größeres Netz (im östlichen Teil, gewissermaßen entlang der Weser) und ein weiteres separates Nahwärmenetz (im westlichen Teil, Bereich Huchting) zu entwickeln (vgl. Abbildung 92). Das in diesem Kapitel dargestellte Erzeugerkonzept und das zeitliche Netzausbauszenario beziehen sich auf das größere Netz im östlichen Bereich. Auf das Nahwärmenetz in Huchting wird in Kapitel 6.5 eingegangen.

Für das Netzausbaukonzept und unter Berücksichtigung der Wärmebedarfsentwicklung aus Kapitel 4.1 wurde folgender Wärmelastgang für den Zielzustand entwickelt.

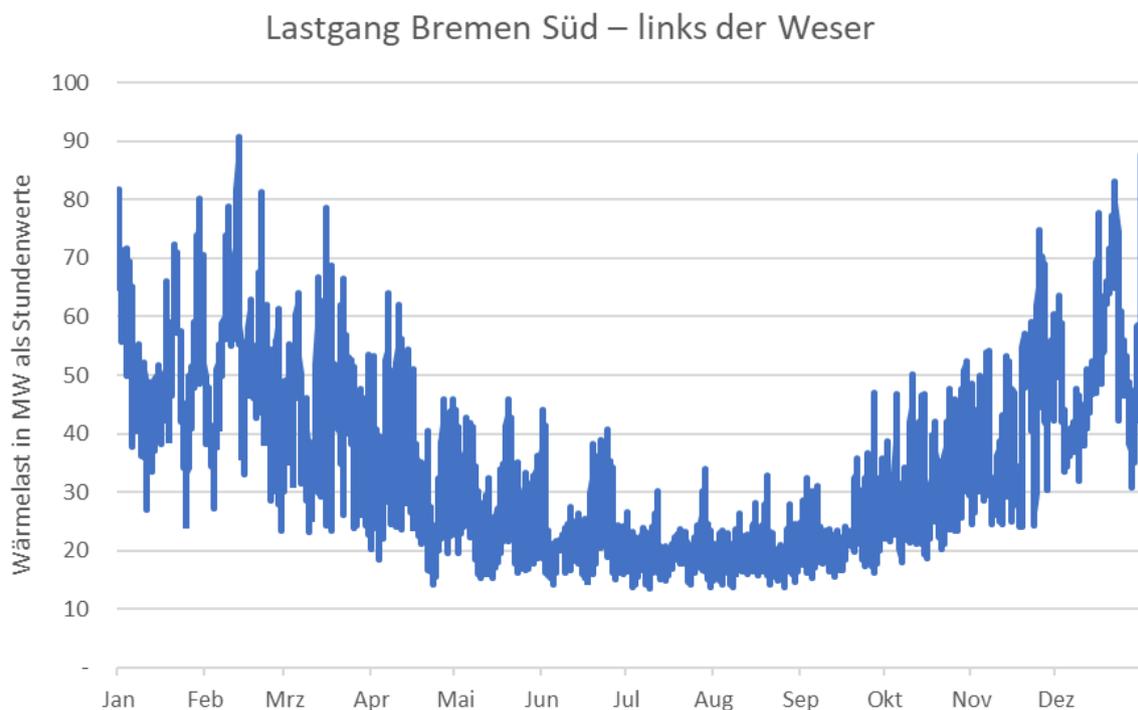


Abbildung 97: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet Bremen Süd

Für das Wärmenetz Süd werden besonders die folgenden großskaligen Erzeugerpotenziale für erneuerbare Wärme priorisiert. Das resultierende Erzeugerportfolio erscheint geeignet, eine wirtschaftliche und treibhausgasneutrale Wärmeversorgung sowie eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten (vgl. Kapitel 4 zur Potenzialanalyse):

- Großwärmepumpe bei der Kläranlage Seehausen mit bis zu 30 MW thermischer Leistung
- Großwärmepumpe mit Flusswasser (Weser) als Wärmequelle mit bis zu 70 MW thermischer Leistung pro Standort

Zur Deckung der Spitzenlasten und als Reserve werden Heizwerke vorgesehen. Der Anteil von Heizwerken an der jährlichen Wärmebereitstellung wurde auf 10 % begrenzt. Diese können zunächst mit Erdgas betrieben werden und später auf Biomethan oder synthetische Energieträger umgestellt werden. Eine Grenze von 10 % für fossile Heizwerke leitet sich dabei aus den Anforderungen der BEW für neue Netze ab. Die Ergebnisse für den Erzeugungslastgang im Jahresverlauf sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

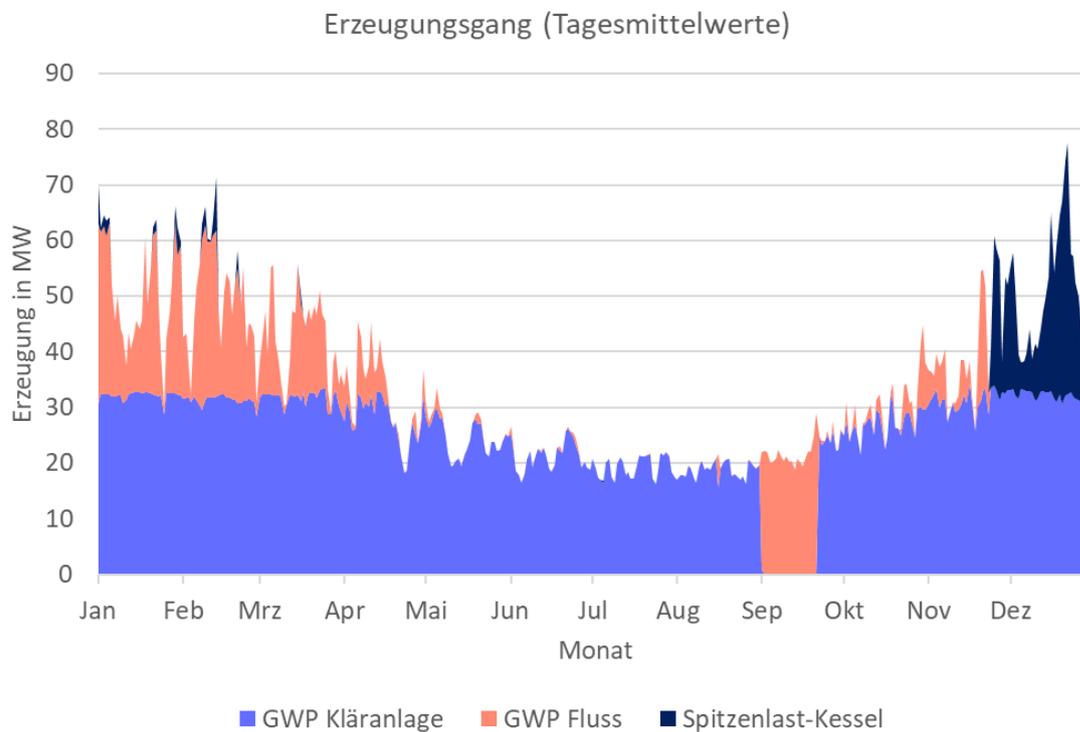


Abbildung 98: Erzeugersimulation Netzgebiet Bremen Süd für den Zielzustand

Mit den ermittelten Potenzialen der Wärmequellen (30 MW Großwärmepumpe Kläranlage Seehausen und 70 MW Großwärmepumpe Flusswasser) können 90 % der Wärme bereitgestellt werden. 10 % werden durch Heizwerke sichergestellt, wobei neben der reinen Spitzenlast auch der Wärmebedarf im Dezember gedeckt wird. In den Wintermonaten kann die Flusswärmepumpe nicht betrieben werden, wenn die Flusstemperatur unter 5 °C sinkt. Nach den Temperaturdaten von 2022 war dies im Dezember der Fall. Für die Erzeugersimulation wird davon ausgegangen, dass diese Dauer repräsentativ ist. Sie könnte innerhalb des Winters jedoch zu einem anderen Zeitpunkt eintreffen.

Das Erzeugerkonzept kann noch weiter optimiert werden. Nach Angaben auf der Plattform für Abwärme der BfEE¹⁰ existieren Potenziale für industrielle Abwärme bei Melitta Group (Kaffeerös-

¹⁰ https://www.bfee-online.de/SharedDocs/Downloads/BfEE/DE/Effizienzpolitik/pfa_veroeffentlichung_daten.html?nn=1616544

tung) und Saturn Petcare (Produktion von Tiernahrung). Es wird empfohlen, vertiefende Gespräche mit den Unternehmen zu führen, um Möglichkeiten zur Auskopplung der Abwärme auszuloten. Da nach Angaben der swb bereits Gespräche mit beiden Unternehmen laufen, wurden im Rahmen der Wärmeplanung keine zusätzlichen angestrebt. Auch die Flusswärmepumpe könnte auf mehrere kleinere Geräte und Standorte aufgeteilt werden. Zum Beispiel, um diese auf den Bau erster kleinerer Netze zu konfigurieren (wie es das Konzept von swb im östlichen Bereich der Neustadt vorsieht). Diese Optimierungen und Anpassungen der Erzeugerkonzepte sollten erst bei einer konkreten Planung erfolgen, da sie in der nötigen Detailtiefe nicht Bestandteil einer Wärmeplanung (als strategischem Planungsinstrument) sein können. Erschließungsrisiken liegen insbesondere in der technischen Umsetzbarkeit und den offenen genehmigungsrechtlichen Fragen für Flusswärmepumpen. Allerdings ist aufgrund der Vielzahl geplanter Projekte und vorhandenen Potenziale im Zusammenhang mit Flusswärmepumpen von einer Standardisierung der Genehmigungsprozesse und genehmigungsrechtlichen Anforderungen auszugehen.

Für die zeitliche Ausbaureihenfolge wurde auch für Bremen Süd angenommen, dass die Netzabschnitte in der Reihenfolge ihrer Wärmeliniendichte entwickelt werden. Denn dicht bebaute Gebiete und Straßenzüge mit hohen Wärmeliniendichten eignen sich besonders für Wärmenetze und werden somit vom Netzbetreiber prioritär entwickelt. Hohe Wärmeliniendichten ergeben sich dabei nur, wenn die Kunden entlang des jeweiligen Netzabschnitts auch bereit sind, sich in dem vom Netzbetreiber angestrebten Zeitfenster anzuschließen. Daher wurde in Abstimmung mit der swb geprüft, in welchen Netzbereichen sich aufgrund abgeschlossener Verträge oder zu erwartender Vertragsabschlüsse Neuanschlüsse voraussichtlich ergeben werden. Diese liegen vor allem in der Neustadt und Airportstadt. Diese Gebiete wurden für die beiden Zeiträume 2025 bis 2030 und 2030 bis 2035 berücksichtigt. Die darin nicht enthaltenen Ausbaupotenziale wurden dem verbleibenden Zeitraum ab 2035 zugeordnet. Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich folgendes zeitliches Ausbauszenario.

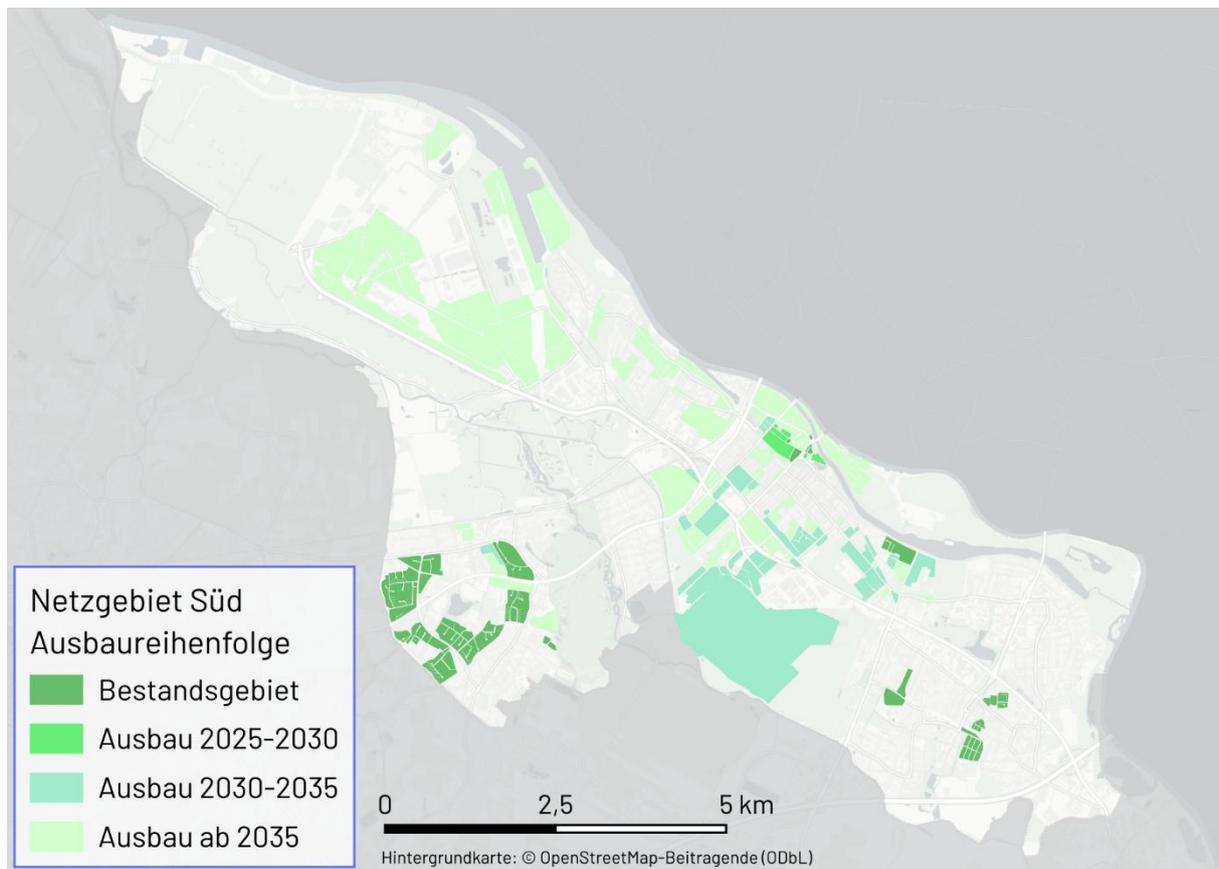


Abbildung 99: Zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet Bremen Süd

Ein Baublock gilt dabei als durch ein Wärmenetz erschlossen, wenn der Wärmebedarf des Baublocks im Zielszenario mindestens zu 50 % durch das Wärmenetz gedeckt wird (Bezug: Wärmebedarf exkl. Industrie). Diese Zuordnung bezieht sich nur auf die Darstellung. Zum Teil werden auch nicht eingefärbte Baublöcke anteilig über das Wärmenetz erschlossen, jedoch wird dort der Wärmebedarf mit weniger als 50 % durch das Wärmenetz gedeckt.

Da die zeitliche Ausbaureihenfolge des Netzes mit der Neustadt und Airportstadt beginnt, wurde zunächst die Flusswärmepumpe als Hauptwärmeerzeuger angesetzt. Die Großwärmepumpe an der Kläranlage kommt passend zum Netzausbau erst nach 2035.

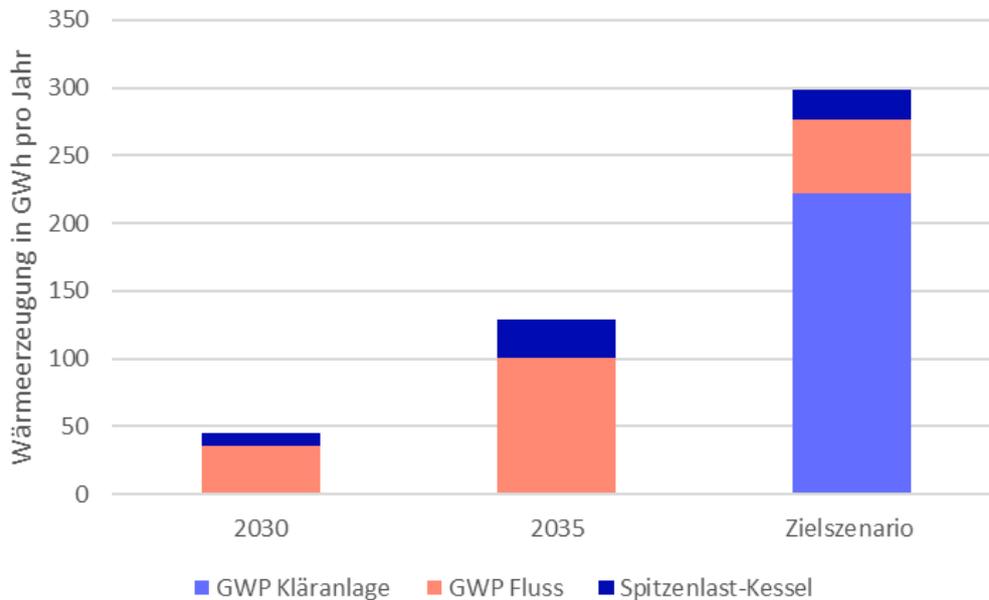


Abbildung 100: Zeitliche Ausbaureihenfolge für die Erzeugung im Netzgebiet Bremen Süd

6.5 Planungen für Nahwärmenetze

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Ausbaupotenziale für die bestehenden großen Netze (Gebiet West-Mitte-Ost) und die Potenziale beim Aufbau größerer Teilnetze in Bremen Nord und Bremen Süd dargestellt. Zusätzlich stellt sich die Frage, welche Entwicklungspotenziale für die Vielzahl der in Kapitel 3.4 dargestellten (kleineren) Nahwärmenetze gesehen werden. Diesbezüglich ist zunächst auf die im Wärmeatlas erfassten Wärmeverbrauchsichten (vgl. Abbildung 23) und Wärmelinienichten (vgl. Abbildung 24) hinzuweisen. Diese liefern auf der Grundlage der im Leitfaden zum WPG dargestellten Grenzwerte (vgl. Tabelle 1) erste Hinweise darauf, welche Bereiche für den Bau oder die Erweiterung von Nahwärmenetzen geeignet sein könnten.

Im Rahmen dieses Gutachtens erfolgte eine Abfrage bei den Betreibern der Nahwärmenetze zu den geplanten Ausbaumaßnahmen und zu den geplanten Maßnahmen zur Umstellung der Erzeugung auf erneuerbare Energien oder unvermeidbare Abwärme. Für die meisten Nahwärmenetze wurden entweder keine oder nur sehr geringfügige Ausbaumaßnahmen angegeben.

Dieses Ergebnis ist grundsätzlich nachvollziehbar. Nahwärmenetze sind in der Regel für eine bestimmte und räumlich begrenzte Versorgungsaufgabe konzipiert. Die Infrastruktureinrichtungen eines Nahwärmenetzes (Leitungen, Leitungsquerschnitte, Heizzentralen und Erzeugungsanlagen) sind darauf zugeschnitten. Über eine kleine Arrondierung hinaus, wäre eine relevante Netzerweiterung mit dem Bau von zusätzlicher Infrastruktur in größerem Ausmaß verbunden. Für die von der Wohnungswirtschaft betriebenen Wärmenetze war auch in der durchgeführten Abfrage eher die Bereitschaft erkennbar, die bestehenden Nahwärmenetze perspektivisch in die ausgebauten Fernwärmenetze zu integrieren. Auch die Wärmenetzbetreiber swb und enercity haben für ihre Nahwärmenetze entsprechende Absichten geäußert.

Im Rahmen dieses Gutachtens kann die Vielzahl der Nahwärmenetze nicht im Einzelnen und nicht in derselben Detailtiefe wie bei den Fernwärmenetzen untersucht werden. Insbesondere in den noch nicht klassifizierten Bereichen zur Eignung für ein Wärmenetz könnten Nahwärmenetze – ebenso wie die im Weiteren angesprochenen Anergienetze – neben dem Einsatz von dezentralen Wärmepumpen eine zusätzliche Option zur Wärmeversorgung darstellen. Wo und wann zukünftig Nahwärmenetze entstehen könnten, kann im Rahmen dieser Untersuchung räumlich nicht zugeordnet werden. Grundsätzlich können Nahwärmenetze auch in Bereichen entstehen, die sich nach diesem Gutachten für den Ausbau der Fernwärme eher nicht eignen. Ob diese Netze überhaupt entstehen werden, hängt sehr stark von wirtschaftlichen und förderpolitischen Rahmenbedingungen für die möglichen Wärmenetzbetreiber ab. Und ebenso von der grundsätzlichen Bereitschaft der Gebäudeeigentümer, sich an ein Wärmenetz anzuschließen, und zwar auch dann, wenn sich gegebenenfalls höhere Wärmepreise als in dieser Untersuchung unterstellt ergeben (vgl. etwa Kapitel 6.2.1).

Die folgenden Beispiele beruhen auf den Informationen der Wärmenetzbetreiber sowie auf eigenen Recherchen und geben einen Einblick in die relevanten Entwicklungen in diesem Bereich:

1. Kulenkampffallee (swb)

Das Zukunftsszenario für dieses Netz wird im Rahmen der seit Anfang 2025 laufenden BEW-Transformationsplanung für das Netz Uni+Ost entwickelt. Das Netz ist im Laufe des Jahres 2025 an die Verbindungsleitung des Netzes Uni+Ost angeschlossen worden.

2. Tabakquartier (swb)

Das Gebiet wird zu 90 % aus einer Abwasser-Wärmepumpe versorgt, zu 10 % aus Gasspitzenkesseln. Die vollständige Dekarbonisierung soll durch einen Anschluss an das Verbundnetz erfolgen (nach Machbarkeitsstudie). Alternativ kämen dekarbonisierte Spitzenkessel in Frage, falls ein Verbundnetz nicht zustande kommt.

3. Spurwerk (swb)

Das Spurwerk wird bereits vollständig dekarbonisiert von einer Wärmepumpe versorgt. Ein Anschluss an ein größeres, zusammenhängendes Netz in Bremen Süd ist seitens swb nicht geplant.

4. Neustadtswall (swb)

Das Netz Neustadtswall wäre Teil des Verbundnetzes und ist auch in der Machbarkeitsstudie für das Nahwärmenetz Vordere Neustadt enthalten, welche von swb durchgeführt wurde. Dort ist zunächst ein erweitertes Nahwärmenetz geplant, das später potenziell in das neue Verbundnetz für Bremen Süd integriert werden kann.

5. Airportstadt (swb)

Derzeit läuft eine Machbarkeitsstudie für den Bau eines neuen Nahwärmenetzes. Auch dieses Netz kann in das neue Verbundnetz in Bremen Süd integriert werden.

6. GVZ (swb)

Eine Machbarkeitsstudie für den Bau eines Wärmenetzes befindet sich in Planung.

7. Huchting (swb)

Für die derzeit bestehenden drei Teilnetze (Antwerpener Straße, Carl-Hurtzig-Straße und Delfter Straße) wird derzeit eine BEW-Transformationsplanung durchgeführt. Dabei wird die Herstellung eines zusammenhängenden Verbundnetzes Huchting und ein Ausbau geprüft. Für die Erzeugung kommt insbesondere die Umstellung auf eine Großwärmepumpe in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel in Frage.

8. Alfred-Faust-Straße in Arsten (swb, BREBAU und Techem)

Eine BEW-Transformationsplanung wird derzeit durchgeführt. Ein relevanter Ausbau ist unwahrscheinlich. Für die Umstellung der Erzeugung wird insbesondere eine Großwärmepumpe in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel gesehen.

9. Friedrich-Schröder-Straße in Seeland und Landskronastraße in MarBel (swb)

Ende 2024 wurden Anträge für die BEW-Transformationsplanungen eingereicht. Ein Ausbau ist derzeit nicht geplant. Für die Umstellung der Erzeugung werden insbesondere eine Großwärmepumpe in Verbindung mit einem Spitzenlastkessel gesehen.

10. An Rauchs Gut in Grohn (wesernetz und swb)

Es ist eine Machbarkeitsstudie für ein Nahwärmenetz mit Fertigstellung im Jahr 2026 geplant.

11. Überseeinsel (Überseeinsel GmbH)

Auf dem industriell vorgeprägten Areal entsteht ein neuer Stadtteil. Das geplante Energiekonzept gilt für eine Teilfläche von 9 ha und liegt auf dem ehemaligen Kellogg's-Werksgelände. Die geplanten Bauabschnitte (ca. 600 Wohnungen, öffentliche Einrichtungen und GHD) sollen durch ein Nahwärme- und Nahkältenetz der 4. Generation mit etwa 5 MW Heizlast und 3 MW Kühllast versorgt werden. Der überwiegende Teil der Wärme und 100 % des Kältebedarfs im Wärmenetz sollen über Wärmepumpen in Kombination mit einem Wärme- und Kältespeicher (Eis-Energiespeicher) erzeugt werden. Die Wärmeerzeugung basiert auf einer Flusswärmepumpe und einem Elektroheizstab.

12. Kornquartier

Im Kornquartier im Stadtteil Neustadt wird das Parkhaus von der STADT.ENERGIE.SPEICHER GmbH zu einem Parkspeicher ausgebaut. Das Konzept soll noch in diesem Jahr umgesetzt sein. Der Parkspeicher besteht aus einem Parkhaus mit Lademöglichkeiten für E-PKW und E-Fahrräder, PV auf dem Dach, Luft-Wasser-Wärmepumpen, Power-to-Heat-Modul, Batteriespeichern und Wärmespeicher. Die Parkspeicher sollen eine Wärmeleistung von 1 bis 3 MW thermisch bereitstellen und können den Wärmebedarf von Gebäuden im Umfeld des Speichers bereitstellen.

13. Zukunftsquartier Piek 17 (Bereich Hafenkante in der Überseestadt)

Die Wirtschaftsförderung Bremen (WFB) strebt im Bereich dieses Wirtschaftsstandorts die Realisierung eines Modellprojekts „Energiehaus“ an. Der Wirtschaftsstandort soll weitgehend klimaneutral mit Wärme und Strom versorgt werden. Dabei soll das Konzept auch benachbarte Wirtschaftsflächen neben der Kernfläche von Piek 17 als Optionsbereiche mit einbeziehen. Dazu zählen: Großmarkt, Speicher XI und das Industriegebiet am Holz- und Fabrikenhafen. Mit der Konzeptentwicklung soll nach Durchführung einer Ausschreibung ein privater Investor beauftragt werden, der die konkrete Konzeptentwicklung, Planung sowie den Bau und Betrieb der Energieversorgung übernimmt.

6.6 Planung von Anergienetzen

In vielen Bestandswohngebieten Bremens haben sich Anwohnerinitiativen gebildet, welche die Errichtung von kalten Nahwärmenetzen (Anergienetzen) auf Basis von Erdwärme für die Wärmeversorgung ihrer Häuser anstreben. In diesem Zusammenhang wurden der Verein ErdwärmeDich e. V. und die Genossenschaft ErdwärmeDich Anergienetze eG gegründet. Bei vielen Häusern im Altbaubestand des Quartiers sind die Grundstücke entweder klein und/oder auf der Gartenseite nicht zu erreichen. Die vorgeschriebenen Abstandsflächen für L/W-WP können für diese Häuser häufig nicht oder nur mit hohem Aufwand (über Schallschutzhauben) eingehalten werden. Der Verein und die Genossenschaft planen daher die Errichtung von Anergienetzen, die über Erdwärmesonden im öffentlichen Raum versorgt werden.

Das Netz besteht in diesem Konzept aus einer Ringleitung aus zwei ungedämmten Polyethylen-Rohren, die im öffentlichen Raum verlegt werden. Da es sich um ein kaltes Nahwärmenetz handelt, sind in den angeschlossenen Gebäuden dezentrale Sole-Wasser-Wärmepumpen zur Temperaturerhöhung notwendig. Das Netz soll ohne Zirkulationspumpe betrieben werden. Die dezentralen Wärmepumpen entnehmen unter Verwendung der werksseitig verbauten, primärseitigen Förderpumpen das benötigte Fluid aus der Vorlaufleitung und speisen es in die Rücklaufleitung wieder ein. An die Ringleitung werden in regelmäßigen Abständen Erdwärmesonden angeschlossen, um im Winter eine zu starke Auskühlung des Anergienetzes zu verhindern. Geplant wird mit Standard-Erdsonden mit einer Tiefe von etwa 300 m. In den Sommermonaten soll über das Anergienetz eine passive Kühlung der Gebäude realisiert werden. Eine erste, im Auftrag der Bremer Energiekonsens GmbH erstellte Machbarkeitsstudie schätzt das Konzept unter den gegebenen Randbedingungen als grundsätzlich realisierbar ein.

Im Rahmen der Beteiligung von Wärmenetzbetreibern, die nach WPG vorgesehen ist, wurde die ErdwärmeDich Anergienetze eG angeschrieben, um Daten zu ihren geplanten Anergienetzen und ihrem Pilotprojekt an die Stadt zu übermitteln. Da die Anergienetze noch nicht existieren und sich diese in ihren Eigenschaften grundlegend von den typischen Wärmenetzen unterscheiden, wurde mit ErdwärmeDich Anergienetze eG vereinbart, anstatt der typischen Datenabfrage für Wärmenetzbetreiber eher eine standortbezogene Datenauswertung über Anschlusswünsche durchzuführen. In den daraus erstellten Karten für die Stadt Bremen sind darauf aufbauend solche Straßen markiert, in denen sich Interessenten gemeldet haben. Da nicht zu lokalisieren ist, wo genau die Interessenten in den Straßen ansässig sind, sind die gesamten Straßen in voller Länge markiert.

In einem Abstimmungsgespräch mit Vertretern der ErdwärmeDich eG wurde mitgeteilt, dass sich bis April 2025 in verschiedenen Bereichen von Bremen über 1 000 Interessenten für den Anschluss an ein zukünftiges Anergienetz gemeldet haben. Daraus wurden seitens der ErdwärmeDich Anergienetze eG Cluster gebildet, die groß genug für ein Wärmenetz (17 Gebäude oder 100 Wohneinheiten) sein könnten. Es gibt inzwischen knapp über 25 solcher Cluster. Folgende Karte (vgl. Abbildung 1) zeigt eine Übersicht über die Straßenzüge, in denen sich zumindest Interessenten gemeldet haben. Im Pilotgebiet (Humboldtstraße) gibt es inzwischen 25 bis 30 Interessenten.

An einzelnen Stellen im Stadtgebiet wurden bereits Suchschachtungen durchgeführt. Geplant wird mit Standard-Erdsonden in einer Tiefe von etwa 300 m und einem Abstand von 6 bis 8 m. Daraus lässt sich nach aktueller Einschätzung der ErdwärmeDich Anergienetze eG eine Wärmemenge generieren, die für die Beheizung zum Beispiel des typischen sogenannten Bremer (Reihen-)Hauses ausreichend ist.

Aktuell fördert das Land Bremen vorbereitende Untersuchungen für Anergienetz-Pilotprojekte von Energiegenossenschaften (Freie Hansestadt Bremen, 2024). Im Untergrund in den Bereichen der öffentlichen Verkehrsflächen befindet sich in der Regel eine Vielzahl bestehender Versorgungsleitungen, deren Lage nicht immer genau bekannt ist.

Im Rahmen dieser Förderung werden daher Maßnahmen zur Lokalisierung bestehender Versorgungsleitungen unterstützt. Außerdem werden geothermische Probebohrungen und Machbarkeitsstudien gefördert. Die Hochschule Bremen begleitet die durchgeführten Vorhaben im Rahmen eines wissenschaftlichen Projekts, um die auftretenden Herausforderungen zu untersuchen und die Übertragbarkeit auf andere Quartiere zu überprüfen (Hochschule Bremen, 2024).

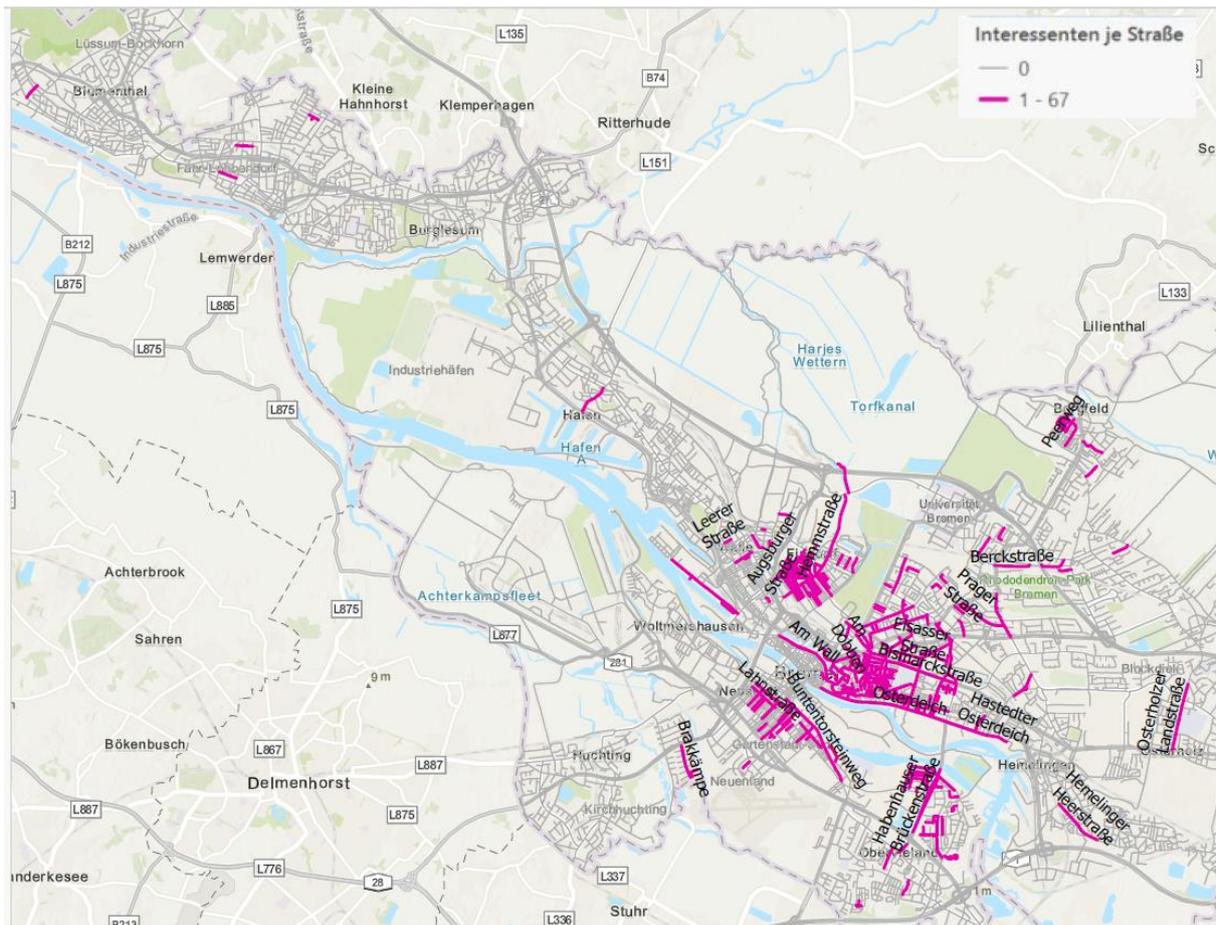


Abbildung 101: Übersicht über Straßenzüge, in denen sich Interessenten für den Anschluss an ein potenzielles zukünftiges Anergienetz der Erdwärme/Dich Anergienetze eG gemeldet haben

6.7 Ausbaukonzept für Wärmenetze im Überseehafengebiet

Im Überseehafengebiet werden aktuell zwei kleinere Wärmenetze betrieben. Formal handelt es sich aufgrund der Abnehmerstruktur um Gebäudenetze und nicht um Wärmenetze im Sinne des WPG. Beide Wärmenetze versorgen jeweils zwei Abnehmer. Eines davon liefert 5 GWh/a und beruht mit Erdgas-BHKW und Ölspitzenlastkesseln wesentlich auf fossilen Energien. Das zweite liefert 0,8 GWh/a und basiert auf einer Holzhackschnitzelanlage. Betreiber ist die EUROGATE Technical Services GmbH. Es handelt sich um nicht öffentliche Netze und nach aktuellem Stand ist bis 2035 (Laufzeit aktueller Transformationsplanungen) der Anschluss eines weiteren Abnehmers angedacht. Die Erzeugung soll im Wesentlichen auf strombasierte Wärmeerzeugung und die Nutzung von Wasserstoff umgestellt werden. Damit wäre für diese Netze bis 2035 eine vollständige Umstellung auf eine GEG-konforme Erzeugung realisiert.

6.8 Fazit zu den Ausbaupotenzialen von Wärmenetzen

Im Ergebnis dienen die in den Kapiteln 6.2 bis 6.6 beschriebenen Betrachtungen als Grundlage zur Ermittlung von geeigneten Gebieten für Wärmenetze auf Ortsteilebene. Dabei wurde nicht allein die Wärmedichte, sondern die wirtschaftliche Erschließbarkeit von Gebieten unter den dargestellten Annahmen als zentrales Entscheidungskriterium berücksichtigt. Im Arbeitsprozess

wurden die zugrunde gelegten Annahmen und Vorgehensweisen im intensiven Austausch mit den Netzbetreibern abgestimmt und diskutiert.

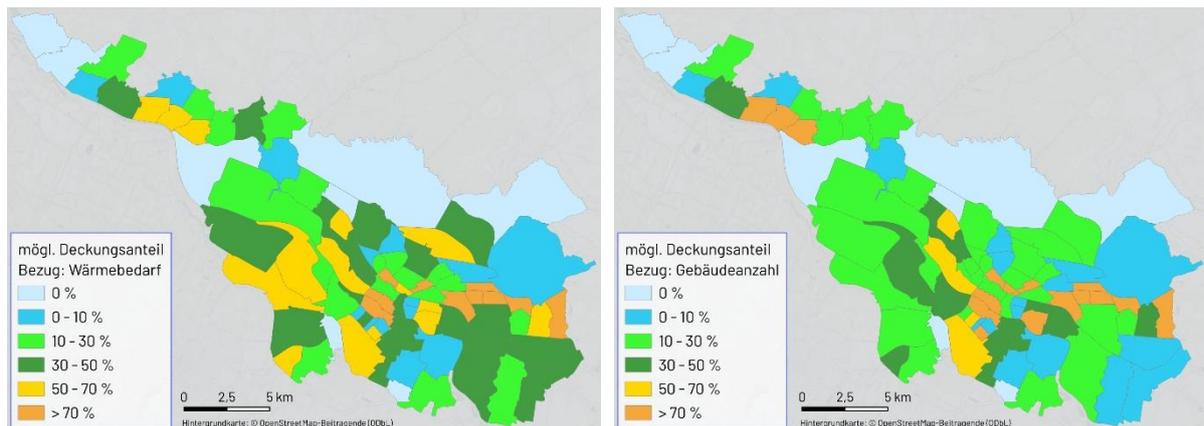


Abbildung 102: Durch Nah- und Fernwärme wirtschaftlich erschließbare Anteile der Ortsteile im Stadtgebiet Bremen

Abbildung 102 zeigt Karten, die den durch Nah- und Fernwärme wirtschaftlich erschließbaren Anteil unter den beschriebenen Annahmen für die Ortsteile ausweisen. Die Darstellung liegt einmal mit Fokus auf den Wärmebedarf der Ortsteile (ohne Industrie) und einmal mit Blick auf die Anzahl der Gebäude vor.

In Bezug auf den Wärmebedarf wurden die beschriebenen Anschlussraten berücksichtigt, sodass häufig keine 100 %-Deckung erfolgt. Zudem wurde beachtet, dass fossile Wärmeerzeuger teilweise relativ neu sind und noch viele Jahre betrieben werden können oder teilweise ein vorzeitiger individueller Umstieg auf eine dezentrale Wärmepumpe erfolgt ist.

Die Abbildung 103 zeigt, wie sich die Netzausbaukonzepte in den Ortsteilen auswirken: Ablesbar sind die erschließbaren Anteile, einmal in Bezug auf den Wärmebedarf und einmal auf die Anzahl der Gebäude. Die Anteile beim Wärmebedarf sind in den meisten Ortsteilen größer als die nach Gebäudeanzahl ermittelten. Dies erklärt sich dadurch, dass bei der straßenzugscharfen Betrachtung vor allem Objekte mit höherem Wärmebedarf für die Wärmenetze ausgewählt wurden.

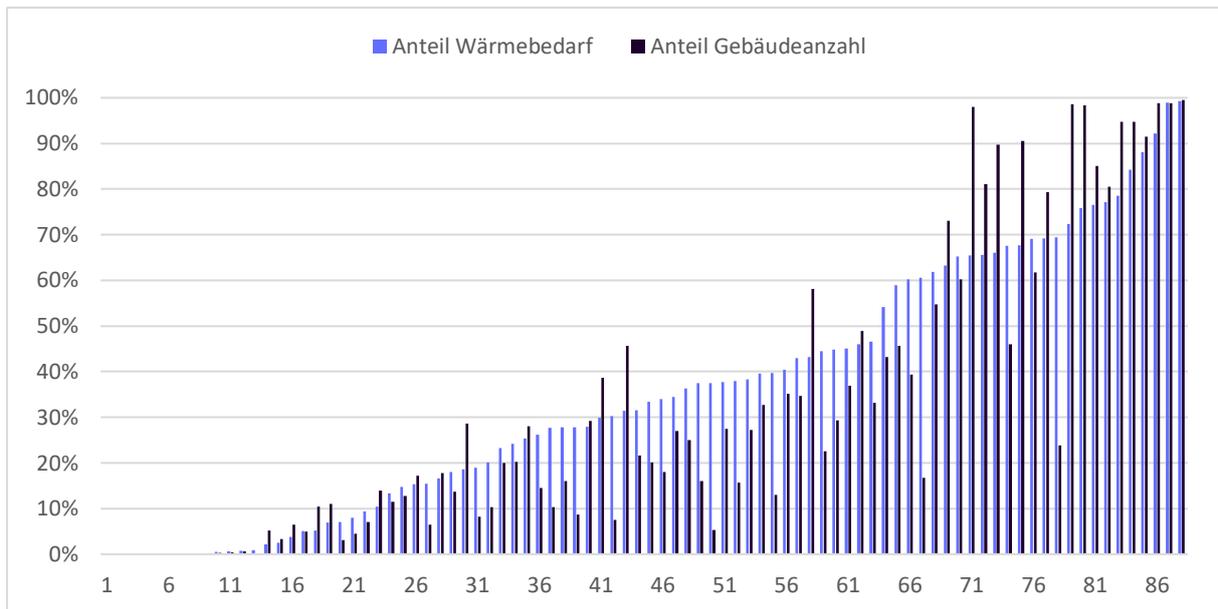


Abbildung 103: Anteile Nah- und Fernwärme für alle Ortsteile bei BEW-Förderung. Aufsteigend sortiert nach Anteil mit Bezug auf den Wärmebedarf

In der Summe ergibt sich auf der Grundlage der Annahmen für dieses Gutachten ein wirtschaftlich erschließbares Potenzial für Nah- und Fernwärme von etwa 1 958 GWh/a (im Zielzustand mit dem Bezugsjahr 2038). Dies entspricht einem Anteil von etwa 36 % am Gesamtwärmebedarf Bremens (5 467 GWh/a im Jahr 2038, inkl. Industrie und ohne Stahlwerk).

Dieser Anteil setzt sich wie folgt zusammen:

- 15,2 % bestehende Fern- und Nahwärmenetze
- 12,4 % Verdichtung und Ausbau Fernwärmenetze West-Mitte-Ost
- 8,3 % neue Wärmenetze in Bremen Nord und Süd

Für diesen Ausbau der Wärmenetze werden etwa 293 Trassenkilometer an Transportleitungen benötigt.

Bei der Interpretation der Ergebnisse sind folgende Hinweise zu berücksichtigen:

- Der Anteil von 36 % ist bezogen auf den Gesamtwärmebedarf inklusive Industrie (ohne Stahlwerk). Ohne Berücksichtigung des erdgasversorgten Wärmebedarfs der Industrie (993 GWh/a bei Fortschreibung bis 2038) ergibt sich ein Potenzial von etwa 44 % des Gesamtwärmebedarfs.
- Das wirtschaftlich erschließbare Potenzial ist unter anderem durch die Orientierung des anlegbaren Preises am swb-Fernwärmearif vom 1.1.2025 in diesem Gutachten begrenzt.

In diesen Zahlen ist der Auf- oder Ausbau weiterer (meist kleinerer) Nahwärmenetze nicht berücksichtigt. Insbesondere im Ausbau von Nahwärmenetzen von Wohnungsbaugesellschaften oder

dem geplanten Aufbau von Anergienetzen besteht weiteres Potenzial. Zugleich ist zu erwarten, dass eine relevante Anzahl von bestehenden Nahwärmenetzen in den oben vorgeschlagenen Wärmenetzausbau integriert werden kann und sich die Zahl der Nahwärmenetze entsprechend reduziert. Details dazu werden in den Kapiteln 6.5 und 6.6 erläutert.

7 Zielszenario

Mit der Erstellung eines Zielszenarios wird das geplante Gebiet in Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt. Ziel dieser Einteilung ist es, die Erkenntnisse aller vorangegangenen Schritte der Wärmeplanung zu einem konsistenten Zielbild für das gesamte geplante Gebiet zusammenzufassen. Dabei wurden insbesondere die Bereiche der Stadt identifiziert, die eher für eine zentrale, leitungsgebundene Wärmeversorgung oder eher für eine dezentrale Wärmeversorgung infrage kommen. Als Auswahlkriterien wurden zunächst die Wärmedichte (flächenbezogen) und Wärmelinien-dichte (auf Trassenlänge bezogen) herangezogen. Anschließend wurden mögliche zentrale Wärmenetzvarianten mit Wärmeerzeugungspotenzialen abgeglichen und technisch und wirtschaftlich untersucht. Wärmenetzgebiete können auch in Form leitungsgebundener Inselösungen (Nahwärmenetze) identifiziert werden.

Ergebnisse sind

- die Bewertung der Eignung jedes Teilgebiets für die Versorgung über ein Wärmenetz, ein Wasserstoffnetz und die dezentrale Wärmeerzeugung gemäß § 19 WPG
- die kartografische Darstellung der Eignung aller Teilgebiete für alle betrachteten Wärmeversorgungsarten im Zielszenario sowie die erwartete zeitliche Entwicklung der Versorgung der Teilgebiete gemäß § 18 WPG
- die kartografische Darstellung von Gebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial (bezogen auf die Raumwärme) gemäß § 18 Abs. 5 WPG
- die Beschreibung für das geplante Gebiet als Ganzes anhand der Indikatoren nach Anlage 2 (zu § 23) Abschnitt III WPG

Grundlagen für die Gebietseinteilung sind die Bestandsanalyse nach § 15 WPG und die Potenzialanalyse nach § 16 WPG. Die planungsverantwortliche Stelle stellt dabei für jedes geplante Teilgebiet dar, für welche Versorgungsart sich das jeweilige Gebiet besonders eignet. Ziel ist eine möglichst kosteneffiziente Versorgung der jeweiligen Teilgebiete. Voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete können gemäß § 3 Abs. 1 Nr. 14 WPG sein:

- Ein Wärmenetzgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 18 WPG),
- ein Wasserstoffnetzgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 23 WPG),
- ein Gebiet für die dezentrale Wärmeversorgung (§ 3 Abs. 1 Nr. 6 WPG) oder
- ein Prüfgebiet (§ 3 Abs. 1 Nr. 10 WPG).

Die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete erfolgt dabei gemäß § 18 Abs. 3 WPG für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2040. Aufgrund der Vorgabe, die Klimaneutralität in Bremen bis 2038 zu erreichen, werden in diesem Wärmeplan die Jahre 2030, 2035 und das Jahr 2038 dargestellt.

7.1 Eignungsstufen für Wärmeversorgungsarten im Zielszenario gemäß § 19 WPG

Für die Bewertung der Eignung von Gebieten für verschiedene Wärmeversorgungsarten im Zielszenario bestimmt die planungsverantwortliche Stelle gemäß § 19 Abs. 2 WPG für jedes geplante Teilgebiet und differenziert nach den einzelnen voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten nach § 3 Abs. 1 Nr. 6, 18 oder 23 WPG die Eignungsstufe. Die Einteilung der Eignungsstufen erfolgt dabei nach den Kategorien:

- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet sehr wahrscheinlich geeignet
- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet wahrscheinlich geeignet
- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet wahrscheinlich ungeeignet
- die Wärmeversorgungsart ist für dieses Gebiet sehr wahrscheinlich ungeeignet

Als Wärmeversorgungsarten kommen infrage: Wärmenetze, dezentrale Versorgung, Wasserstoffnetze und Gasnetze, die mit grünem Methan betrieben werden.

Gemäß Leitfaden zum WPG ist aufgrund des langen Planungshorizonts und der damit verbundenen Unsicherheiten in der Betrachtung des Zielbilds keine scharfe Abgrenzung der unterschiedlichen Wärmeversorgungsgebiete erforderlich. Vielmehr soll für jede jeweils relevante Wärmeversorgungsart die entsprechende Eignung in einer eigenen kartografischen Ebene dargestellt werden.

Im Rahmen der Eignungsprüfung in Kapitel 2.2 wurde bereits erläutert, dass Wasserstoffnetze zur Versorgung einzelner Gebäude mit Wärme in Bremen nicht zu erwarten sind. Ebenfalls bestehen keine Anhaltspunkte dafür, dass für die in den Darstellungen gemäß § 18 WPG (vgl. Kapitel 7.2) ausgewiesenen Prüfgebiete der Aufbau einer netzgebundenen Versorgung mit grünem Methan sinnvoll oder geplant wäre. Hinzu kommt, dass im Stadtstaat Bremen mit seinen begrenzten landwirtschaftlich nutzbaren Flächen die Voraussetzungen für die Herstellung von grünem Methan sehr begrenzt sind. Daher werden für diese beiden Wärmeversorgungsarten keine kartografischen Darstellungen zur Eignung gezeigt.

7.1.1 Eignungsstufen für Wärmenetze

Grundlage der Eignungsstufen für Wärmenetze sind die in Kapitel 6 beschriebenen zeitlichen Ausbaustufen für Wärmenetze. Für die daraus abgeleitete Festlegung von Eignungsstufen wurde folgende Systematik entwickelt:

- Die Kategorien „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“ für die Wärmeversorgung mit einem Wärmenetz gelten für Baublöcke, deren Wärmebedarf im Zielszenario mindestens zu 50 % über ein Wärmenetz versorgt wird.
- Baublöcke, deren Wärmebedarf im Zielszenario zu weniger als 50 % über ein Wärmenetz versorgt werden, werden als „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert.

Eine Besonderheit ergibt sich dabei für Baublöcke, die zu weniger als 50 % mit Wärmenetzen versorgt werden, deren Wärmebedarfsdichte aber gleichzeitig mindestens 415 MWh/(ha-a) beträgt. Diese werden als „noch nicht klassifiziert“ ausgewiesen. Der Hintergrund ist, dass bei einer Wärmebedarfsdichte von mindestens 415 MWh/(ha-a) gemäß Leitfaden zum WPG von einer grundsätzlichen Wärmenetzeignung im Bestand ausgegangen wird, gleichzeitig aber die in der Wärmeplanung für Bremen entwickelten Ausbauszenarien (vgl. Kapitel 6) entweder keinen Wärmenetzausbau für diese Baublöcke ermitteln oder lediglich einen, der zu einem Wärmebedarfsanteil mit Wärmenetzen von weniger als 50 % führt. Sollten zukünftig veränderte Rahmenbedingungen (insbesondere wirtschaftliche) dazu führen, dass sich dort ein stärkerer Wärmenetzausbau ergibt, kann es sein, dass der Wärmebedarfsanteil (auch schon bei leichten Änderungen der Rahmenbedingungen) auf 50 % oder mehr steigt. Dementsprechend erschien es der Gutachterin nicht sinnvoll, diese Baublöcke mit als „für ein Wärmenetz wahrscheinlich ungeeignet“ zu klassifizieren. Erst, wenn der Wärmenetzanteil auf unter 50 % sinkt, und auch die Wärmebedarfsdichte unterhalb von 415 MWh/(ha-a) liegt, erscheint es – auch bei leicht veränderten Rahmenbedingungen – als wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich, dass keine Wärmeversorgung durch ein Wärmenetz in hinreichendem Umfang erfolgen wird. Folgende Tabelle zeigt diese Grenzwerte und die daraus abgeleitete Zuordnung im Überblick.

Tabelle 37: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG

Baublöcke	Fernwärme-Anteile nach Netzausbauszenario in %	Verknüpfung	Wärmebedarfsdichte (WBD) in MWh/(ha-a)
Sehr wahrscheinlich geeignet	≥ 75	-	-
Wahrscheinlich geeignet	≥ 50 und < 75	-	-
Noch nicht klassifiziert	≥ 0 und < 50	und	≥ 415
Wahrscheinlich ungeeignet	≥ 25 und < 50	und	< 415
Sehr wahrscheinlich ungeeignet	≥ 0 und < 25	und	< 415

Die hier dargestellten Anteile am Wärmebedarf beziehen sich immer auf den Wärmebedarf ohne Industrie innerhalb eines Baublocks. Lediglich industrielle Wärmebedarfe, die im Ist-Zustand durch Fernwärme versorgt werden, wurden berücksichtigt. Auch die hier herangezogene Wärmebedarfsdichte wurde ohne Industrie berechnet.

Folgende Abbildungen zeigen die sich daraus ergebenden Eignungsstufen der Baublöcke in Bremen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen.

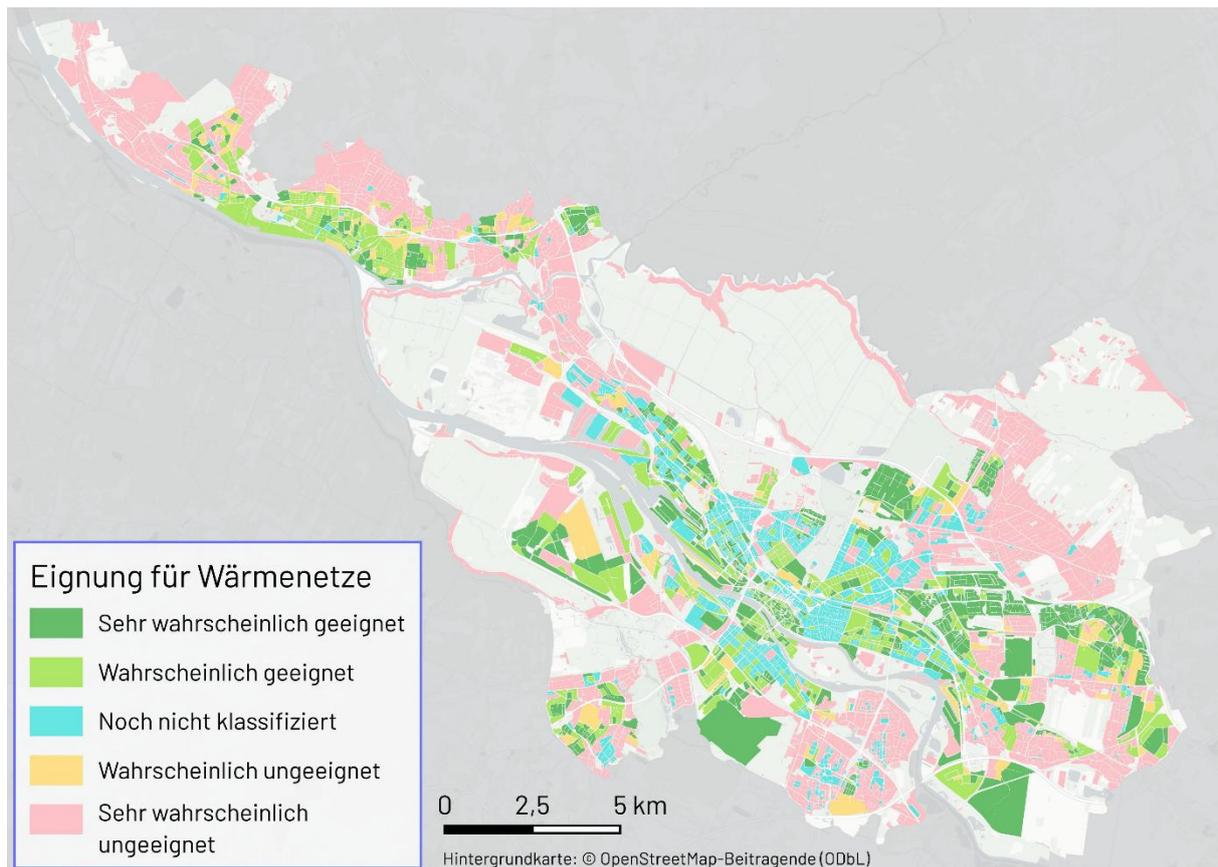


Abbildung 104: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG

Für das Überseehafengebiet ist kein relevanter Wärmenetzausbau geplant. Das von bremenports erstellte Gutachten weist den größten Teil des Gebiets als dezentrales Eignungsgebiet aus. Auf Basis der von bremenports bereitgestellten Informationen erscheint diese Bewertung als schlüssig. Dementsprechend wird davon ausgegangen, dass es bis auf die beiden bestehenden Wärmenetze auch im Zielszenario bei einer weitgehend dezentralen Versorgung bleibt. Details dazu wurden in Kapitel 6.7 erläutert.

Die dargestellten Eignungsstufen zeigen, dass der für das Zielszenario angestrebte Ausbau der bestehenden Wärmenetze und der Aufbau neuer Wärmenetze vielfach dazu führt, dass die erschlossenen Baublöcke häufig auch zu einem Anteil von mindestens 50 % mit Wärmenetzen versorgt würden („wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“). In den Bereichen West-Mitte-Ost und Süd bestehen in relevantem Umfang noch nicht klassifizierte Bereiche.

In Bremen Nord ist die Zuordnung und Abgrenzung demgegenüber eindeutiger: Es existieren nur sehr wenige noch nicht klassifizierte Baublöcke und auch nur wenige, die als „wahrscheinlich ungeeignet“ klassifiziert sind. Gleichzeitig bestehen aber erhebliche Potenziale für den Auf- bzw.

Ausbau von Wärmenetzen. Umgekehrt bestehen viele Baublöcke, die nach der beschriebenen Klassifizierung als „sehr wahrscheinlich ungeeignet“ beurteilt werden können.

Die in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse berücksichtigen die in den Kapiteln 6.2, 6.3 und 6.4 beschriebenen Netzausbauszenarien und damit den Aus- oder Aufbau der größeren Wärmenetze. Die in den Kapiteln 6.5 und 6.7 dargestellten Nahwärmenetze sind nicht vollumfänglich einbezogen. Es konnte nur die Wärmeversorgung von Wärmenetzen berücksichtigt werden, für die die Hausadressen der versorgten Gebäude vorliegen. Das war bei den in den Kapiteln 6.5 und 6.7 dargestellten Nahwärmenetzen nicht vollständig der Fall. Auch wenn Hausadressen nicht vorlagen, wurden Wärmenetze dann berücksichtigt, wenn sie sich im Bereich des Ausbauszenarios im Zielzustand eines anderen Wärmenetzes befinden. Berücksichtigt sind dementsprechend die Versorgungsbereiche folgender Netze (in Form der jeweiligen Ausbauszenarien):

- West
- Uni+Ost
- Süd
- Nord
- Huchting (inkl. Carl-Hurtzig-Straße, Antwerpener Straße und Delfter Straße)
- Tabakquartier, Spurwerk, Neustadtswall (als zukünftige Bestandteile des Netzes Süd)
- Kuhlenkampffallee (als Teil des Netzes Uni+Ost)

7.1.2 Eignungsstufen für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen

Grundlage der Eignungsstufen für die dezentrale Versorgung sind die in Kapitel 5 beschriebenen Analysen zur Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen (L/W-WP oder S/W-WP) für die Variante nach Sanierung der Gebäude und unter Berücksichtigung der Nutzung von Schallschutzhauben, die zu einer um 5 dB(A) reduzierten Lärmbelastung führen. Für die daraus abgeleitete Festlegung von Eignungsstufen wurde folgende Systematik entwickelt:

- Die Kategorien „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet“ für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen gelten für Gebiete, deren Wärmebedarf im Zielszenario zu mindestens 50 % mit dezentralen Wärmepumpen versorgt werden könnten.
- Gebiete, deren Wärmebedarf im Zielszenario zu weniger als 50 % mit dezentralen Wärmepumpen versorgt werden können, werden als „wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet“ kategorisiert.

Folgende Tabelle zeigt diese Grenzwerte und die daraus abgeleitete Zuordnung im Überblick. Die Anteile am Wärmebedarf beziehen sich in diesem Fall auf den Wärmebedarf ohne Industrie und ohne GHD > 5 GWh/a.

Tabelle 38: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen gemäß § 19 WPG

Baublöcke	Anteil der Wärmeversorgung durch dezentrale Wärmepumpen in %
Sehr wahrscheinlich geeignet (SWG)	≥ 75
Wahrscheinlich geeignet (WG)	≥ 50 und < 75
Wahrscheinlich ungeeignet (WU)	≥ 25 und < 50
Sehr wahrscheinlich ungeeignet (SWU)	≥ 0 und < 25

Die folgenden Abbildungen zeigen die daraus resultierenden Eignungsstufen der Baublöcke in Bremen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen bei verschiedenen Absenkungen des Schallpegels durch Schallschutzmaßnahmen (ohne Schallabsenkung, -5 dB(A) und -10 dB(A)).

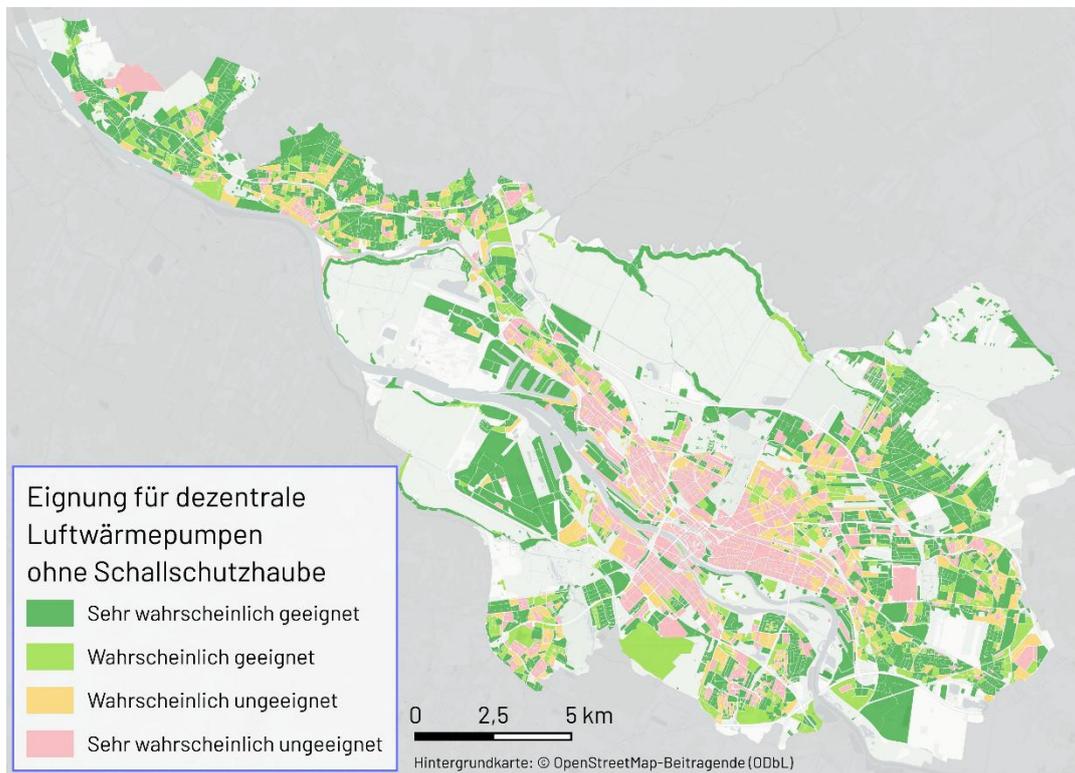


Abbildung 105: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen nach Baublöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs und ohne Absenkung des Schallpegels.

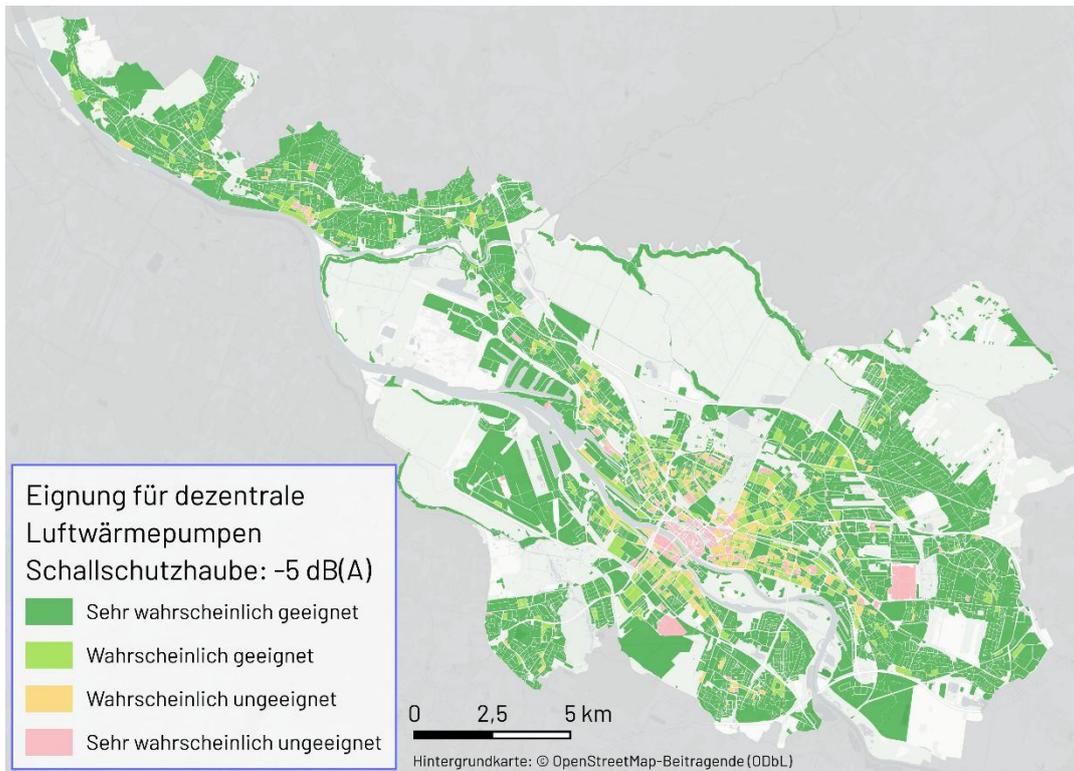


Abbildung 106: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen nach Bau-
blöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung redu-
zierten Wärmebedarfs und bei Absenkung des Schallpegels um 5 dB(A).

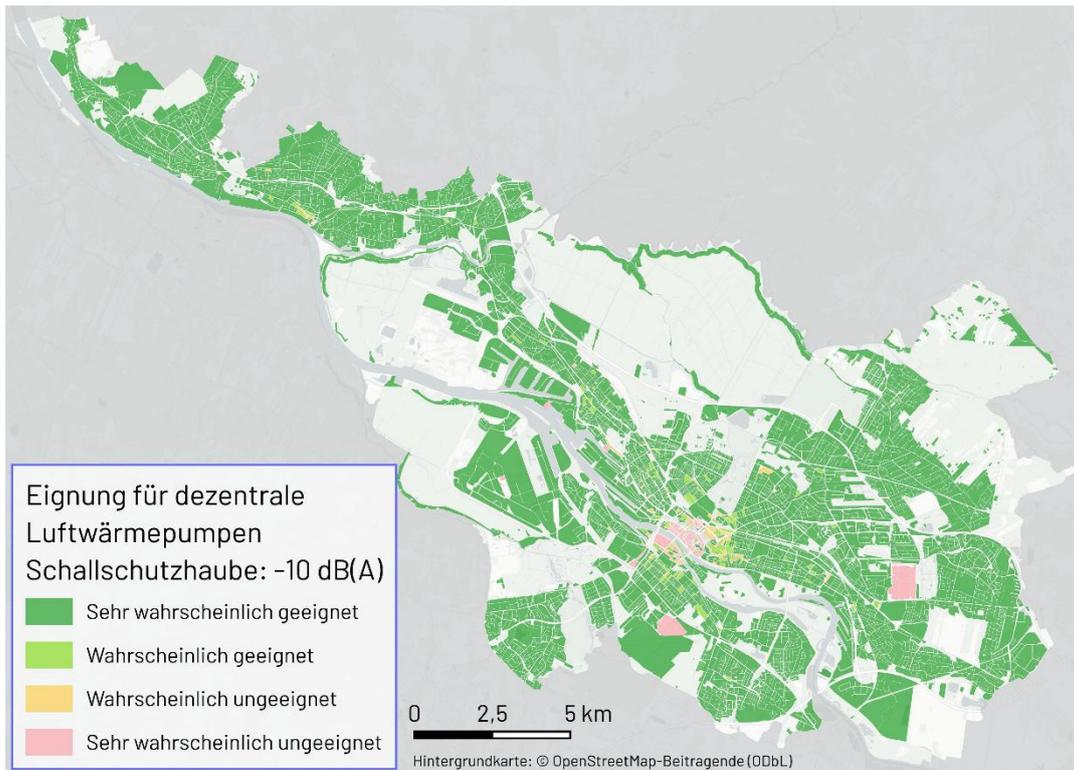


Abbildung 107: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen nach Bau-
blöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung redu-
zierten Wärmebedarfs und bei Absenkung des Schallpegels um 10 dB(A)

Die folgende Abbildung zeigt analog dazu die Eignungsstufen der Baublöcke in Bremen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden.

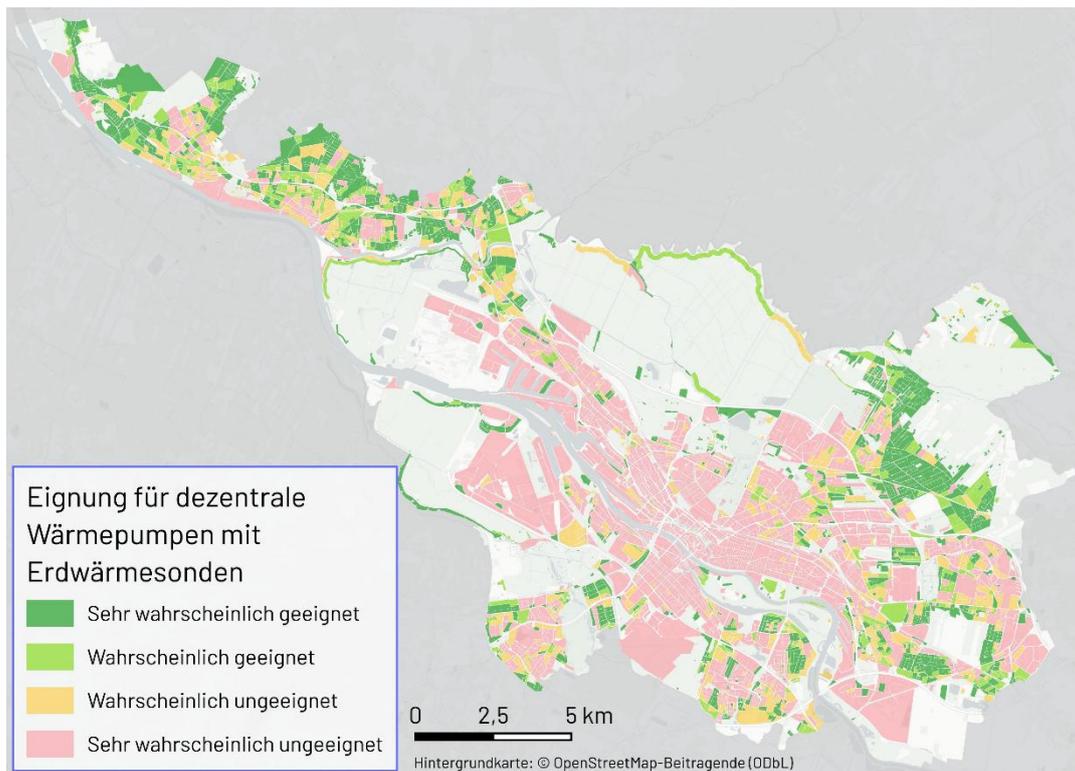


Abbildung 108: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden nach Baublöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs

Für eine weitere Beurteilung der Eignung zur Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen, wird die Variante für Luftwärmepumpen mit Schallabsenkung um -5 dB(A) durch Schallabsenkungsmaßnahmen (vgl. Abbildung 106) kombiniert mit der Eignung für Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden (vgl. Abbildung 108). Die folgende Abbildung zeigt die daraus resultierenden Eignungsgebiete.

Das Überseehafengebiet wird in dem von bremenports erstellten Gutachten als dezentrales Eignungsgebiet eingestuft. Auf Basis der von bremenports bereitgestellten Informationen erscheint diese Bewertung als schlüssig. Details dazu wurden in Kapitel 6.7 erläutert. Eine Kartendarstellung erscheint verzichtbar, da der Überseehafen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Untersuchung nur aus einem Baublock besteht.

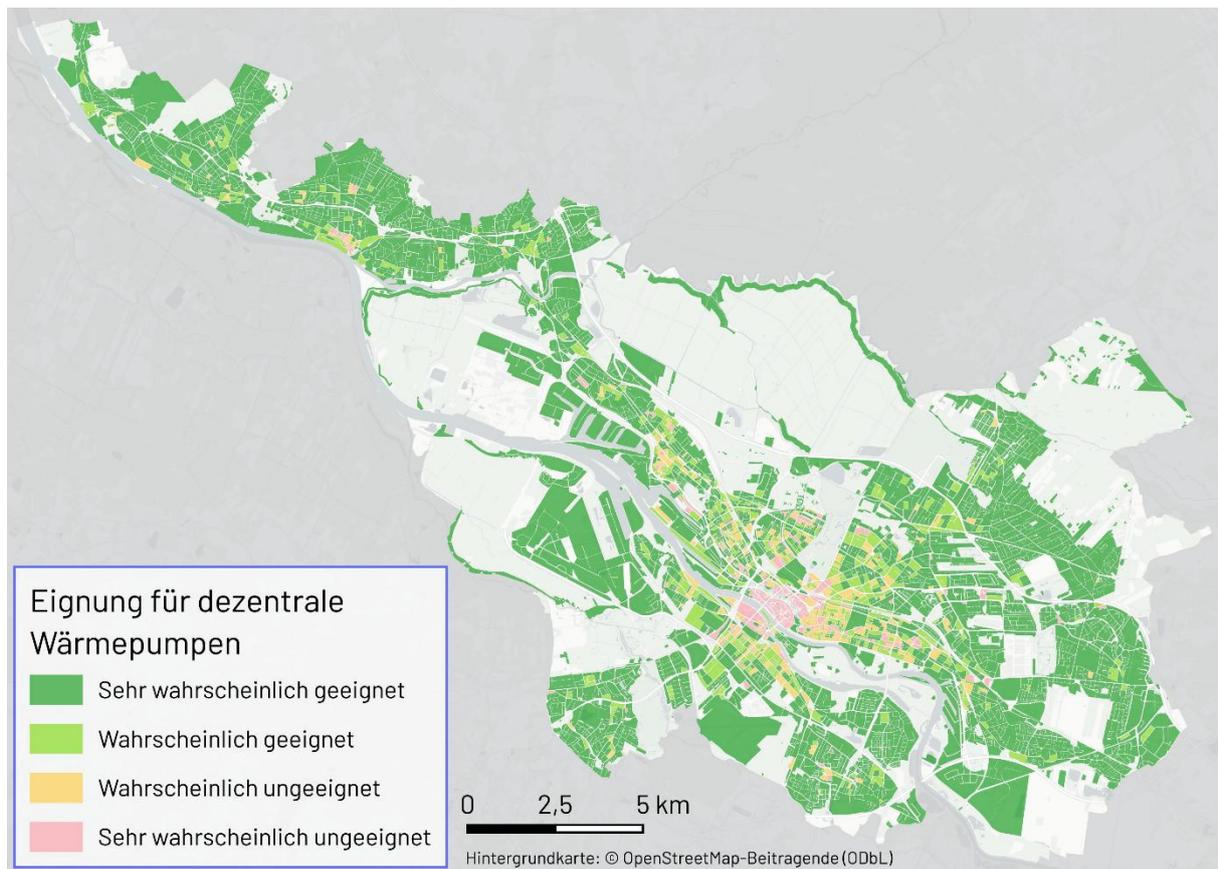


Abbildung 109: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen (Wärmequellen: Luft und Erdwärmesonden) nach Baublöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs und bei Absenkung des Schallpegels der Luftwärmepumpen um 5 dB(A)

Die dargestellten Eignungsstufen zeigen, dass für das Zielszenario großflächig von einer wahrscheinlichen oder sehr wahrscheinlichen Eignung für die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen ausgegangen werden kann. Diese hohe Quote ergibt sich durch die Berücksichtigung von Effekten der energetischen Gebäudesanierung und des Einsatzes von Schallschutzhauben. Hauptsächlich im Bereich der Bremer Innenstadt sind in relevantem Umfang Baublöcke als sehr wahrscheinlich ungeeignet klassifiziert.

7.2 Einteilung des Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG

Gemäß § 18 Abs. 1 Satz 2 WPG stellt die planungsverantwortliche Stelle mit dem Ziel einer möglichst kosteneffizienten Versorgung des jeweiligen Teilgebiets auf Basis von Wirtschaftlichkeitsvergleichen jeweils differenziert für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2040 dar, welche Wärmeversorgungsart sich für das jeweilige Teilgebiet besonders eignet. Besonders geeignet sind Wärmeversorgungsarten, die im Vergleich zu den anderen in Betracht kommenden Wärmeversorgungsarten geringe Wärmegestehungskosten, geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und geringe kumulierte Treibhausgasemissionen bis zum Zielszenario aufweisen.

Die in den Kapiteln 6.2, 6.3 und 6.4 beschriebenen Netzausbauszenarien (inkl. Erzeugungsportfolien) wurden maßgeblich auf einer wirtschaftlichen Bewertung entwickelt. Wesentliches wirtschaftliches Beurteilungskriterium war, inwieweit der Netzausbau zu Wärmeversorgungspreisen möglich ist, die unterhalb eines definierten anlegbaren Preises liegen. Als anlegbarer Preis wurde dabei der über 20 Jahre fortgeschriebene, seit dem 1.1.2025 gültige Wärmeversorgungspreis der swb in Bremen West und Uni+Ost definiert. Der Netzausbau wurde dementsprechend so entwickelt, dass die auf Basis der Gesamtkosten der ausgebauten Netze umsetzbaren Wärmepreise für die Kunden unter (oder nur minimal über) dem anlegbaren Preis liegen.

Zusätzlich stellt sich die Frage, inwieweit die angenommenen Wärmepreise konkurrenzfähig zu den Kosten dezentraler Versorgungslösungen sind. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich Gebäudeeigentümer nur dann für die Versorgung über ein Wärmenetz entscheiden, wenn dezentrale Versorgungslösungen nicht (wesentlich) günstiger möglich sind.

Zur Berechnung der Kosten für dezentrale Wärmeerzeuger wurde der Technikkatalog für Wärmeplanung als Grundlage herangezogen (Ortner, Paar, Johannsen, & Mellwig, 2024). Die Investitionskostenannahmen, die Reduktion der spezifischen Investitionskosten bis 2045 sowie die Leistungssteigerung bis 2045 im Falle von Wärmepumpen wurden ebenfalls aus dem Technikkatalog entnommen. Im Falle von dezentralen Wärmepumpen zur Versorgung von einzelnen Gebäuden wurden folgende mittlere Jahresarbeitszahlen angesetzt:

- 2,9 bei L/W-Wärmepumpen
- 4,0 bei S/W-Wärmepumpen
- Die Wärmegestehungskosten wurden nach der Annuitätenmethode der VDI 2067 berechnet (Verein Deutscher Ingenieure (VDI), 2012) und auf einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren ermittelt. Die wichtigsten Annahmen waren:
 - Kalkulatorischer Zinssatz (nominal): 3,5 %/a
 - Inflationsrate: 2 %/a (auch für Stromkosten)
 - Preissteigerung für Holzpellets (real): 1 %/a
 - CO₂-Preissteigerung nach Technikkatalog

Die Wärmegestehungskosten wurden unter Berücksichtigung der Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG) berechnet. Zur Berechnung der Förderung wurde der nach individuellen persönlichen Voraussetzungen gewährte Einkommensbonus nicht berücksichtigt. Auch der Maximalwert der förderfähigen Kosten wurde vernachlässigt, da keine Informationen zur Anzahl der Wohneinheiten pro Gebäude vorliegen. Weiterhin wurde ein durchschnittlicher Klimabonus von 15 % angesetzt.

Tabelle 39: Annahmen für die Berechnung der bedarfsgebundenen Kosten

Bedarfsgebundene Kosten	Preis	Quelle
Strom	30 ct/kWh (netto)	Eigene Annahme
Pellets	8,7 ct/kWh (netto)	(CARMEN e. V., 2023)

Abbildung 110 enthält die Wärmegestehungskosten beispielhaft für Heizleistungen von 12 kW thermisch. Pro Erzeugertyp werden jeweils zwei Varianten gezeigt: Die Wärmepumpen werden einmal mit und einmal ohne Einbindung einer PV-Anlage dargestellt. Die anderen Erzeugungseinheiten werden einmal mit und einmal ohne die Kombination mit einer solarthermischen Anlage aufgeführt. Bei der Nutzung von Pelletkesseln wird deutlich, dass der Energieträger Biomasse so günstig ist, dass die Einsparungen der Bedarfskosten bei der Nutzung einer Solarthermieanlage nicht die zusätzlichen Investitionskosten aufwiegen. Ganz im Gegensatz zu Öl- und Gaskesseln. Auch bei der Verwendung einer L/W- oder S/W-WP rentiert sich die Verwendung einer Solarthermieanlage nicht, da auch hier die eingesparten Bedarfskosten durch die zusätzliche Investition nicht kompensiert werden. Wird dagegen in diesen Varianten eine PV-Anlage mitgenutzt, ist ein relevantes Kosteneinsparpotenzial vorhanden. Dieses resultiert aus der Einsparung beim Strombezug für die Wärmepumpe, den Haushaltsstrom und dem Erlös aus der Netzeinspeisung. Die günstigste Variante ist somit die L/W-Wärmepumpe mit einer PV-Anlage und die teuerste ein Gaskessel ohne Solarthermie.

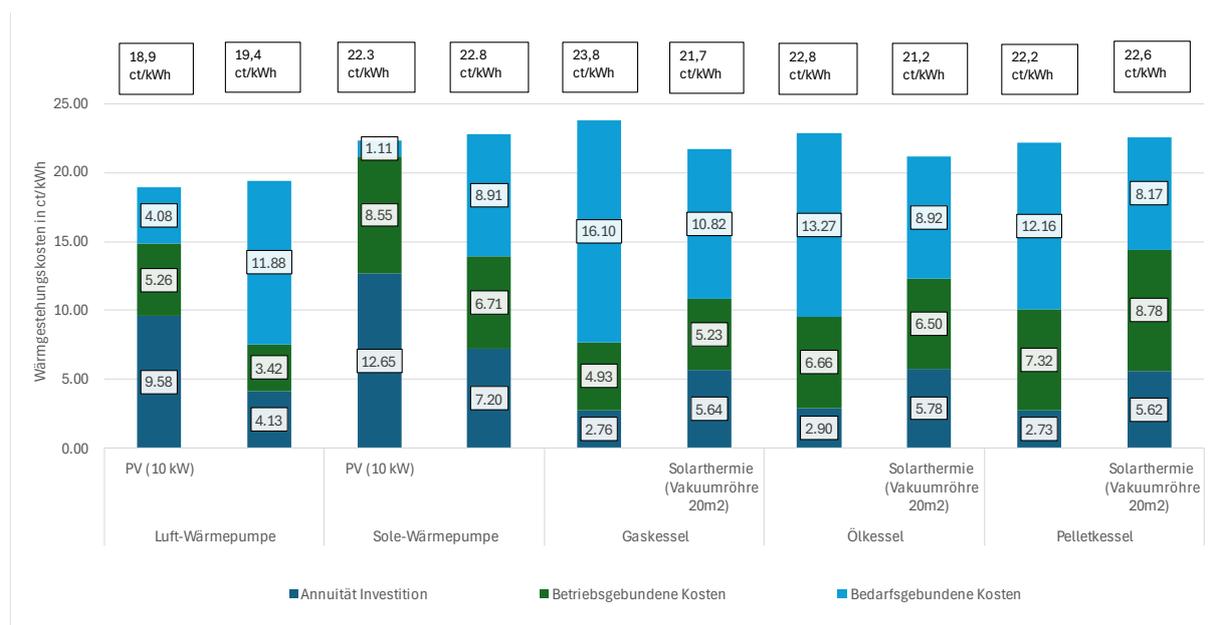


Abbildung 110: Netto-Wärmegestehungskosten für Heizleistungen von 12 kW für dezentrale Wärmeermzeugungsmethoden

Alle in der Berechnung gezeigten Varianten liegen über dem als Grenzwert für den Ausbau der Wärmenetze definierten anlegbaren Preis in Höhe von durchschnittlich ca. 14,9 ct/kWh. Die Herleitung des anlegbaren Preises wurde ausführlich in Kapitel 6.2.1 beschrieben. Dementsprechend

kann davon ausgegangen werden, dass aus Sicht der Gebäudeeigentümer der Anschluss an das jeweilige Wärmenetz in der Regel günstiger sein wird als die alternativen dezentralen Erzeuger.

In den Kapiteln 6.2, 6.3 und 6.4 wurden bereits die gemäß § 18 Abs. 1 WPG vorgegebenen Kriterien geringe Realisierungsrisiken, ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und geringe kumulierte Treibhausgasemissionen bewertet. Für die Wärmenetze wurden die Realisierungsrisiken insbesondere durch die Annahme von realistisch umsetzbaren jährlichen Leitungsnetzkilometern minimiert. Dies erfolgte in enger Abstimmung mit den Netzbetreibern und deren angenommenen Ausbaugeschwindigkeiten. Auch für die priorisierten Erzeugerportfolien erfolgte eine Abwägung der genannten Bewertungskriterien in diesen Kapiteln und wiederum eine enge Abstimmung mit den Netz- bzw. Anlagenbetreibern.

Auf Basis dieser Herleitung und Bewertung der Netzausbauszenarien für den Zielzustand wurde festgelegt, dass die als wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich für die Versorgung mit einem Wärmenetz klassifizierten Gebiete als Wärmenetzgebiet definiert werden. Wärmenetze stellen in diesen Gebieten die gemäß § 18 Abs. 1 WPG vorgegebene „möglichst kosteneffiziente Versorgung“ dar und sollten daher priorisiert werden. Die zeitliche Zuordnung der Wärmenetzgebiete wurde dabei aus der in den Kapiteln 6.2.2, 6.2.3, 6.3.2 und 6.4.2 entwickelten zeitlichen Ausbaureihenfolge abgeleitet. Hier ist zu beachten, dass in Bremen 2038 als Zieljahr vorgegeben ist. Deshalb sind das gemäß § 31 WPG vorgegebene Zieljahr 2045 und der in § 18 Abs. 3 WPG vorgegebene Betrachtungszeitpunkt 2040 nicht in der Darstellung enthalten.

Als Prüfgebiete wurden die Gebiete definiert, die gemäß § 19 WPG hinsichtlich der Wärmenetzeignung als noch nicht klassifiziert eingestuft wurden. Das sind Baublöcke, die zu weniger als 50 % mit Wärmenetzen versorgt werden, deren Wärmebedarfsdichte aber gleichzeitig mindestens 415 MWh/(ha-a) beträgt. Diese machen den weit überwiegenden Teil der Prüfgebiete aus.

Hinzu kommen einige wenige Baublöcke, die sowohl hinsichtlich der Wärmenetzeignung als auch hinsichtlich der Eignung für die dezentrale Versorgung mit Wärmepumpen als wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet bewertet wurden. Voraussetzung für die Klassifizierung als wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich ungeeignet für die Versorgung mit einem Wärmenetz ist wiederum, dass der durch das Wärmenetz versorgte Anteil des Baublocks kleiner als 50 % ist. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über diese Systematik.

Für die Identifikation der Gebiete zur dezentralen Wärmeversorgung wurde die in Abbildung 108 gezeigte Verschneidung der Eignungsgebiete für Luftwärmepumpen mit Schallabsenkung um 5 dB(A) einerseits und die für Wärmepumpen mit Erdwärmesonden andererseits zugrunde gelegt.

Tabelle 40: Kriterien für die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG

Baublöcke	Eignung Wärmenetz	Anteil Fernwärme Bestand + Verdichtung	Anteil Fernwärme Bestand + Verdichtung + Ausbau bis 2030	Anteil Fernwärme Bestand + Verdichtung + Ausbau bis 2035	Eignung dezentrale Wärmeversorgung
Wärmenetzgebiet Bestand	SWG oder WG	50 %			
Wärmenetz Ausbau 2025–2030	SWG oder WG		≥ 50 %		
Wärmenetz Ausbau 2030–2035	SWG oder WG			≥ 50 %	
Wärmenetz Ausbau ab 2035	SWG oder WG				
Prüfgebiet I	NN				
Prüfgebiet II	WU oder SWU				WU oder SWU
Gebiet dezentrale Wärmeversorgung	WU oder SWU				SWG oder WG
SWG	Sehr wahrscheinlich geeignet				
WG	Wahrscheinlich geeignet				
NN	Noch nicht klassifiziert				
WU	Wahrscheinlich ungeeignet				
SWU	Sehr wahrscheinlich ungeeignet				

Die sich daraus ergebende Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete zeigen folgende Abbildungen.

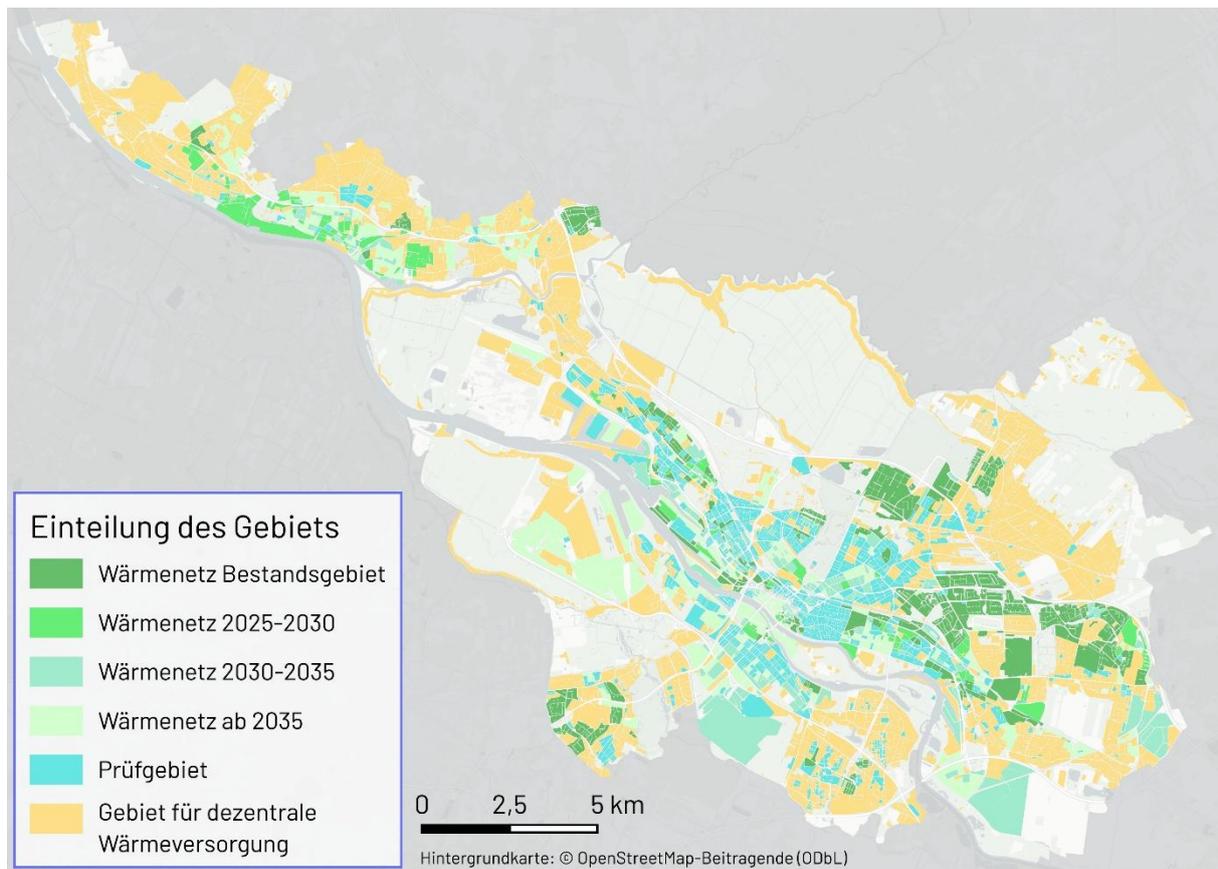


Abbildung 111: Einteilung des Stadtgebiets Bremen in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG

In Abbildung 112 sind die resultierenden Anteile des Wärmebedarfs der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Zielszenario nach den Gebieten differenziert dargestellt. Im Zielszenario liegt der Wärmebedarf der Sektoren zu 29 % in Gebieten für dezentrale Wärmeversorgung, zu 45 % in Wärmenetzgebieten und zu 26 % in Prüfgebieten.

Innerhalb der Gebiete kann es zu unterschiedlichen Versorgungsarten kommen. So können zum Beispiel in Wärmenetzgebieten auch dezentral versorgte Gebäude liegen. Umgekehrt können auch Gebäude in Gebieten für dezentrale Wärmeversorgung in kleinerer Anzahl mit Wärmenetzen versorgt werden. Der in den Prüfgebieten liegende Wärmebedarf von etwa 1,1 TWh/a könnte unter der Annahme von Schallschutzhauben, die zu einer um 5 dB(A) reduzierten Lärmbelastung führen, zu etwa 71 % durch dezentrale Wärmepumpen gedeckt werden. Bei Annahme einer stärker reduzierten Lärmbelastung von -10 dB(A) könnten über 90 % des Wärmebedarfs in den Prüfgebieten durch dezentrale Wärmepumpen gedeckt werden. Gemäß Gebäudeenergiegesetz sind weitere Heizungsvarianten zulässig. So ist der Einsatz von Biomasse zum Beispiel in Pelletkesseln eine mögliche Option und könnte insbesondere dann genutzt werden, wenn eine Eignung für eine Wärmepumpe nicht gegeben ist.

Das Überseehafengebiet wird in dem von bremenports erstellten Gutachten als dezentrales Eignungsgebiet eingestuft. Auf Basis der von bremenports bereitgestellten Informationen erscheint diese Bewertung als schlüssig. Details dazu wurden in Kapitel 6.7 erläutert.

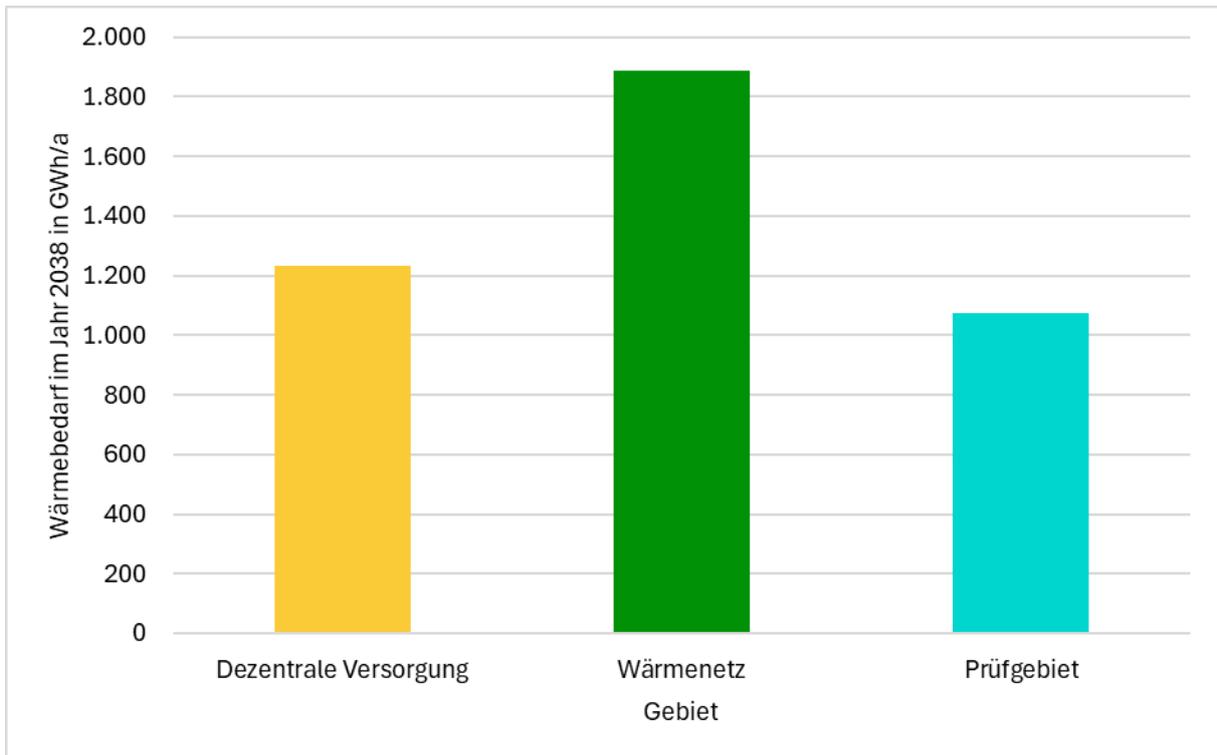


Abbildung 112: Wärmebedarf der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Jahr 2038 differenziert nach den auf Baublockebene zugeteilten Gebieten.

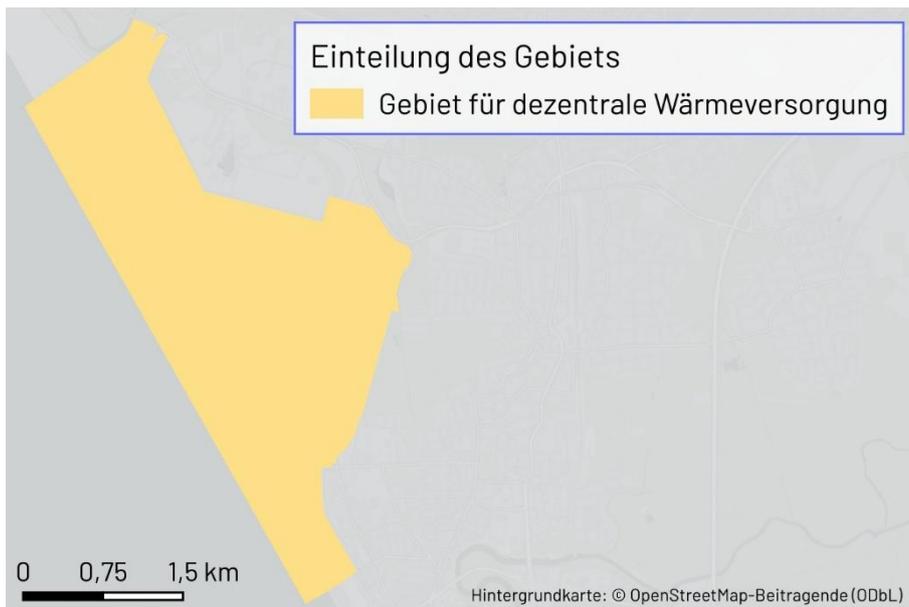


Abbildung 113: Einteilung des Überseehafens in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG

Für die Wärmenetze in den Bereichen West-Mitte-Ost und Süd ist für den Zeitraum 2025 bis 2030 bereits ein hoher Anteil des dargestellten Ausbaus konkret geplant oder befindet sich in der Umsetzung. Ab 2030 wird von swb eine erhöhte Ausbaugeschwindigkeit angenommen, da einerseits

von zusätzlichen Ausbaupkapazitäten ausgegangen wird, andererseits aber auch angenommen wird, dass sich die internen, aber auch die externen Abstimmungsprozesse mit Planungs- und Genehmigungsbehörden und anderen Bauträgern weiter optimieren werden können und das Anschlussinteresse der Kunden weiter ansteigt. Dennoch verbleibt ab 2035 ein deutlich überdurchschnittlicher Anteil der bis zum Zieljahr (2038) noch umzusetzenden Ausbaumaßnahmen.

Tabelle 41: Übersicht über den Umfang der zu bauenden Leitungsnetzkilometer und der erschlossenen Wärmebedarfe (Bezugsjahr 2038) in den Betrachtungszeiträumen

Netz West	Bestands-netz	2025-2030	2030-2035	ab 2035	Summe
Leitungsnetzki- lo- meter in km	52	14,3	13,7	25,2	105,2
versorgte Wärmebedarfe in GWh	65	112	76	109	363

Netz Uni+Ost	Bestands-netz	2025-2030	2030-2035	Ab 2035	Summe
Leitungsnetzki- lo- meter in km	265	14,4	35,1	34,1	348,7
Versorgte Wärmebedarfe in GWh	577	172	147	76	972

Netz Nord	Bestands-netz	2025-2030	2030-2035	Ab 2035	Summe
Leitungsnetzki- lo- meter in km		-	-	-	87,2
Versorgte Wärmebedarfe in GWh		109	34	77	220

Bremen Süd	Bestands-netz	2025-2030	2030-2035	Ab 2035	Summe
Leitungsnetzki- lo- meter in km		1,2	15,8	52,2	69,2
Versorgte Wärmebedarfe in GWh		35	69	148	251

7.3 Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial gemäß § 18 Abs. 5 WPG

Gemäß § 18 Abs. 5 WPG soll die planungsverantwortliche Stelle beplante Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial darstellen. Die Identifizierung dieser Gebiete erfolgte auf Basis der gebäudespezifischen und baublockbezogenen Wärmebedarfe aus dem Wärmeatlas (vgl. Kapitel 3.1). Als zusätzliche Parameter wurden Gebäudetypologiedaten und das Gebäudealter (bereitgestellt durch das Statistische Landesamt Bremen) zugrunde gelegt.

Aus diesen Daten ergeben sich zunächst Indikationen für potenzielle gebäudespezifische Einsparpotenziale beim Wärmebedarf. In Kombination mit dem absoluten baublockbezogenen Wärmebedarf im jeweiligen Gebiet lässt sich ableiten, ob dort ein erhöhtes Energieeinsparpotenzial besteht. Gebiete, die zwar ein hohes gebäudespezifisches Einsparpotenzial aufweisen, jedoch aufgrund einer vergleichsweise geringen Bebauungsdichte ein geringes absolutes Einsparpotenzial besitzen, werden nicht als Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial identifiziert. Gleiches gilt für Gebiete, die einen hohen absoluten gebietsspezifischen Wärmebedarf aufweisen, aber gleichzeitig nur geringe gebäudespezifische Einsparpotenziale haben. Letzteres ist dann der Fall, wenn zwar eine hohe Bebauungsdichte besteht, jedoch ein hoher Anteil der Gebäude bereits (weitgehend) energetisch saniert ist.

Das gebäudebezogene Einsparpotenzial wurde als relative Differenz zwischen dem Reduzierungspotenzial und dem aktuellen Wärmebedarf des jeweiligen Gebäudetyps ermittelt. Das Reduzierungspotenzial ergibt sich aus der Differenz von aktuellem Wärmebedarf und dem Wärmebedarf, der für den jeweiligen Gebäudetyp gemäß Maßnahmenpaket 2 des Instituts für Wohnen und Umwelt GmbH (IWU, 2015) möglich ist. Das Maßnahmenpaket 2 stellt eine ambitionierte – vom IWU als „zukunftsweisend“ bezeichnete – energetische Sanierung dar. Während beim sogenannten Energieeffizienz-Niveau 1 (konventionell) nur die Mindeststandards der Energieeinsparverordnung 2014 eingehalten werden, orientiert sich das Energieeffizienz-Niveau 2 (zukunftsweisend) an den technisch und baupraktisch realisierbaren Techniken aus der Deutschen Wohngebäudetypologie (IWU, 2015). Die beiden Wärmeschutz-Niveaus werden dabei vom IWU je nach Gebäudetyp unterschiedlich definiert. Die spezifische Situation in Bremen wurde zudem durch die Einbeziehung der Studie „Energieeffizient sanieren – Fassaden erhalten“ (energiekonsens, 2014) berücksichtigt. Vor allem die besonderen Anforderungen des sogenannten Bremer Hauses wurden hinsichtlich der erzielbaren Wärmebedarfsrückgänge berücksichtigt. Es handelt sich um einen Häusertyp, der in Bremen zwischen Mitte des 19. Jahrhunderts und den 1930er Jahren überwiegend in Reihenhausbauweise errichtet wurde und nach wie vor das Stadtbild in einigen Stadtteilen Bremens prägt. Eine Außendämmung ist aufgrund der charakteristischen Fassadengestaltung und der Anforderungen des Denkmalschutzes in der Regel nicht möglich.

Für jeden Baublock wurden die prozentualen Einsparpotenziale in Bezug auf den gesamten Wärmebedarf ermittelt. Diese ergaben sich aus der Differenz zwischen dem gesamten Wärmebedarf eines Baublocks und dem Wärmebedarf aller Gebäude des Baublocks in vollsaniertem Zustand, dividiert durch den gesamten Wärmebedarf. Dabei blieben Gebäude mit einem Wärmebedarf, der

kleiner als der gebäudespezifische Wärmebedarf gemäß IWU-Maßnahmenpaket 2 war, unberücksichtigt. Anschließend wurden die Baublöcke nach diesen prozentualen Einsparpotenzialen absteigend sortiert. Statistische Baublöcke mit niedriger Bebauungsdichte von weniger als 1,5 MWh/(ha-a) wurden im Ranking nach hinten gestellt und wegen ihrer geringen Relevanz für die absoluten Einsparpotenziale nicht auf der Karte dargestellt (u. a. auch, weil viele dieser Baublöcke über eine große Fläche verfügen und dadurch den optischen Eindruck der Karte zu stark prägen würden).

In die oberste Klasse wurden so viele statistische Blöcke nach ihrem prozentualen Einsparpotenzial absteigend einsortiert, bis die kumulierte absolute Differenz dieser Blöcke einen Anteil von 1 % der gesamten absoluten Differenz aller Blöcke erreicht. Danach folgt die nächste Klasse, bis die kumulierte absolute Differenz dieser Blöcke einen Anteil von 5 % der gesamten absoluten Differenz aller Blöcke erreicht. Diese und die weiteren Klassen der Sanierungsgebiete zeigt Abbildung 114.

Ziel dieses Vorgehens war es, die Baublöcke in den Karten zu identifizieren, die ein für Bremen außergewöhnlich hohes gebäudespezifisches und baublockbezogenes Energieeinsparpotenzial aufweisen.

Alle Werte berücksichtigen den Wärmebedarf sowohl für Heizung als auch für Warmwasser. Angaben zu den Wohnflächen der Gebäude und zu den Wohnungen wurden aus der kommunal-statistischen Gebäudedatei mit Daten für Hausumringe aggregiert und die für den Wärmeatlas verwendeten Geodaten aus ALKIS damit angereichert (Statistisches Landesamt Bremen, 2025). Um eine Vergleichbarkeit mit den Bezugsflächen der IWU-Systematik zu ermöglichen, wurden die vom Statistischen Landesamt gelieferten Wohnflächen mit dem Faktor 1,1 multipliziert.

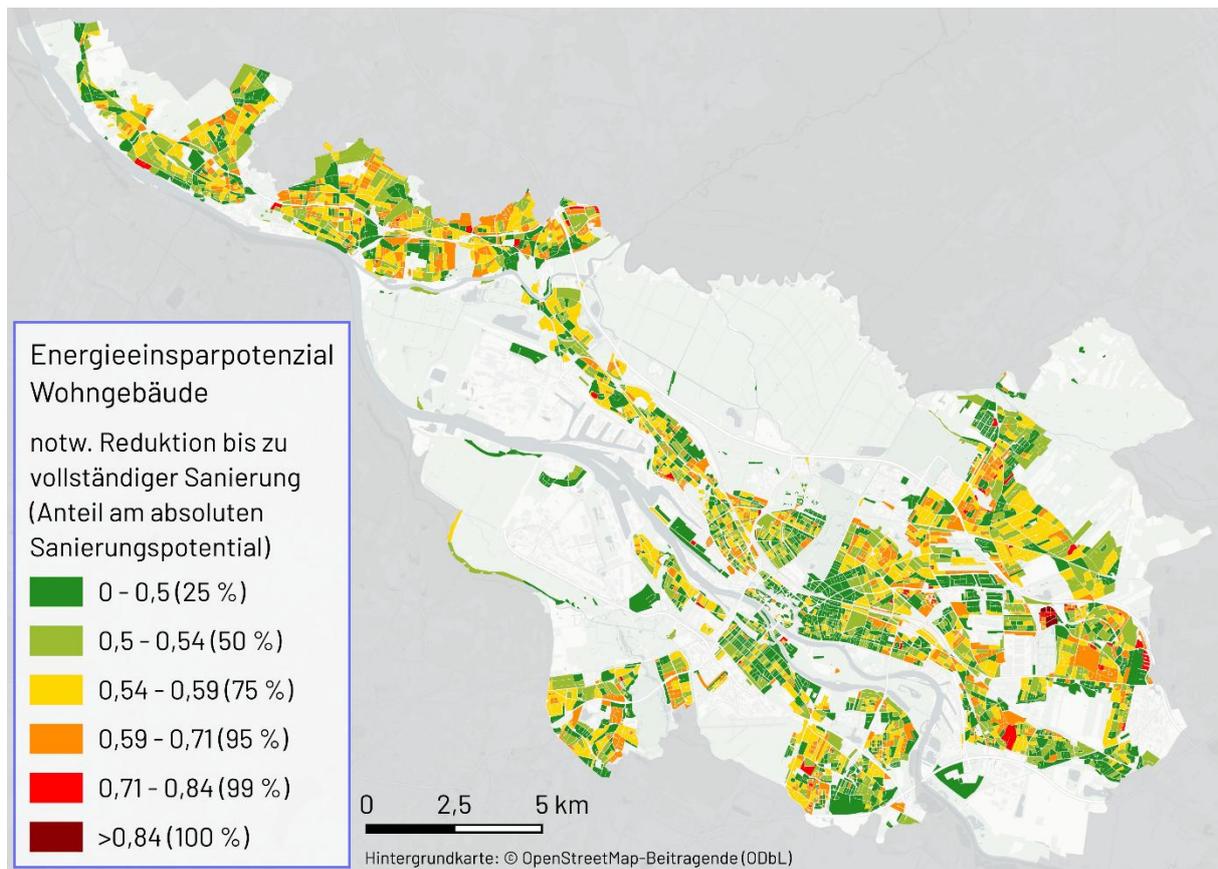


Abbildung 114: Relatives Energieeinsparpotenzial in statistischen Baublöcken

Die Erfassung von Teilgebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial hat vor allem das Ziel, Gebiete zu ermitteln, in denen ein großer Anteil an Gebäuden mit hohem spezifischen Endenergieverbrauch für Raumwärme vorhanden ist. In diesen Gebieten besteht auch ein hohes absolutes Einsparpotenzial, so dass Maßnahmen zur Reduktion des Endenergiebedarfs dort besonders effektiv sind, um die Transformation zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung zu unterstützen. Die dargestellte Karte weist in verschiedenen Perzentilintervallen Gebiete nach ihrem Einsparpotenzial aus. In Dunkelrot ist das 1 %-Perzentil und in Hellrot das 5 %-Perzentil markiert. Diese beiden Gebiete können als Teilgebiete mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial verstanden werden. Dies beruht auf dem Verständnis, dass diese Teilgebiete mit Blick auf das erzielbare Einsparpotenzial die besonders auffälligen Bereiche der Stadt Bremen abbilden.

Grundsätzlich könnten auch die orange und gelb eingefärbten Gebiete noch als Teilgebiete mit erhöhtem Einsparpotenzial definiert werden, weil sie in der oberen Skalenhälfte hinsichtlich des Einsparpotenzials liegen. Die Festlegung auf das obere 5 %-Perzentil basiert jedoch auf der Einschätzung, dass sich besondere Maßnahmen zu Energieeinsparungen zunächst auf die Gebiete mit sehr hohem, überdurchschnittlichem Einsparpotenzial konzentrieren sollten. In diesen Bereichen ist auf kleinem Gebiet eine besonders hohe Einsparung erzielbar, und die eingesetzten Mittel (etwa zur energetischen Gebäudesanierung) erzielen dort einen sehr hohen spezifischen und damit besonders wirtschaftlichen Effekt. Die Legende in der Abbildung zeigt, dass im Be-

reich des 1 %-Perzentils eine durchschnittliche Einsparung des Wärmebedarfs durch eine ambitionierte Sanierung (s. o.) bei bis zu 84 % liegen kann. Im 5 %-Perzentil liegt dieses Einsparpotenzial bei durchschnittlich 71 bis 84 %.

7.4 Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

Im Folgenden werden die Energieträger- und Treibhausgasbilanzen für den Ist-Zustand und für die Betrachtungszeitpunkte 2030, 2035 und 2038 dargestellt. Die Enquetekommission „Klimaschutzstrategie für das Land Bremen“ hat in ihrem Ende 2021 vorgelegten Abschlussbericht die Zielsetzung empfohlen, bis zum Jahr 2038 im Land Bremen die Klimaneutralität zu erreichen. Das Land Bremen ist dieser Empfehlung gefolgt und hat im Rahmen des Bremischen Klimaschutz- und Energiegesetzes entsprechende Klimaschutzziele landesrechtlich vorgegeben. Daher wird das Jahr 2038 auch in der Wärmeplanung für die Stadt Bremen als Zieljahr zugrunde gelegt.

Die Energieträger- und die Treibhausgasbilanzen beziehen sich auf den Einsatz von Energieträgern zur Erzeugung von Nah- und Fernwärme sowie auf die dezentrale Wärmeerzeugung.

Es wird nach zwei Umsetzungsszenarien differenziert. Die Szenarien unterscheiden sich besonders hinsichtlich der Geschwindigkeit des Wärmenetzausbaus und der Umstellung der dezentralen Wärmeerzeuger. In beiden Umsetzungsszenarien wurde das in Kapitel 4.1 beschriebene Szenario zur Fortschreibung des Wärmebedarfs zugrunde gelegt.

Der Energiebedarf der geplanten Neubaugebiete in den Bereichen Wohnen und Gewerbe wurde bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen nicht berücksichtigt. Die Unsicherheiten über die tatsächlich erwartbare zeitliche Entwicklung des zugrundeliegenden Wärmebedarfs erschienen zu groß.

Das Umsetzungsszenario 1 basiert zum einen auf den Ausbaugeschwindigkeiten der jeweiligen Wärmenetze und Erzeugerkonzepte, die von den Betreibern größerer Wärmenetze (swb und energy Contracting) angegeben wurden (vgl. Kapitel 6). Zum anderen wurden Austauschraten für dezentrale Wärmeerzeuger angenommen, die aus den entsprechenden Werten der jüngsten Vergangenheit abgeleitet wurden. Mit diesem Szenario kann allerdings die Klimaneutralität in der Wärmeversorgung im Jahr 2038 noch nicht erreicht werden.

Deshalb wurde mit dem Umsetzungsszenario 2 ein weiteres Szenario erstellt, mit dem das Ziel einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Jahr 2038 erreicht werden kann. Dazu wurde ermittelt, wie groß der Anstieg der Ausbaugeschwindigkeit beim Wärmenetzausbau und die Austauschrate der dezentralen Wärmeerzeuger sein müssen, damit der angestrebte Zielzustand bereits im Jahr 2038 erreicht werden kann. Weiterhin wurden im Umsetzungsszenario 2 eine beschleunigte Dekarbonisierung der Wärmeerzeugung für Wärmenetze sowie ein Zubau von Anergienetzen auf Basis von oberflächennaher Geothermienutzung berücksichtigt.

Am Ende dieses Kapitels werden die Ergebnisse der beiden Szenarien miteinander verglichen.

Zusätzlich werden die Energieträger- und Treibhausgasbilanzen für das Überseehafengebiet dargestellt. Diese unterscheiden sich in den Umsetzungsszenarien nicht, da der Zielzustand der Klimaneutralität dort bereits bis zum Jahr 2035 erreicht werden soll.

7.4.1 Umsetzungsszenario 1

Der Ausbau der Wärmenetze in den Gebieten West-Mitte-Ost, Bremen Süd und Bremen Nord sowie die Umstellung der zentralen Wärmeerzeugung sind in den Kapiteln 6.2 bis 6.4 beschrieben und dienen als Grundlage zur Berechnung der THG-Emissionen. Die Emissionen wurden entsprechend der Erzeugerportfolios berechnet. Im Umsetzungsszenario 1 wird angenommen, dass die für das Jahr 2035 beschriebenen Erzeugerportfolios auch im Jahr 2038 bestehen. Der jährliche Zubau bei den Fernwärmenetzen für den Zeitraum 2035 bis 2038 wird entsprechend der für den Zeitraum 2030 bis 2035 verwendeten Werte angelegt.

Für die Nahwärmenetze wird in beiden Umsetzungsszenarien angenommen, dass die Wärmeerzeugung im Zeitraum von 2030 bis 2038 auf erneuerbare Energieträger umgestellt wird. Es handelt sich dabei um die Wärmenetze, die in Tabelle 13 zusätzlich zu den im vorangegangenen Absatz genannten größeren Wärmenetzen enthalten sind (vgl. zusätzlich auch Kapitel 6.5). Für verschiedene Bereiche der Stadt Bremen ist dabei zu beachten, dass angenommen wird, dass einzelne bestehende Nahwärmenetze in das geplante größere zusammenhängende Wärmenetz integriert werden (vgl. Kapitel 6.2 bis 6.4).

- Uni+Ost: Nahwärmenetz in der Bremer Innenstadt
- Bremen Nord: Schönebecker Feld
- Bremen Süd: Neustadtwall, Tabakquartier, Spurwerk und Polizei-Niedersachsendamm

Für die Treibhausgasbilanz der bisher dezentral versorgten Gebäude ist neben dem Anschluss an eines der Wärmenetze die Umstellung von fossilen Endenergieträgern auf Einzelgebäudeversorgung auf Basis erneuerbarer Wärme (hier insb. dezentrale Wärmepumpen) relevant. Für die zeitliche Entwicklung bis 2038 müssen Annahmen zum Hochlauf der Wärmepumpen getroffen werden. Für das Umsetzungsszenario 1 wurde in Anlehnung an Luderer et al. 2021 angenommen, dass in den nächsten Jahren 3 % der fossilen Einzelgebäudeheizungen pro Jahr auf Wärmepumpen wechseln. Dies ist eine ambitionierte Annahme, die davon ausgeht, dass der Anteil der Wärmepumpen an allen jährlich neu eingebauten Heizungen auf 50 % bis 60 % steigt. Bei der Umstellung der dezentralen Heizungsanlagen wurden die in Kapitel 5 beschriebenen Analysen zur Eignung dezentraler Wärmepumpen berücksichtigt. Für Gebäude, welche nicht zur Versorgung durch dezentrale Wärmepumpen geeignet sind, wurde vereinfachend eine Umstellung auf eine Wärmeversorgung auf Basis von Biomasse (z. B. Pelletkessel) angenommen.

Die Berechnung der THG-Emissionen basiert auf den im Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung beschriebenen Emissionsfaktoren. Die Faktoren berücksichtigen auch die Vorkette. Für

die Nah- und Fernwärmenetze wurden die Emissionsfaktoren auf Basis der Daten zu den vorhandenen oder geplanten Wärmeerzeugungsanlagen individuell berechnet. In der folgenden Tabelle sind die mengengewichteten Mittelwerte dargestellt.

Tabelle 42: Angenommene THG-Emissionsfaktoren im Umsetzungsszenario 1 in g/kWh Endenergie (H_i)

Energieträger – THG-Emissionsfaktoren in g/kWh	Ist	2030	2035	2038
Gas	240	240	240	240
Heizöl	310	310	310	310
Holz	20	20	20	20
Kohle	400	400	400	400
Flüssiggas	270	270	270	270
Strom	528	110	45	25
Grüner Wasserstoff (Mittelwert)	-	43	35	28
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	110	35	45	46
Wärmenetze Bremen Süd	167	129	85	71
Nahwärmenetze	261	255	154	52

Wärmebedarf und THG-Emissionen für Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude

Die aus den oben beschriebenen Annahmen resultierende Energieträgerbilanz für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude verdeutlicht Abbildung 115. Es ist ein proportional höherer Wärmebedarfsrückgang für den Zeitraum vom Ist-Zustand bis 2030 zu erkennen. Dieser resultiert daraus, dass der Ist-Zustand das Jahr 2015 als Basis hat (Basisjahr des vorliegenden Wärmeatlas). Dementsprechend ist die Reduzierung zwischen dem Ist-Zustand und dem Jahr 2030 deutlich größer als die Reduzierung zwischen 2030 und 2035. Der Anteil fossiler Energieträger am Wärmebedarf der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude nimmt von 76 % im Ist-Zustand bis 2038 auf 25 % ab.

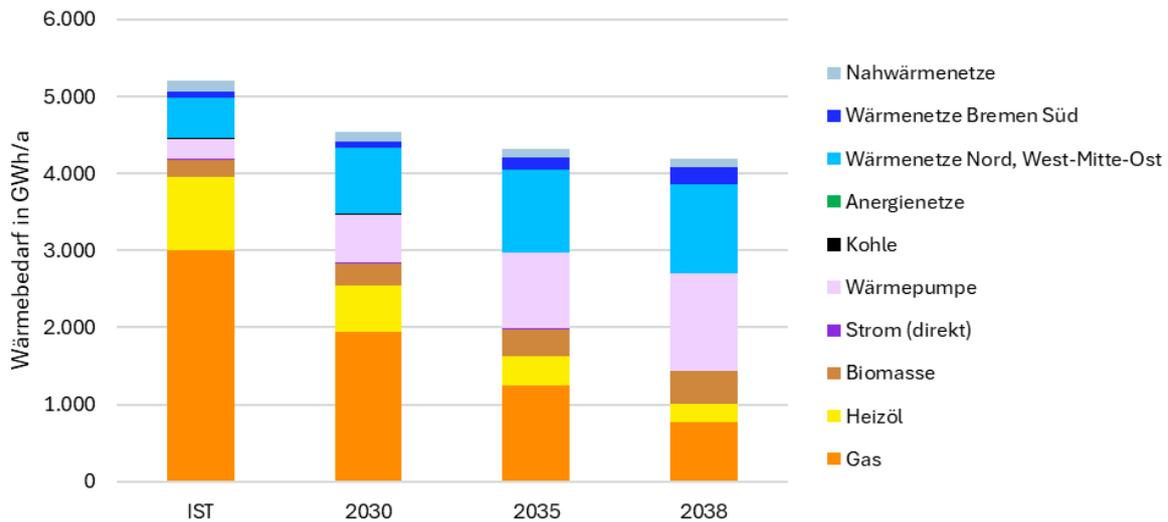


Abbildung 115: Darstellung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 1

Nachfolgend sind die Daten zur Entwicklung des Wärmebedarfs im Umsetzungsszenario 1 zusätzlich tabellarisch dargestellt.

Tabelle 43: Jährlicher Wärmebedarf nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 1

Wärmebedarf in GWh/a	IST	2030	2035	2038
Gas	3.002	1.940	1.243	771
Heizöl	949	609	380	243
Biomasse	230	287	358	419
Strom (direkt)	14	9	7	5
Wärmepumpe	253	625	982	1.259
Kohle	14	9	6	4
Anergienetze	0	0	0	0
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	529	856	1.079	1.162
Wärmenetze Bremen Süd	66	80	149	215
Nahwärmenetze	151	121	113	111
Summe	5.209	4.537	4.316	4.188

Die folgende Abbildung zeigt die aus der dargestellten Wärmebedarfsentwicklung resultierende THG-Bilanz für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 1.

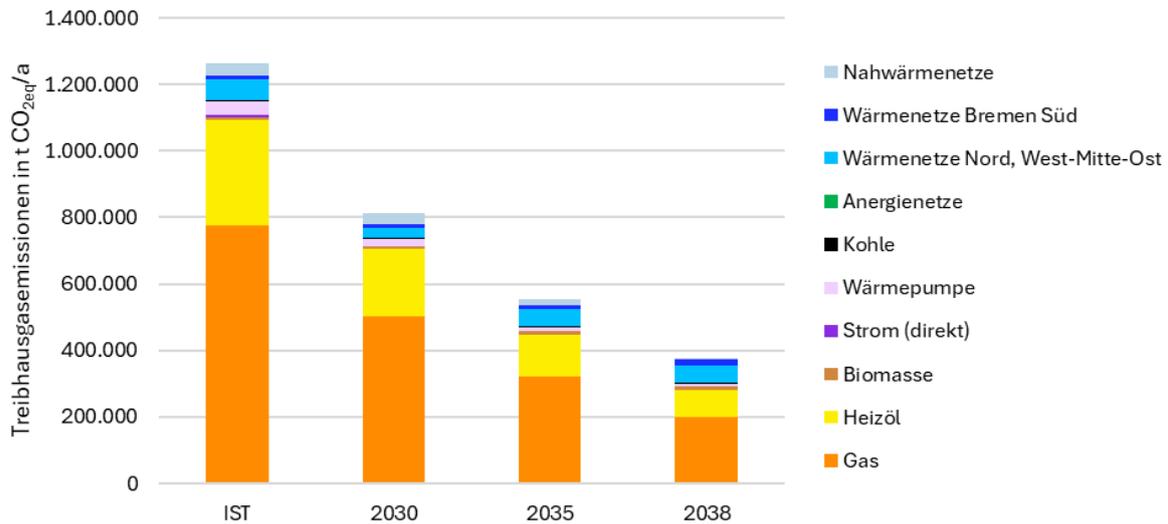


Abbildung 116: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude in Umsetzungsszenario 1.

Die THG-Emissionen gehen zwischen 2015 und 2038 um etwa 70 % zurück. Diese Reduzierung ergibt sich überwiegend durch den Wechsel von dezentralen Heizöl- und Gaskesseln zu anderen dezentralen Wärmeerzeugern (insb. Wärmepumpen) oder einer wärmenetzgebundenen Versorgung.

Bei den Wärmenetzen steigen – isoliert betrachtet – die THG-Emissionen bis 2038 teilweise weiter an. Dort wird der reduzierende Effekt, der sich aus der schrittweisen Umstellung der Erzeugung auf erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme ergibt, übergangsweise überkompensiert. Diese Überkompensation ergibt sich aus dem Netzausbau und den daraus resultierenden zusätzlichen Wärmemengen. Das gilt allerdings nur so lange, bis die Erzeugung für die Wärmenetze noch nicht vollständig transformiert ist. Diese Transformation ist im Umsetzungsszenario 1 erst im Jahr 2045 abgeschlossen. Da die Wärmenetzanschlüsse weit überwiegend fossile dezentrale Erzeuger verdrängen, ergibt sich im Saldo durch den Wärmenetzausbau dennoch ein THG-Minderungseffekt: Die bei den dezentralen fossilen Erzeugern eingesparten Treibhausgasemissionen sind pro kWh höher als die zusätzlichen THG-Emissionen der wärmenetzgebundenen Erzeugung. Dieser wärmenetzbezogene Minderungseffekt wird mit der über 2038 hinaus geplanten weiteren Umstellung der Erzeuger für das Wärmenetz auf erneuerbare Energien oder unvermeidbare Abwärme nach 2038 zusätzlich verstärkt.

Um die Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz im Detail nachvollziehen zu können, sind die entsprechenden Daten zusätzlich in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 44: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude in Umsetzungsszenario 1

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	774.643	500.627	320.675	198.856
Heizöl	319.936	205.157	128.017	81.771
Biomasse	5.416	6.759	8.418	9.866
Strom (direkt)	7.406	1.059	308	122
Wärmepumpe	40.477	20.862	13.406	9.553
Kohle	6.614	4.241	2.647	1.691
Anergienetze	0	0	0	0
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	59.281	30.511	50.053	54.558
Wärmenetze Bremen Süd	11.313	10.617	12.933	15.545
Nahwärmenetze	40.185	31.372	17.783	5.910
Summe	1.265.272	811.206	554.241	377.871

Wärmebedarf und THG-Emissionen für Industrie und GHD (> 5 GWh/a)

Da der Wärmebedarf in Bremen stark durch den Anteil der Sektoren Industrie und Gewerbe (> 5 GWh) geprägt ist, erscheint es sinnvoll, die entsprechenden Daten separat darzustellen. Für den aktuell derzeit überwiegend durch Gas versorgten Wärmebedarf von Industrie und GHD (> 5 GWh/a) wird im Umsetzungsszenario 1 angenommen, dass im Zeitraum von 2035 bis 2045 die Dekarbonisierung vor allem durch den Einsatz synthetischer Brennstoffe und durch Elektrifizierung erfolgt. Folgende Tabelle zeigt die resultierende Energieträgerbilanz im Umsetzungsszenario 1.

Tabelle 45: Jährlicher Wärmebedarf der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern im Umsetzungsszenario 1

Wärmebedarf in GWh/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	1.178	1.069	1.034	608
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	246	247	241	234
Wärmenetze Bremen Süd	0	0	0	3
Kohle	12	10	10	5
Heizöl	14	12	11	6
Flüssiggas	0	0	0	0
Biomasse	15	13	12	6
Synth. Gase/Elektrifizierung	0	0	0	417
Summe	1.466	1.350	1.308	1.279

Die folgende Tabelle zeigt die aus der Wärmebedarfsentwicklung resultierende THG-Bilanz für die Sektoren Industrie und Gewerbe (> 5 GWh/a) im Umsetzungsszenario 1.

Tabelle 46: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern in Umsetzungsszenario 1

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	303.956	275.789	266.819	156.841
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	29.957	9.336	11.779	11.337
Wärmenetze Bremen Süd	0	0	0	246
Kohle	5.654	4.683	4.500	2.322
Heizöl	4.773	3.953	3.798	1.960
Flüssiggas	27	22	21	11
Biomasse	363	301	289	149
Synth. Gase/Elektrifizierung	0	0	0	12.545
Summe	344.729	294.084	287.206	185.411

THG-Emissionen in Summe für alle Sektoren

Tabelle 47 enthält die gesamten jährlichen Treibhausgasemissionen aller Sektoren aus dem Umsetzungsszenario 1. Die jährlichen Emissionen werden vom Ist-Zustand (2015) bis zum Jahr 2038 um etwa 65 % reduziert. Die dargestellten Emissionsminderungsraten sind nicht unmittelbar mit den Klimaschutzzielen des Landes Bremen vergleichbar. Ein wesentlicher Grund hierfür ist, dass sich die Klimaschutzziele des Landes Bremen auf die Minderung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisjahr 1990 beziehen.

Tabelle 47: Gesamte jährliche THG-Emissionen und THG-Emissionseinsparungen über alle Sektoren im Umsetzungsszenario 1

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude	1.265.272	811.206	554.241	377.871
Industrie und GHD (> 5 GWh/a)	344.729	294.084	287.206	185.411
Überseehafen	10.172	5.766	467	260
Summe	1.620.174	1.111.055	841.913	563.542
Einsparungen gegenüber Ist in %		-31	-48	-65

7.4.2 Umsetzungsszenario 2

Für das Umsetzungsszenario 2 wurde ein beschleunigter Wärmenetzausbau über den gesamten Zeitraum von 2025 bis 2038 unterstellt. Diese Beschleunigung wurde so berechnet, dass der in den Abschnitten 6.2 bis 6.4 beschriebene Zielausbau bereits im Jahr 2038 und damit deutlich früher als im Umsetzungsszenario 1 erreicht wird. Dazu müsste die Ausbaugeschwindigkeit der Wärmenetze in West-Mitte-Ost und Süd von 10 auf 15 Trassenkilometer pro Jahr steigen (im Zeitraum 2025 bis 2038). Der Wärmenetzausbau in Bremen Nord müsste ebenfalls beschleunigt werden. Zudem wird im Umsetzungsszenario 2 unterstellt, dass die in den Abschnitten 6.2 bis 6.4 für das Zielszenario beschriebenen Wärmerezeuherportfolios bis zum Jahr 2038 umgesetzt sind. Diese frühere Umstellung der zentralen Wärmerezeugung führt zu veränderten Treibhausgasemissionsfaktoren in den Wärmenetzen, auch schon für die Betrachtungszeitpunkte vor 2038. Diese sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 48: THG-Emissionsfaktoren der Wärmenetze in Umsetzungsszenario 2 mit von Umsetzungsszenario 1 abweichenden Werten in g/kWh Endenergie (Hi)

Energieträger	Ist	2030	2035	2038
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	110	35	45	11
Wärmenetze Bremen Süd	167	112	82	18

Bei der Umstellung dezentraler Wärmeerzeugungsanlagen auf erneuerbare Energien müsste über den gesamten Zeitraum von 2025 bis 2038 anstatt der im Umsetzungsszenario 1 angenommenen Wechselrate von 3 %/a eine Wechselrate von etwa 4,9 %/a erreicht werden.

Zusätzlich wird im Umsetzungsszenario 2 zugrunde gelegt, dass über den gesamten Zeitraum jährlich zwei Anergienetze und damit insgesamt 28 Netze umgesetzt werden, die dann zuvor fossil versorgte Gebäude (Annahme: 90 % Gas, 10 % Heizöl) auf Basis von Erdwärme versorgen. Es wird angenommen, dass jedes Anergienetz einen fossilen Wärmebedarf von etwa 1,65 GWh/a substituiert.

Für den Sektor Industrie und GHD (> 5 GWh/a) wird eine beschleunigte Dekarbonisierung vor allem durch den Einsatz synthetischer Brennstoffe und die Elektrifizierung bereits bis zum Jahr 2038 unterstellt.

Wärmebedarf und THG-Emissionen für Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude

Die aus den oben beschriebenen Annahmen resultierende Energieträgerbilanz für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2 ist in Abbildung 117 ablesbar. Auch hier ist ein proportional höherer Wärmebedarfsrückgang für den Zeitraum vom Ist-Zustand bis 2030 zu erkennen, der daraus resultiert, dass der Ist-Zustand das Jahr 2015 als Basis hat (vgl. Kapitel 7.4.1). Der Anteil fossiler Energieträger am Wärmebedarf der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude nimmt von 76 % im Ist-Zustand bis zum Zieljahr auf 0 % ab.

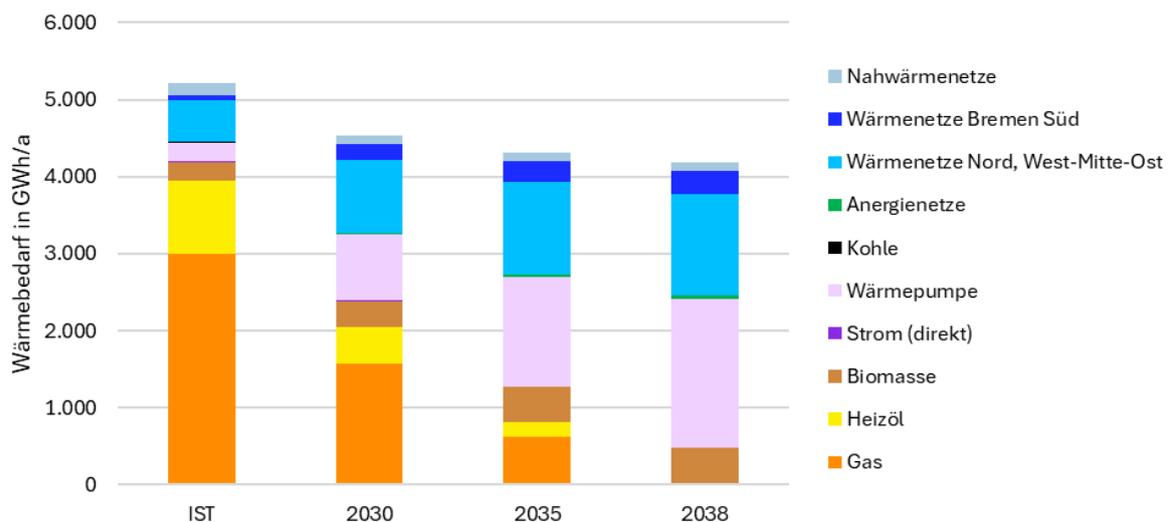


Abbildung 117: Darstellung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.

Nachfolgend sind die Daten zur Entwicklung des Wärmebedarfs im Umsetzungsszenario 2 zusätzlich tabellarisch dargestellt.

Tabelle 49: Jährlicher Wärmebedarf nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.

Wärmebedarf in GWh/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	3.002	1.570	630	0
Heizöl	949	482	176	0
Biomasse	230	336	459	481
Strom (direkt)	14	8	4	0
Wärmepumpe	253	854	1.426	1.940
Kohle	14	7	3	0
Anergienetze	0	17	33	46
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	529	953	1.208	1.311
Wärmenetze Bremen Süd	66	191	264	299
Nahwärmenetze	151	121	113	111
Summe	5.209	4.537	4.316	4.188

Die folgende Abbildung zeigt die aus der dargestellten Wärmebedarfsentwicklung resultierende Treibhausgasbilanz für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.

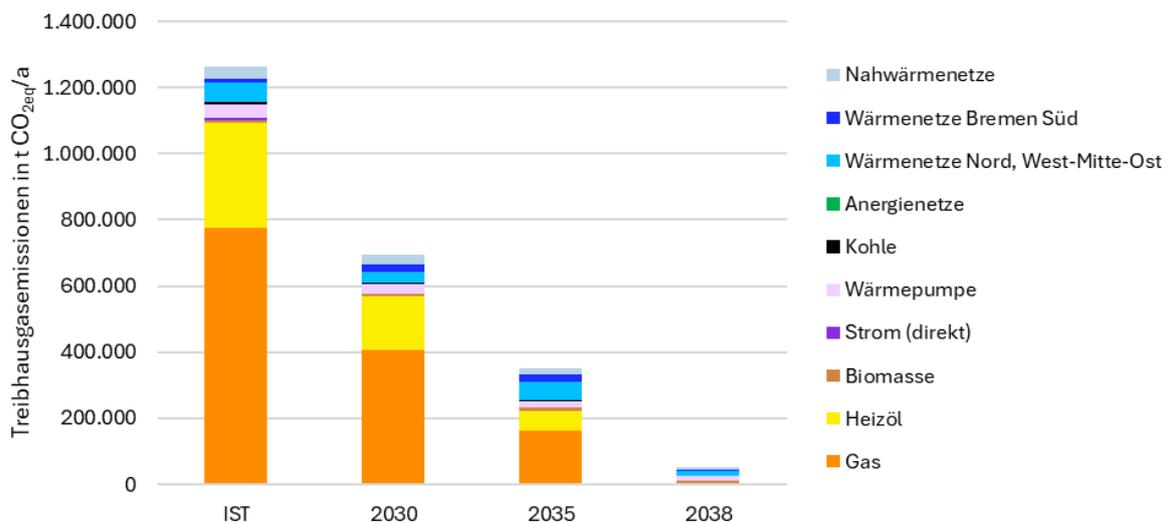


Abbildung 118: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.

Die Treibhausgasemissionen gehen zwischen 2015 und 2038 um etwa 96 % zurück. Diese Reduzierung ergibt sich überwiegend durch den Wechsel von dezentralen Heizöl- und Gaskesseln zu

anderen dezentralen Wärmeerzeugern (insb. Wärmepumpen) oder einer wärmenetzgebundenen Versorgung. Bei den Wärmenetzen ist zudem die Umstellung der Erzeugung auf erneuerbare Energien oder unvermeidbare Abwärme – anders als im Umsetzungsszenario 1 – bis 2038 abgeschlossen. THG-Emissionen ergeben sich weit überwiegend nur noch durch biomassebasierte Erzeuger und die THG-Emissionen des Strommixes für strombasierte Wärmeerzeuger.

Um die Auswirkungen auf die Treibhausgasbilanz im Detail nachvollziehen zu können, sind die entsprechenden Daten in folgender Tabelle zusätzlich tabellarisch dargestellt.

Tabelle 50: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	774.643	405.108	162.614	0
Heizöl	319.936	162.319	59.373	0
Biomasse	5.416	7.896	10.799	11.324
Strom (direkt)	7.406	905	199	0
Wärmepumpe	40.477	28.491	19.477	14.714
Kohle	6.614	3.356	1.227	0
Anergienetze	0	454	371	289
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	59.281	33.190	56.780	14.161
Wärmenetze Bremen Süd	11.313	21.709	21.967	5.368
Nahwärmenetze	40.185	31.372	17.783	5.910
Summe	1.265.272	694.799	350.590	51.766

Wärmebedarf und THG-Emissionen für Industrie und GHD (> 5 GWh/a)

Für den aktuell überwiegend mit Gas versorgten Wärmebedarf der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) wird im Umsetzungsszenario 2 angenommen, dass die Dekarbonisierung bis zum Jahr 2038 vor allem durch den Einsatz synthetischer Brennstoffe und durch Elektrifizierung erfolgt. Folgende Tabelle zeigt die entsprechende Wärmeträgerbilanz der Sektoren Industrie und Gewerbe (> 5 GWh/a).

Tabelle 51: Jährlicher Wärmebedarf der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern im Umsetzungsszenario 2

Wärmebedarf in GWh/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	1.178	1.069	1.034	0
Wärmenetze Nord, West-Mitte-Ost	246	247	241	234
Wärmenetze Bremen Süd	0	0	0	3
Kohle	12	10	10	0
Heizöl	14	12	11	0
Flüssiggas	0	0	0	0
Biomasse	15	13	12	0
Synth. Gase/Elekt-rifizierung	0	0	0	1.042
Summe	1.466	1.350	1.308	1.279

Die folgende Tabelle zeigt die aus der Wärmebedarfsentwicklung resultierende Treibhausgasbilanz für die Sektoren Industrie und Gewerbe (> 5 GWh/a) im Umsetzungsszenario 2.

Tabelle 52: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern im Umsetzungsszenario 2

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	303.956	275.789	266.819	0
Wärmenetze Nord West-Mitte-Ost	29.957	9.336	11.779	2.494
Wärmenetze Bremen Süd	0	0	0	35
Kohle	5.654	4.683	4.500	0
Heizöl	4.773	3.953	3.798	0
Flüssiggas	27	22	21	0
Biomasse	363	301	289	0
Synth. Gase/Elektrifizierung	0	0	0	31.362
Summe	344.729	294.084	287.206	33.891

THG-Emissionen in Summe für alle Sektoren

Die Tabelle 53 zeigt die gesamten aus dem Umsetzungsszenario 2 jährlich resultierenden Treibhausgasemissionen. Durch die angenommenen Maßnahmen werden diese mit Bezug auf den Ist-Zustand (2015) bis zum Jahr 2038 um etwa 95 % reduziert. Die dargestellten Emissionsminderungsraten sind nicht unmittelbar mit den Klimaschutzzielen des Landes Bremen vergleichbar. Ein wesentlicher Grund hierfür ist, dass sich die Klimaschutzziele des Landes Bremen auf die Minderung der Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisjahr 1990 beziehen.

Tabelle 53: Gesamte jährliche THG-Emissionen und THG-Emissionseinsparungen über alle Sektoren im Umsetzungsszenario 2

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude	1.265.272	694.799	350.590	51.766
Industrie und GHD (> 5 GWh/a)	344.729	294.084	287.206	33.891
Überseehafen	10.172	5.766	467	260
Summe	1.620.174	994.648	638.262	85.917
Einsparungen gegenüber Ist in %		-39	-61	-95

7.4.3 Überseehafen

Die Treibhausgasbilanz für das Überseehafengebiet wurde auf Grundlage des Projekts „CO₂-neutraler Überseehafen“ erstellt, welches in Kapitel 6.7 skizziert wurde. In den folgenden Tabellen sind der jährliche Endenergiebedarf nach Energieträgern (Tabelle 54) und die resultierenden Treibhausgasemissionen (Tabelle 55) dargestellt.

Tabelle 54: Jährlicher Endenergiebedarf nach Energieträgern im Überseehafengebiet

Endenergiebedarf in GWh/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	26,4	13,2	0,0	0,0
Heizöl	8,1	4,0	0,0	0,0
Biomasse	1,2	0,6	0,0	0,0
Wärme	4,4	5,1	5,8	5,8
Strom	0,0	5,1	10,3	10,3
Wasserstoff	0,0	0,1	0,2	0,2
Summe	40	28	16	16

Tabelle 55: Jährliche THG-Emissionen im Überseehafengebiet

THG-Emissionen in t/a	Ist	2030	2035	2038
Gas	6.340	3.170	0	0
Heizöl	2.501	1.251	0	0
Biomasse	23	12	0	0
Wärme	1.308	765	0	0
Strom	0	564	461	256
Wasserstoff	0	4	5	4
Summe	10.172	5.766	467	260

7.4.4 Vergleich der Umsetzungsszenarien

Zum Vergleich der beiden Umsetzungsszenarien werden der jährliche Wärmebedarf nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude (Abbildung 119) sowie die resultierenden jährlichen Treibhausgasemissionen für das Jahr 2038 (Abbildung 120) dargestellt.

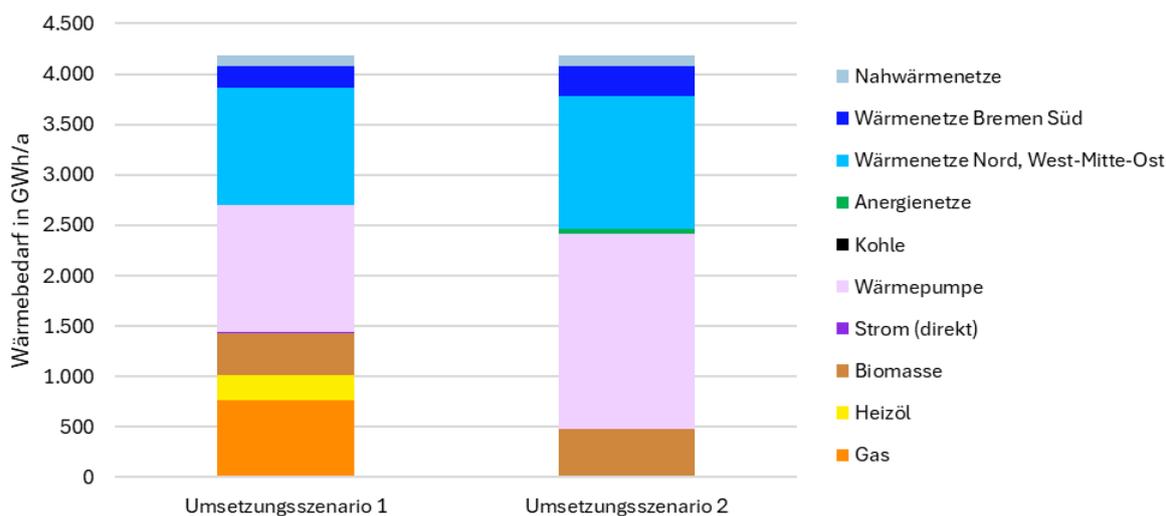


Abbildung 119: Darstellung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Zieljahr 2038 für die Umsetzungsszenarien 1 und 2.

Die wesentlichen Unterschiede sind bei den Anteilen von Gas, Heizöl und Kohle sichtbar. Diese haben im Umsetzungsszenario 1 im Jahr 2038 einen Anteil von etwa 25 % des Wärmebedarfs und sind im Umsetzungsszenario 2 komplett durch Wärmenetze, Anergienetze und dezentrale Wärmeerzeuger auf Basis erneuerbarer Energien ersetzt.

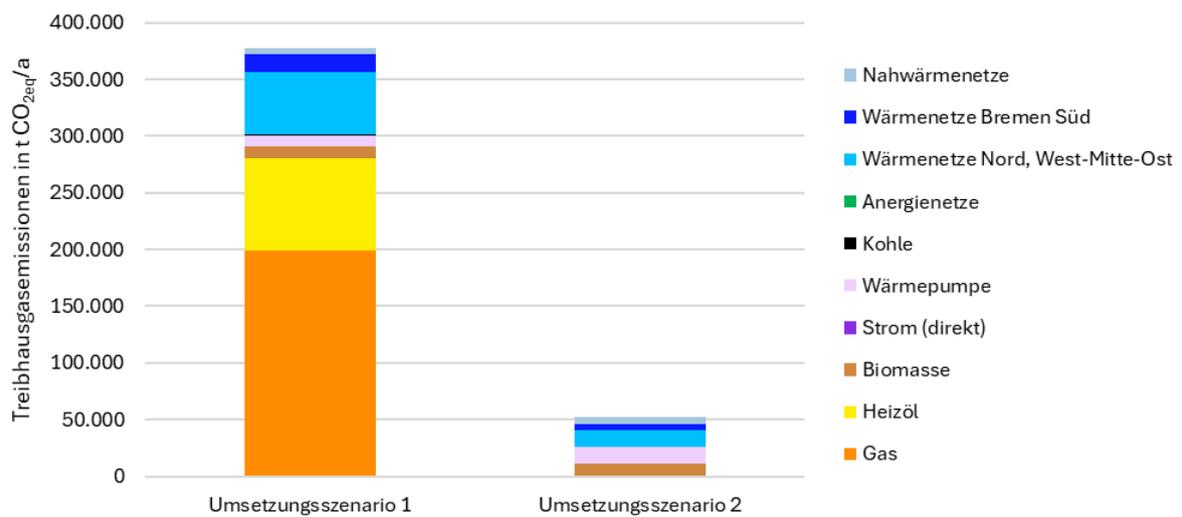


Abbildung 120: Darstellung der jährlichen THG-Emissionen nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Jahr 2038 für die Umsetzungsszenarien 1 und 2.

Folgende Abbildung zeigt für beide Umsetzungsszenarien, wie viele Treibhausgasemissionen jährlich durch die verschiedenen Maßnahmen eingespart werden. Hierbei wurde zunächst die Wärmebedarfsreduktion isoliert von Energieträgerwechselln betrachtet. Durch diese werden in beiden Umsetzungsszenarien etwa 330 000 t/a CO_{2eq} eingespart. Insgesamt liegen die Einsparungen in Umsetzungsszenario 1 bei ungefähr einer Mio. t CO_{2eq} jährlich. In Umsetzungsszenario 2 sind die Einsparungen mit 1,5 Mio. t CO_{2eq} jährlich etwa 50 % größer.

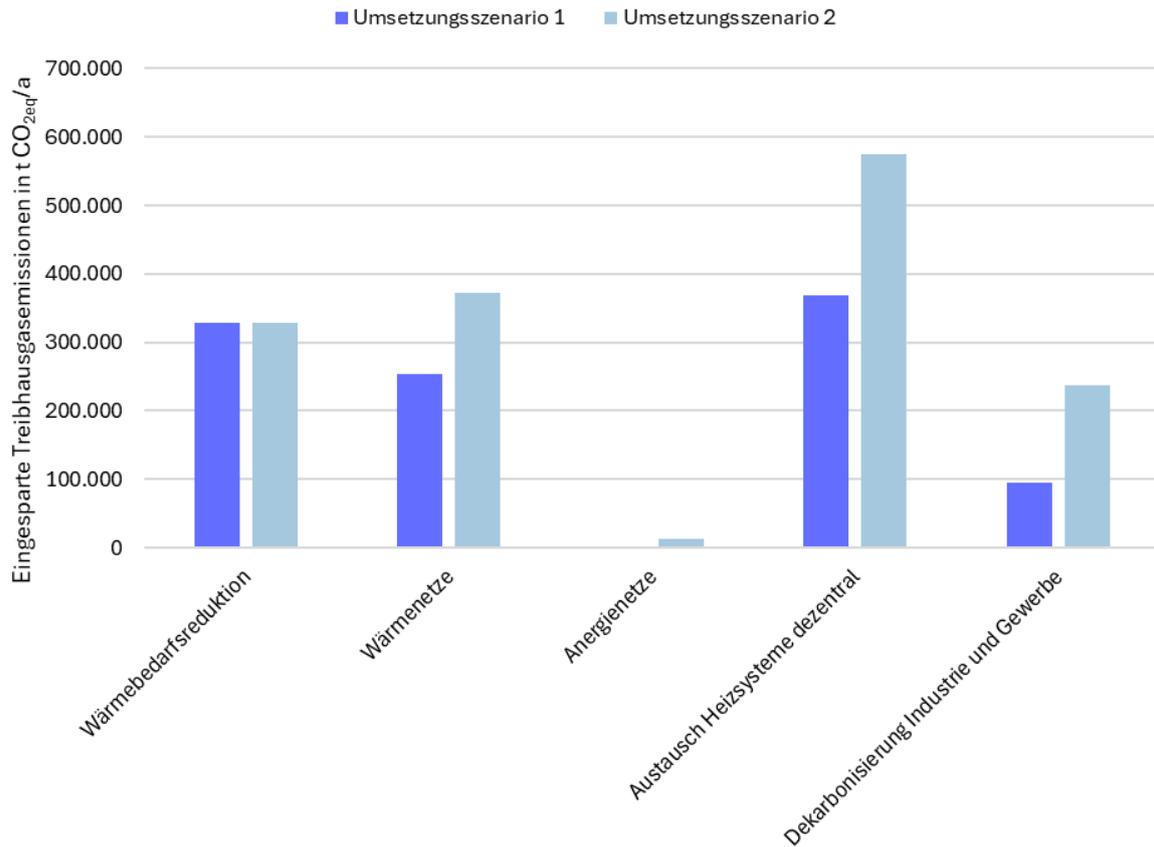


Abbildung 121: Jährliche Einsparungen an THG-Emissionen zwischen dem Ist-Stand und dem Jahr 2038 der einzelnen Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in den Umsetzungsszenarien 1 und 2

Folgende Tabelle zeigt die absoluten und die prozentualen Anteile der eingesparten Treibhausgasemissionen für das jeweilige Umsetzungsszenario im Vergleich.

Tabelle 56: Vergleich der Anteile der eingesparten THG-Emissionen zwischen den Umsetzungsszenarien 1 und 2

Reduzierung THG-Emissionen in t/a	Umsetzungsszenario 1	Umsetzungsszenario 2	Differenz in t/a	Anteil an Differenz in %
Wärmebedarfsreduktion	329.014	329.014	0	0
Wärmenetze	254.167	371.743	117.576	25
Anergienetze	0	11.998	11.998	3
Austausch Heizsysteme dezentral	368.562	574.148	205.586	43
Dekarbonisierung Industrie und Gewerbe	94.977	237.443	142.466	30
Summe	1.046.720	1.524.346	477.626	100

Abbildung 122 zeigt die Summe der im Betrachtungszeitraum 2025 bis 2038 insgesamt anfallenden Treibhausgasemissionen (kumulierte THG-Emissionen) für beide Umsetzungsszenarien. Zur Berechnung der kumulierten Treibhausgasemissionen wurde zwischen den dargestellten Betrachtungszeitpunkten linear interpoliert. Über den Zeitraum fallen in Umsetzungsszenario 2 etwa 17 % (ca. 2 Mio. t CO_{2eq}) geringere Treibhausgasemissionen an.

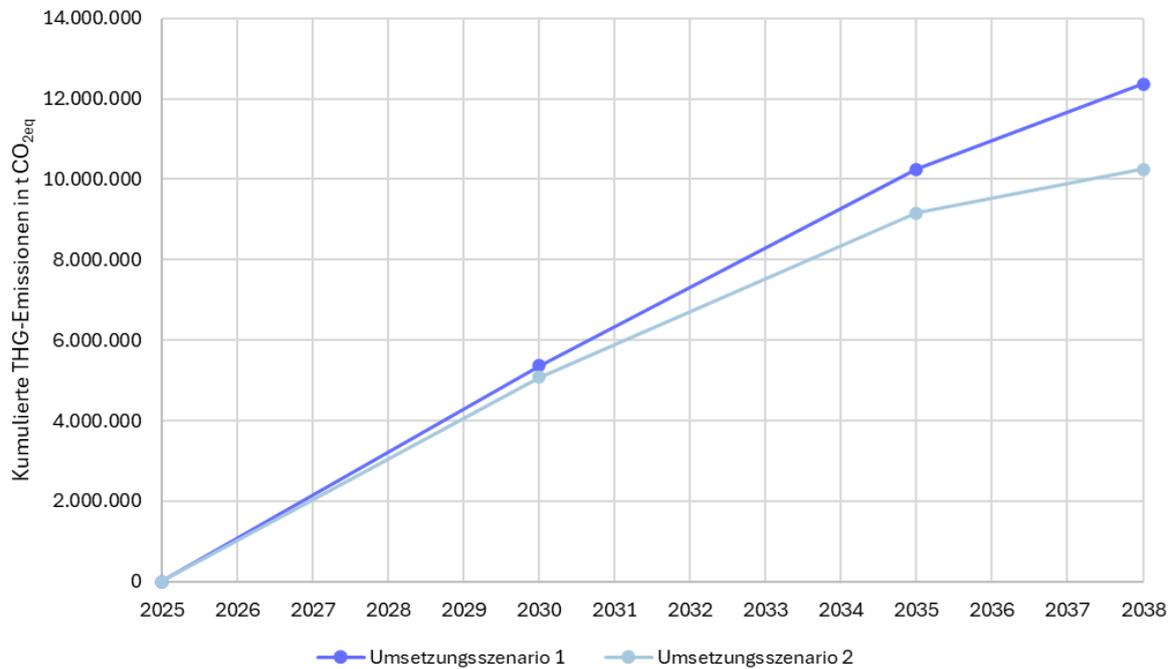


Abbildung 122: Vergleich der kumulierten THG-Emissionen in den Umsetzungsszenarien 1 und 2 für den Zeitraum 2025 bis 2038

7.5 Auswirkungen auf das Stromnetz

Das Zielszenario basiert maßgeblich auf einer Elektrifizierung der Wärmeversorgung. Daraus ergeben sich erhebliche Zuwächse beim Strombedarf (Arbeit und Leistung). Um die Auswirkungen des Zielszenarios auf das Stromnetz zu bestimmen, werden stündliche Lastgänge der zentralen und dezentralen Wärmepumpen sowie Arbeitszahlen auf Basis der Quelltemperaturen (Fluss, Ausläufe der Kläranlagen, Außenluft, oberflächennahe Geothermie) zugrunde gelegt. Die resultierenden Stromlastgänge (für das vorgelagerte Übertragungsnetz in Summe) sind in den folgenden Abbildungen und den darauffolgenden Tabellen für die Umsetzungsszenarien 1 und 2 dargestellt.

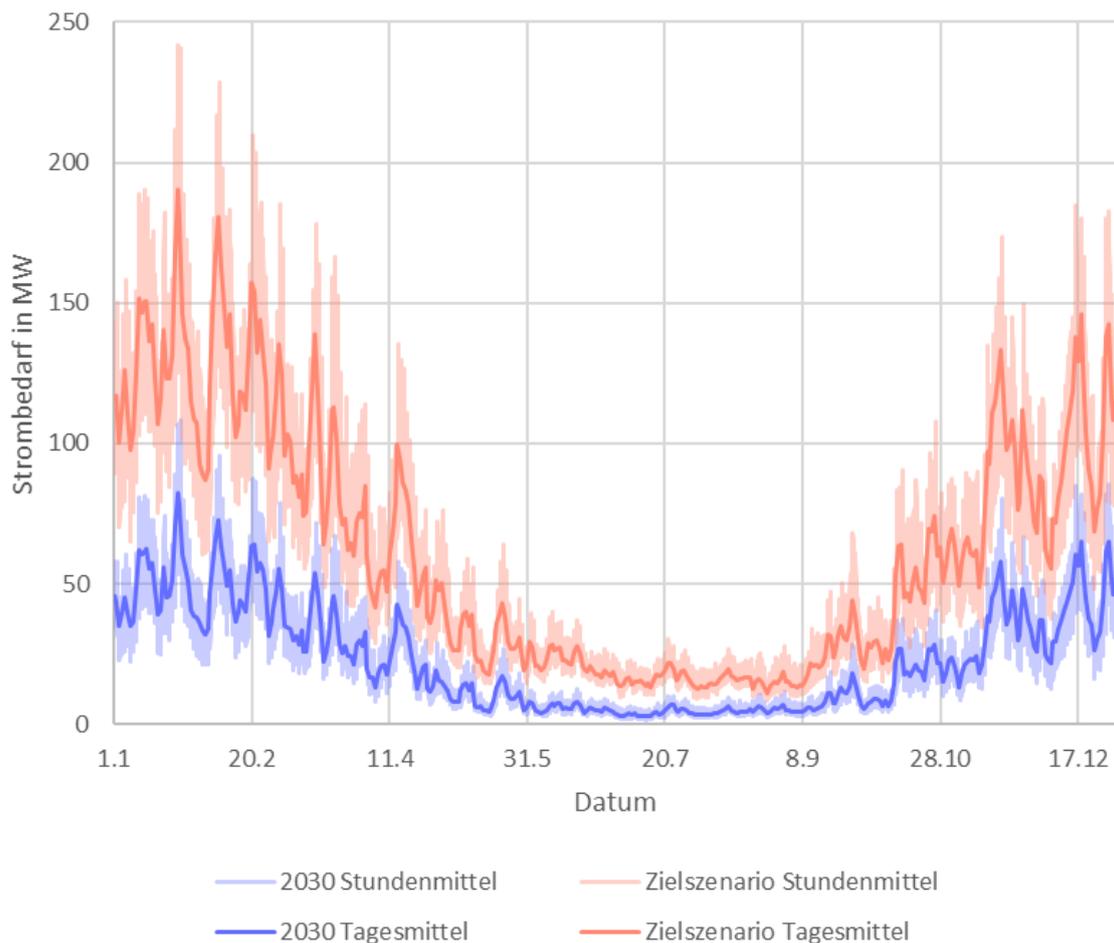


Abbildung 123: Stromlastgänge für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 1 im Tages- und Stundenmittel.

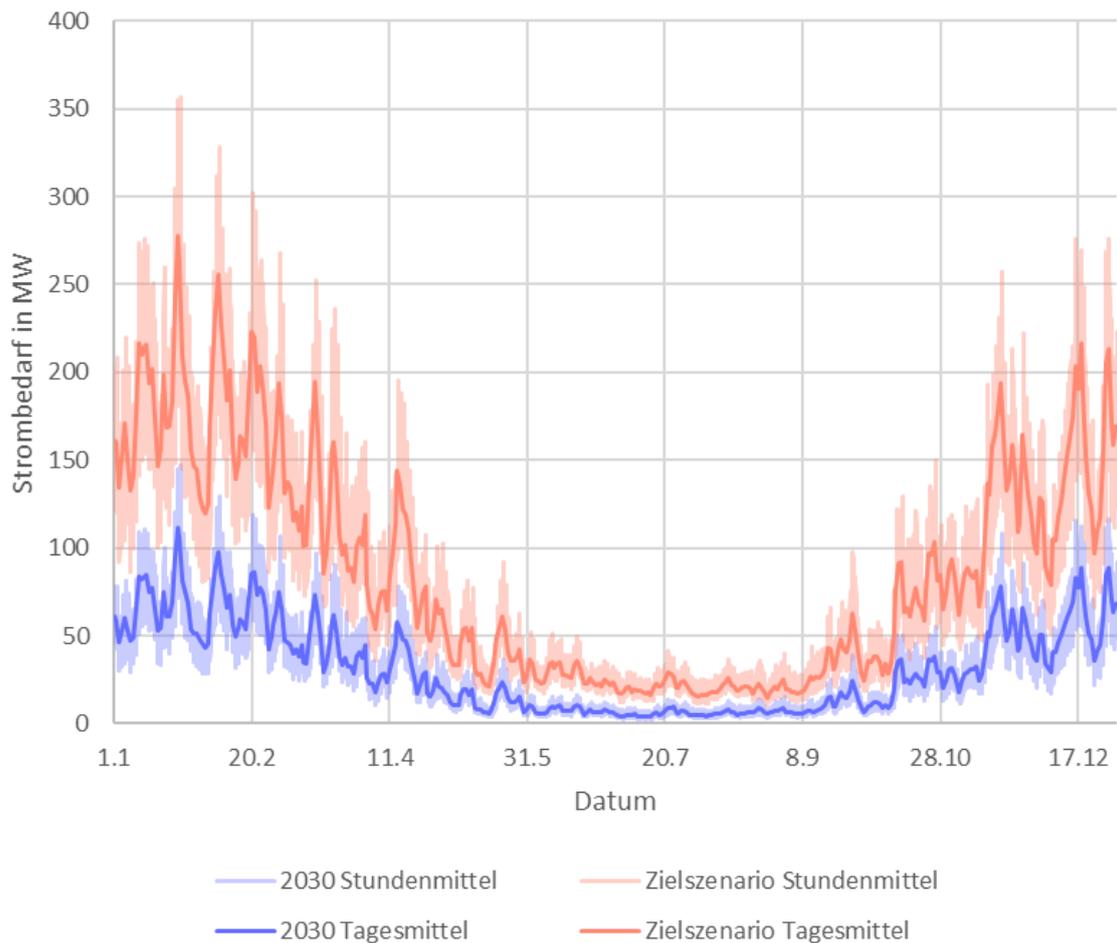


Abbildung 124: Stromlastgänge für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 2 im Tages- und Stundenmittel.

Tabelle 57: Auswirkungen der Wärmeversorgung auf das Stromnetz, Zahlen für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 1

Jahr	2030	Zielszenario
Strombedarf Wärmeversorgung in GWh/a	203	538
Bedarfsanteil zentrale Wärmepumpen in %	6	29
Bedarfsanteil dezentrale Wärmepumpen in %	94	71
Lastspitze Tagesmittel in MW	82	190
Lastspitze Stundenmittel in MW	108	242

Tabelle 58: Auswirkungen der Wärmeversorgung auf das Stromnetz, Zahlen für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 2

Jahr	2030	Zielszenario
Strombedarf Wärmeversorgung in GWh/a	272	744
Bedarfsanteil zentrale Wärmepumpen in %	5	21
Bedarfsanteil dezentrale Wärmepumpen in %	95	79
Lastspitze Tagesmittel in MW	112	278
Lastspitze Stundenmittel in MW	147	357

Nach Angaben der swb lag die Jahreshöchstlast im Jahr 2023 bei 732 MW. Die von Letztverbrauchern auf allen Netzebenen entnommene Jahresarbeit betrug etwa 4 200 GWh (wesernetz Bremen GmbH, www.wesernetz.de, 2025). Im Netzausbauplan für das Versorgungsgebiet Bremen (wesernetz, 2024) wird der elektrische Leistungsbedarf für Wärmepumpen im Jahr 2023 mit 3 MW angegeben. Vereinfacht berechnet (ohne Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit bzw. Lastverschiebungen durch Speicher) steigt der Leistungsbedarf durch die Elektrifizierung der Wärmeversorgung im Umsetzungsszenario 1 bis 2038 von 732 MW um 239 MW auf 971 MW (ca. 33 %) und die Jahresarbeit um etwa 13 %. Im Umsetzungsszenario 2 steigt der Leistungsbedarf bis 2038 von 732 MW um 354 MW auf 1 086 MW (circa 48 %) und die Jahresarbeit um etwa 18 %.

7.6 Kennzahlen für das Zielszenario

Im Zielszenario beschreibt die planungsverantwortliche Stelle gemäß § 17 Abs. 1 WPG für das gesamte geplante Gebiet anhand der Indikatoren nach Anlage 2 (zu § 23) Abschnitt III WPG die langfristige Entwicklung der Wärmeversorgung. Diese muss im Einklang mit der Einteilung des geplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete nach § 18 WPG, der Darstellung der Wärmeversorgungsarten für das Zieljahr nach § 19 WPG und mit den Zielen des WPG stehen.

Die Indikatoren werden für die beiden Umsetzungsszenarien in den folgenden Kapiteln getrennt dargestellt. Die Indikatoren werden für das geplante Gebiet als Ganzes und jeweils für die Jahre 2030, 2035 und 2038 angegeben.

7.6.1 Umsetzungsszenario 1

Tabelle 59: Indikatoren für das Zielszenario in Umsetzungsszenario 1

Kennzahl	Ist	2030	2035	2038
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung gesamt in GWh/a	7.005	5.843	5.262	4.874
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor HH in GWh/a	3.527	2.822	2.463	2.218

Kennzahl	Ist	2030	2035	2038
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor GHD in GWh/a	1.241	1.035	927	850
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor öffentliche Gebäude in GWh/a	723	605	543	502
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor Industrie in GWh/a	1.468	1.348	1.308	1.284
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor unbekannt in GWh/a	6	5	4	4
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung im Überseehafengebiet in GWh/a	40	28	16	16
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Erdgas in GWh/a	4.521	3.248	2.448	1.482
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Strom (direkt) in GWh/a	14	15	17	15
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Strom (Wärmepumpen) in GWh/a	77	190	298	382
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Heizöl in GWh/a	1.056	679	425	270
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Biomasse in GWh/a	290	354	435	501
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger synth. Gase/Elektrifizierung in GWh/a	0	0	0	448
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Flüssiggas in GWh/a	0,1	0,1	0,1	0,0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Kohle in GWh/a	31	22	18	10
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Wärmenetze in GWh/a	1.018	1.336	1.621	1.766
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Anergienetze in GWh/a	0	0	0	0
THG-Emissionen Wärmeversorgung in t CO _{2eq} /a	1.620.174	1.111.055	841.913	563.542
Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung (Strom, Wärmenetze, Gasnetze) am Gesamtendenergieverbrauch für Wärme in %	80	82	83	75
Endenergieverbrauch Wärmenetze in GWh/a	1.018	1.336	1.621	1.766
Endenergieverbrauch Strom in GWh/a	91	204	315	397
Endenergieverbrauch Gasnetze in GWh/a	4.521	3.248	2.448	1.482

Kennzahl	Ist	2030	2035	2038
Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss	7.817	12.227	18.453	20.474
Anteil der Gebäude mit Wärmenetzanschluss an Gesamtgebäudeanzahl in %	7	10	16	18
Anteil Endenergieverbrauch Erdgas an Gesamt-Endenergieverbrauch in Gasnetzen in %	100	100	100	100
Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss	83.441	67.793	50.548	38.514
Anteil der Gebäude mit Gasnetzanschluss an Gesamtgebäudeanzahl in %	72	58	43	33

7.6.2 Umsetzungsszenario 2

Tabelle 60: Indikatoren für das Zielszenario in Umsetzungsszenario 2

Kennzahl	Ist	2030	2035	2038
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung gesamt in GWh/a	7.005	5.6455.6 44	4.886	4.301
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor HH in GWh/a	3.527	2.688	2.208	1.734
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor GHD in GWh/a	1.241	993	848	776
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor öffentl. Gebäude in GWh/a	723	583	501	486
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor Industrie in GWh/a	1.468	1.348	1.308	1.284
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Sektor unbekannt in GWh/a	6	5	4	4
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung im Überseehafengebiet in GWh/a	40	28	16	16
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Erdgas in GWh/a	4.521	2.850	1.789	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Strom (direkt) in GWh/a	14	13	15	10
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Strom (Wärmepumpen) in GWh/a	77	259	433	589
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Heizöl in GWh/a	1.056	540	204	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Biomasse in GWh/a	290	410	554	566

Kennzahl	Ist	2030	2035	2038
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger synth. Gase/Elektrifizierung in GWh/a	0	0	0	1.120
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Flüssiggas in GWh/a	0,1	0,1	0,1	0,0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Kohle in GWh/a	31	20	14	0
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Wärmenetze in GWh/a	1.018	1.547	1.869	2.004
Endenergieverbrauch Wärmeversorgung Energieträger Anergienetze in GWh/a	0	4	8	12
THG-Emissionen Wärmeversorgung in t CO _{2eq} /a	1.620.174	994.648	638.262	85.917
Anteil leitungsgebundener Wärmeversorgung (Strom, Wärmenetze, Gasnetze) am Gesamtendenergieverbrauch für Wärme in %	80	83	84	61
Endenergieverbrauch Wärmenetze in GWh/a	1.018	1.547	1.869	2.004
Endenergieverbrauch Strom in GWh/a	91	272	448	599
Endenergieverbrauch Gasnetze in GWh/a	4.521	2.850	1.789	0
Anzahl der Gebäude mit Wärmenetzanschluss	7.817	13.403	18.988	23.456
Anteil der Gebäude mit Wärmenetzanschluss an Gesamtgebäudeanzahl in %	7	11	16	20
Anteil Endenergieverbrauch Erdgas an Gesamt-Endenergieverbrauch in Gasnetzen in %	100	100	100	-
Anzahl der Gebäude mit Gasnetzanschluss	83.441	57.584	30.131	0
Anteil der Gebäude mit Gasnetzanschluss an Gesamtgebäudeanzahl in %	72	49	26	0

8 Anforderungen an einen Wärmeplan für ein Gemeindegebiet mit mehr als 45 000 Einwohnern

Ein Wärmeplan für Städte mit mehr als 45 000 Einwohnern muss besondere Anforderungen erfüllen. Diese werden in den folgenden Kapiteln beschrieben. Die Struktur der Darstellung orientiert sich an § 21 Abs. 1 bis 4 WPG.

8.1 Grundsatz Energieeffizienz an erster Stelle

Der Wärmeplan soll gemäß § 21 Nr. 1 WPG mit dem Grundsatz „Energieeffizienz an erster Stelle“ nach Artikel 3 der Richtlinie (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung)(ABl. L 231 vom 20.09.2023, S. 1) im Einklang stehen.

Die im Folgenden ausgeführten Punkte machen deutlich, wie der Wärmeplan für die Stadt Bremen dem von der EU formulierten Grundsatz „Energieeffizienz an erster Stelle“ Rechnung trägt.

Grundlage der Wärmeplanung für Bremen und insbesondere des Zielszenarios ist die Schätzung der Wärmebedarfsreduktion gemäß Kapitel 4.1. Die verschiedenen Wärmeversorgungsoptionen werden dabei vorrangig an den zukünftig erwartbaren Energiebedarfen (also nach Wärmebedarfsreduktion) ausgerichtet. Dabei wurde eine anspruchsvolle jährliche Wärmebedarfsreduktion um 2 % pro Jahr bei einer durchschnittlichen Sanierungstiefe von 50 % bis zum Zielszenario angenommen. Die Ermittlung von Eignungsgebieten für eine zentrale oder dezentrale Wärmeversorgung erfolgte im Anschluss auf der Grundlage der so ermittelten zukünftigen Wärmebedarfe.

Zusätzlich erfolgte eine Analyse von Teilgebieten mit erhöhtem Energieeinsparpotenzial gemäß § 18 Abs. 5 WPG, die wiederum Grundlage der Umsetzungsstrategie ist (vgl. Kapitel 9). In diesen Teilgebieten ist davon auszugehen, dass eine Steigerung der Energieeffizienz zu geringeren Grenzkosten erfolgen kann, so dass mit dem gleichen Mitteleinsatz dort eine höhere Wärmebedarfsreduktion erfolgt als in anderen Gebieten.

Das Land Bremen unterstützt die energetische Sanierung von älteren Wohngebäuden bereits seit Anfang der neunziger Jahre. Schwerpunkt des Förderangebots ist das Programm „Wärmeschutz“ im Wohngebäudeprogramm, das privaten Hauseigentümer/-innen in Bremen und Bremerhaven dabei hilft, ihre Gebäude mit hochwertigen Wärmedämmungen fit für die Zukunft zu machen.

Umfangreiche Beratungs- und Unterstützungsangebote stellt die Bremer Energie-Konsens GmbH als gemeinnützige Klimaschutzagentur für das Land Bremen bereit. Sie berät Unternehmen, Einrichtungen und Privatpersonen, wie sie ihren CO₂-Fußabdruck mit Hilfe von erneuerbaren Energien, Energieeffizienzmaßnahmen und nachhaltigen Verhaltensweisen optimieren können. Beispiele sind:

- Die Dämmvisite als umfassender Energiecheck der Gebäudehülle. Ziel ist es, den Einstieg in die energetische Gebäudesanierung zu vereinfachen.

- Das Programm „Bremer modernisieren“ als unabhängige und individuelle Beratung rund ums Haus. Im Fokus der Aktivitäten stehen die Verbesserung des Wohnkomforts und der energetischen Standards, die Nutzung ressourcenschonender Techniken und der Einsatz erneuerbarer Energien.
- Das Klima Bau Zentrum, in dem die Bürger erfahren, wie sie ihr Leben klimafreundlicher gestalten können.
- Kostenlose Energieberatungs- und Vernetzungsangebote für Unternehmen
- Verschiedene energetische Quartiersprojekte
- Verschiedene Kommunikationskampagnen

Weitere Maßnahmen und Details zu den dargestellten Programmen finden sich unter anderem auf der Internetseite der Bremer Energie-Konsens GmbH.

8.2 Rolle von Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften

Der Wärmeplan soll gemäß § 21 Nr. 2 WPG eine Bewertung der Rolle von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften im Sinne des Artikels 2 Satz 2 Nr. 16 der Richtlinie (EU) 2018/2001 oder anderer von den Verbrauchern ausgehender Initiativen enthalten, die aktiv zur Umsetzung lokaler Projekte im Bereich Wärmeversorgung beitragen können.

Im Bereich der Energieversorgung existieren in Deutschland viele Beispiele für Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften und Bürger-Energiegenossenschaften. Die Bundesgeschäftsstelle Energiegenossenschaften des DGRV wies Ende 2023 insgesamt 877 Energiegenossenschaften aus. 27 % der Genossenschaften betreiben Wärmenetze laut der Jahresumfrage des DGRV (DGRV, 2023). Genossenschaften sind stark durch ehrenamtliches, bürgerschaftliches Engagement geprägt. Die Gewinnerzielungsabsicht steht häufig nicht im Vordergrund, sodass die Preise ohne oder nur mit geringen Gewinnaufschlägen kalkuliert werden. Bei Genossenschaften im Bereich von Wärmenetzen ist mitunter die Mitgliedschaft Voraussetzung für einen Wärmenetzanschluss. Dieser Zusammenhang kann zu einem engen Vertrauensverhältnis zwischen der Genossenschaft als Wärmelieferant und den Gebäudeeigentümern und -eigentümerinnen als Kunden führen und damit auch zu einer hohen Anschlussquote beitragen. Eine hohe Anschlussquote steigert wiederum die Wirtschaftlichkeit des Wärmenetzes und trägt zu niedrigeren Wärmepreisen bei.

In Bremen bestehen seitens der ErdwärmeDich Anergienetze eG weitreichende Planungen zur Entwicklung von Anergienetzen. Aktuell fördert das Land Bremen vorbereitende Untersuchungen für Anergienetz-Pilotprojekte von Energiegenossenschaften (Freie Hansestadt Bremen, 2024). Die Einzelheiten zu den geplanten Anergienetzen und der Förderung durch das Land Bremen werden in Kapitel 6.6 dargestellt.

Erneuerbare-Energien-Gemeinschaften oder ähnliche Initiativen werden zudem durch die Bremer Energie-Konsens GmbH mit verschiedenen Maßnahmen unterstützt.

8.3 Finanzierung von Maßnahmen zur Umstellung der Wärmeversorgung auf erneuerbare Energien

Der Wärmeplan soll gemäß § 21 Nr. 3 WPG eine Bewertung enthalten, wie die Umsetzung der Strategien und Maßnahmen finanziert werden kann, und Finanzierungsmechanismen ermitteln, die es den Verbrauchern ermöglichen, auf Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Quellen umzustellen.

Die Möglichkeiten zur Finanzierung konkreter Maßnahmen werden in den Projektskizzen des Maßnahmenkatalogs dargestellt (vgl. Kapitel 9). Maßgebliche Finanzierungsinstrumente sind dabei die Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW) und die Bundesförderung effiziente Gebäude (BEG). Zusätzlich stellen das Land und die Stadt Bremen Mittel für folgende Programme und Aktivitäten zur Verfügung:

- Gebäudesanierungsprogramm für öffentliche Gebäude des Sondervermögens Immobilien und Technik (SVIT) sowohl im Land als auch in der Stadt Bremen
- Förderung vorbereitender Untersuchungen für Anergienetz-Pilotprojekte von Energiegenossenschaften (Freie Hansestadt Bremen, 2024)
- Förderung mit dem Programm „Wärmeschutz im Wohngebäudeprogramm“ für private HauseigentümerInnen (vgl. Kapitel 8.1)
- Das Bremer Landesförderprogramm zum Heizungsaustausch
- Maßnahmen der Bremer Energie-Konsens GmbH (vgl. Kapitel 8.1)

8.4 Potenzielle Synergieeffekte mit den Plänen benachbarter Behörden

Gemäß § 21 Nr. 4 WPG soll der Wärmeplan eine Bewertung potenzieller Synergieeffekte mit den Plänen benachbarter regionaler oder lokaler Behörden enthalten, um gemeinsame Investitionen und Kosteneffizienz zu fördern.

Im Rahmen dieses Gutachtens wurden auf der Grundlage der vorliegenden Arbeitsentwürfe für den Wärmeplan mögliche Themen und Anknüpfungspunkte für potenzielle Synergieeffekte identifiziert. Die Stadt Bremen hat im Anschluss alle umliegenden Städte und Gemeinden angeschrieben und zu einem gemeinsamen Termin eingeladen. Dieser fand am 7.3.2025 mit Vertretern fast aller Umlandkommunen statt.

In dem Termin wurde der Stand der Wärmeplanung für die Stadt Bremen vorgestellt, und es wurden insbesondere folgende mögliche Synergiepotenziale diskutiert:

- Für die Gewerbebereiche in Achim westlich der Autobahn A 1 sieht die Stadt Achim die Voraussetzung für eine Wärmenetzeignung gegeben. Ein Anschluss von Achim aus ist nicht vorgesehen. Hier könnte ein Wärmenetzanschluss von Bremer Seite geprüft werden.
- Die Städte Bremen und Achim entwickeln gemeinsam das interkommunale Gewerbegebiet Achim-West. Ein konkreter Zeitplan für die weitere Planung und tatsächliche Umsetzung liegt noch nicht vor. Die Wärmeplanung der Stadt Achim macht noch keine Aussagen hinsichtlich einer konkreten Wärmenetzeignung.
- Bremerhaven hat Fernwärmeausbaupläne für den Bereich, der an das Überseehafengebiet angrenzt. Aus Sicht von Bremerhaven wäre es denkbar, Gebäude im Überseehafengebiet an ein Wärmenetz von Bremerhaven anzuschließen.
- Seitens Schwanewede besteht Interesse, das Gewerbegebiet Beckedorf an ein Wärmenetz anzuschließen (angrenzend Fähr-Lobbendorf).
- Seitens Ritterhude besteht Interesse, die in Ritterhude an das bestehende Wärmenetz im Bereich Burgdamm angrenzenden Gebiete per Wärmenetz zu versorgen.
- Seitens Stuhr besteht Interesse, die an Huchting/Sodenmatt angrenzenden Gebiete über das dort bestehende Wärmenetz zu versorgen.
- Gleiches gilt für den Bereich Ochtum Park an der Landesgrenze. Ein Bestandsnetz liegt dort nicht direkt.
- Das Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) hat der Gemeinde Weyhe die Erlaubnisfelder „Hemeligen“ und „Weyhe“ zugeteilt. Die Erlaubnisfelder liegen zum Teil auf Bremischem Gebiet. Von der Gemeinde Weyhe bereitgestellte Informationen (aus einem Gutachten der Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie IEG) weisen darauf hin, dass „mitteltiefe hydrothermale Systeme bis zur Basis Kreide in 1 600 m Tiefe ... eine gute geologische Erfolgswahrscheinlichkeit bei vergleichbar gutem thermischen Leistungsertrag“ zeigen. Sowohl bei der Analyse der Potenziale als auch bei einer möglichen späteren Erschließung könnten hier Synergiepotenziale bestehen.

Es bestand die grundsätzliche Bereitschaft aller Kommunen, die erarbeiteten und diskutierten Synergiepotenziale weiter zu verfolgen. Ein großer Teil der potenziellen Synergien liegt im Wärmenetzausbau über die Grenzen der Stadt Bremen hinaus. In den meisten Fällen besteht auf Bremer Gebiet entweder ein grenznahe Wärmenetz oder es ist im Rahmen der laufenden Erstellung des Wärmeplanentwurfes ein Wärmenetzausbau in den grenznahen Bereichen vorgeschlagen worden. Auswirkungen der diskutierten Synergiepotenziale auf den laufenden Prozess der Erstellung des Wärmeplanentwurfes werden vor diesem Hintergrund nicht gesehen. Die einzelnen Maßnahmen sollen bei Bedarf mit der jeweils relevanten Umlandgemeinde nach Fertigstellung der Wärmeplanung für Bremen bilateral und direkt unter Einbeziehung des jeweiligen Wärmenetzbetreibers besprochen und gegebenenfalls vertiefend analysiert werden.

Zum Thema tiefe Geothermie hat die Gemeinde Weyhe als Erlaubnisinhaberin erste Ergebnisse aus dem laufenden Projekt zur Verfügung gestellt. Das Potenzial soll durch die Gemeinde weiter konkretisiert und gegebenenfalls im Rahmen einer Probebohrung bestätigt werden. Die im weiteren Verlauf der Untersuchungen erzielten Ergebnisse sollen in Zukunft ebenfalls zur Verfügung gestellt werden.

9 Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Eine Umsetzungsstrategie mit von der Stadt Bremen unmittelbar selbst zu realisierenden Maßnahmen in Form eines Maßnahmenkataloges wird separat erstellt und vervollständigt die Unterlagen für den Wärmeplan.

10 Zusammenfassung

Der hier vorliegende Entwurf des Wärmeplans für die Stadtgemeinde Bremen entspricht der Vorgehensweise zur Erstellung einer Wärmeplanung, wie sie insbesondere in den §§ 13 bis 21 WPG beschrieben ist.

Die Eignungsprüfung, die Bestandsanalyse und die Potenzialanalyse werden in den Kapiteln 2 bis 4 behandelt.

Anschließend erfolgt die Darstellung der Eignung für die Wärmeversorgungsarten getrennt nach dezentraler Wärmeversorgung (Kapitel 5) und Wärmenetzen (Kapitel 6). Darauf aufbauend werden in Kapitel 7 zwei Umsetzungsszenarien zur Erreichung des Zielszenarios erläutert.

Da Bremen mehr als 45 000 Einwohner hat, sind die Anforderungen gemäß § 21 WPG zu beachten. Diese werden in Kapitel 7.6.2 erläutert.

Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG

Die Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG Abs. 2 (Wärmenetze) wurde insbesondere unter Bezug zu den Wärmedichten durchgeführt. Als „mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht geeignet“ wurden Gebiete eingestuft, die einen Wärmebedarf von

- weniger 175 MWh/(ha·a) in Bestandsgebieten oder
- weniger als 70 MWh/(ha·a) in Neubaugebieten aufweisen.

Die kartografische Darstellung befindet sich in Abbildung 1. Es handelt sich insbesondere um Randgebiete der Stadt oder Flächen, die sehr stark durch Grünflächenanteile geprägt sind. Zu beachten ist, dass die dargestellte Eignungsprüfung als eine Vorprüfung zu verstehen ist. Im weiteren Verlauf der Analysen können sich auch andere Einschätzungen zu diesen Gebieten ergeben. Umgekehrt gilt auf Basis dieser Vorprüfung für alle anderen Gebiete nicht, dass diese als voraussichtliche Wärmenetzgebiete anzusehen sind.

Für die Eignungsprüfung gemäß § 14 WPG Abs. 3 (Wasserstoffnetze) erfolgte eine Abfrage bei der swb als Gasnetzbetreiberin und bei der Gasunie als vorgelagerter Netzbetreiberin. Auch wenn davon auszugehen ist, dass Bremen bis 2032 an das bundesweite Wasserstoffkernnetz angeschlossen werden wird, ist auf Basis der geplanten Strategien der Netzbetreiber nicht davon auszugehen, dass sich in Bremen auf absehbare Zeit eine flächenhafte Erschließung durch ein Wasserstoffnetz ergeben wird.

Bestandsanalyse gemäß § 15 WPG

Wesentliche Ziele der Bestandsanalyse gemäß § 15 Abs. 1 WPG sind die Ermittlung

- des derzeitigen Wärmebedarfs oder Wärmeverbrauchs innerhalb des beplanten Gebiets einschließlich der hierfür eingesetzten Energieträger,
- der vorhandenen Wärmeerzeugungsanlagen und
- der für die Wärmeversorgung relevanten Energieinfrastrukturanlagen

Diese Informationen wurden in einer Vielzahl von Tabellen und Karten dargestellt. Die Struktur der Darstellung orientierte sich dabei an den Vorgaben der Anlage 2 (zu § 23) Abschnitt I. Bremen verfügt über eine nahezu flächendeckende Versorgung mit Gasnetzen und besonders in den Bereichen West-Mitte-Ost über großflächige Wärmenetze. Hinzu kommt eine große Zahl kleinerer (Nah-)Wärmenetze. Sowohl die swb als auch die enercity Contracting planen einen systematischen Auf- bzw. Ausbau von Wärmenetzen in Bremen. Auch andere Akteure sind dabei, einzelne Nahwärmenetze neu auf- oder auszubauen.

Potenzialanalyse gemäß § 16 WPG

In der Potenzialanalyse wurde zunächst die Wärmebedarfsentwicklung bis zum Zieljahr 2038 geschätzt. Anschließend wurden die Potenziale für erneuerbare Energien und unvermeidbare Abwärme ermittelt.

Auf Basis der bereits für Bremen vorliegenden Studien ergab sich bei der Wärmebedarfsentwicklung für Wohngebäude eine Einsparung bis zum Zieljahr 2038 von etwa 21 % und für Nichtwohngebäude von etwa 17 %. Für die Industrie (ohne das Stahlwerk) wurden etwa 12,5 % berechnet. Diese Einsparpotenziale werden von Qconcept Energy als eher optimistisch eingeschätzt.

Für die Nutzung von erneuerbaren Energien und unvermeidbarer Abwärme bestehen in Bremen vielfältige Potenziale. Schwerpunkte, die später auch im Ausbauszenario für die Wärmenetze eine besondere Rolle spielen, werden in Großwärmepumpen zur Nutzung an Flüssen und am Auslauf von Kläranlagen sowie in der Abwärmenutzung aus der Müllverbrennung gesehen. Aber auch andere Potenziale sind in der späteren Entwicklung von Erzeugerkonzepten für Wärmenetze von Bedeutung. Hierzu gehören etwa die Abwärmenutzung aus geplanten CCS-Anlagen oder aus der Industrie, die Nutzung von Wasserstoff in zentralen Erzeugungsanlagen, große Luftwärmepumpen oder Erdwärmesondenfelder. Damit bestehen für Wärmenetze schon im heutigen Bestand,

aber auch bei einem umfangreichen Ausbau erhebliche Potenziale für eine Umstellung auf eine klimaneutrale Wärmeerzeugung.

Für die Versorgung mit dezentralen Erzeugungsanlagen ohne Wärmenetze können insbesondere Luft-Wasser- oder Sole-Wasser-Wärmepumpen eine maßgebliche Rolle spielen.

Insgesamt zeigen die erhobenen Potenziale in Bezug zur ermittelten Wärmebedarfsentwicklung die Möglichkeit auf, den zukünftigen Wärmebedarf Bremens vollständig mit erneuerbaren Energien oder unvermeidbarer Abwärme zu decken.

Eignungsgebiete für dezentrale Wärmepumpen

Voraussetzungen für die Eignung von Einzelgebäuden für eine Wärmebedarfsdeckung durch dezentrale Wärmepumpen sind

- die Einhaltung der Vorgaben zu Schallemissionen bei L/W-WP oder
- eine ausreichend große Grundstücksfläche, um eine hinreichend große Anzahl von Erdwärmesonden für S/W-WP einzubringen

Die dafür notwendigen Analysen wurden auf Basis des Wärmealas gebäudescharf durchgeführt. Für L/W-WP wurde in zwei Alternativszenarien ermittelt, welche Auswirkungen es auf die erweiterte Eignung von Luftwärmepumpen hat, wenn Schallschutzhauben eingesetzt werden, die zu einer Schallreduzierung um 5 % bzw. alternativ um 10 % führen.

Es lässt sich feststellen, dass das Potenzial für dezentrale L/W-WP bezogen auf den aktuellen Wärmebedarf und ohne den Einsatz von Schallschutzhauben aufgrund der dichten Bebauung in Bremen begrenzt ist. Unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Wärmebedarfsrückgänge und unter Einbindung von Schallschutzhauben verändert sich das Bild jedoch deutlich. Spätestens mit dem Einsatz von Schallschutzhauben, die zu einer Reduzierung der Schallemissionen um 10 % führen, ist der Einsatz von L/W-WP sehr weitgehend denkbar. Allerdings ist zu beachten, dass dadurch Zusatzkosten für die Gebäudeeigentümer entstehen.

Das Potenzial zur Versorgung des Wärmebedarfs mit S/W-WP ist gegenüber dem Potenzial der L/W-WP deutlich geringer. Der wesentliche, einschränkende Faktor sind die häufig zu geringen Grundstücksgrößen, um eine hinreichende Anzahl von EWS in das Grundstück einzubringen.

Besonders Gebiete, in denen L/W-WP Luftwärmepumpen nur mit dem Einsatz aufwändiger Schallschutztechnologien möglich sind, und auch S/W-WP nur wenig geeignet sind (insb. im Bereich der Stadtmitte), weisen eine grundsätzlich hohe Attraktivität für wärmenetzbasierte Lösungen auf.

Eignungsgebiete für Wärmenetze

Bei der Identifizierung der für eine Fern- oder Nahwärmenetzversorgung geeigneten Gebiete in Bremen wurde die Analyse straßenzugscharf durchgeführt. Unter Einbindung eines numerischen Optimierungsalgorithmus wurden für den Ausbau der beiden Fernwärmenetze West und Uni+Ost sowie für den Aufbau neuer Wärmenetze in Bremen Nord und Süd (Links der Weser) mehrere Varianten mit automatisierter Auswahl von Straßenzügen definiert. Aus diesen Varianten wurden die Kernparameter (potenzieller Wärmeabsatz, erforderliche Länge der Transport- und Hausanschlussleitungen, Leistungen der Hausanschlussstationen) ermittelt und die Varianten wirtschaftlich bewertet. Die wirtschaftliche Bewertung der Varianten erfolgte auf Ebene der Ortsteile der Freien Hansestadt Bremen. Daraus wurden jeweils wirtschaftliche Varianten für den Fernwärmeausbau oder neue Wärmenetze pro Ortsteil identifiziert.

Um eine hohe Belastbarkeit der Ergebnisse zu erzielen, waren intensive Abstimmungen mit den Wärmenetzbetreibern hinsichtlich der getroffenen Annahmen (Anschlussraten, Kosten, Parameter der Wirtschaftlichkeitsberechnung, anlegbare Preise) und des Vorgehens, aber auch die Diskussion der Zwischenergebnisse der Untersuchungen ein wichtiger Bestandteil des Gutachtens. Insgesamt wurden 12 Treffen mit swb und enercity Contracting durchgeführt. Zusätzlich erfolgte ein Austausch mit der ErdwärmeDich Anergienetze eG, die in verschiedenen Bereichen der Stadt Bremen den Aufbau von Anergienetzen prüft.

In der Summe ergibt sich ein wirtschaftlich erschließbares Potenzial für Fern- und Nahwärme von etwa 1 958 GWh/a (im Zielzustand mit dem Bezugsjahr 2038). Dies entspricht ca. 36 % am Gesamtwärmebedarf Bremens (5 467 GWh/a im Jahr 2038, inkl. Industrie, ohne Stahlwerk).

Dieser Anteil setzt sich wie folgt zusammen:

- 15,2 % bestehende Fern- und Nahwärmenetze (inkl. Industrie, ohne Stahlwerk)
- 12,4 % Verdichtung und Ausbau Fernwärmenetze West-Mitte-Ost
- 8,3 % neue Wärmenetze in Bremen Nord und Süd

Für diesen Ausbau der Wärmenetze werden ca. 293 Trassenkilometer an Transportleitungen benötigt. Bei der Interpretation der Ergebnisse sind folgende Hinweise zu berücksichtigen:

- Der Anteil von 36 % bezieht sich auf den Gesamtwärmebedarf inklusive Industrie (ohne Stahlwerk). Ohne Berücksichtigung des erdgasversorgten Wärmebedarfs der Industrie (993 GWh/a bei Fortschreibung bis 2038) ergibt sich ein Potenzial von etwa 44 % am Gesamtwärmebedarf.
- Das wirtschaftlich erschließbare Potenzial ist unter anderem durch die Orientierung des anlegbaren Preises am swb-Fernwärmeparif vom 1.1.2025 in diesem Gutachten begrenzt.

- Die hier dargestellten Kalkulationen zur Wirtschaftlichkeit basieren auf der BEW-Förderung, die einen Investitionskostenzuschuss in Höhe von 40 % und in bestimmten Fällen auch Betriebskostenzuschüsse vorsieht.

In diesen Zahlen ist der Auf- oder Ausbau weiterer (meist kleinerer) Nahwärmenetze nur dann nicht berücksichtigt, wenn dieser außerhalb der oben für den Wärmenetzausbau ermittelten Bereiche erfolgt. Details dazu werden in den Kapiteln 6.5 und 6.6 erläutert.

Zielszenario

Im Zielszenario wurde zunächst die Eignung für die Wärmeversorgungsarten gemäß der §§ 18 und 19 WPG dargestellt. Baublöcke wurden für die jeweilige Wärmeversorgungsart als wahrscheinlich oder sehr wahrscheinlich geeignet angesehen, wenn sie zumindest 50 % dadurch versorgt werden können. Die entsprechende Eignung resultiert somit unmittelbar aus den Analysen zu den Eignungsstufen in den Kapiteln 5 und 6.

Die Eignung der Wärmenetzgebiete zu den Betrachtungszeitpunkten basiert auf der entwickelten zeitlichen Ausbaureihenfolge. Diese Reihenfolge wurde mit den Netzbetreibern (insb. swb und enercity Contracting) intensiv diskutiert. Sie basiert auf einer Priorisierung des Ausbaus in Gebieten mit hoher Wärmeliniendichte, berücksichtigt aber auch die in den nächsten 5 bis 10 Jahren konkret geplanten Ausbaumaßnahmen der Wärmenetzbetreiber. Ziel ist es, die Gebiete, die eine überdurchschnittlich hohe THG-Reduzierung ermöglichen, prioritär zu erschließen. Dadurch wird gleichzeitig eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt.

Einbezogen wurden auch technisch-organisatorische Rahmenbedingungen, indem Annahmen getroffen wurden, wie viele Leitungsnetzmeter pro Jahr realistischerweise umsetzbar sind. Für die Jahre bis 2035 wurde somit eine sehr praxisorientierte Umsetzungsstrategie zugrunde gelegt. Das führt im Ergebnis dazu, dass für die verbleibende Zeitspanne bis zum Zieljahr 2038 ein weit überdurchschnittlicher Netzausbau notwendig wäre, um bis dahin die angestrebte THG-Reduzierung zu erreichen.

Daher wurde zunächst gezeigt, welche THG-Reduzierung sich ergeben würde, wenn sowohl die Ausbaugeschwindigkeit des Wärmenetzes als auch die Heizungsaustauschraten bis 2038 den Durchschnittswerten der Jahre 2025 bis 2035 entsprechen würden. Die THG-Emissionen lägen dann noch bei 567 Tsd. t/a (gegenüber 1.620 Tsd. t im IST-Zustand). Zusätzlich wurde ermittelt, um wie viel die Ausbaugeschwindigkeit der Wärmenetze und die Heizungsaustauschraten als zentrale Einflussfaktoren steigen müssten, um bis 2038 die THG-Neutralität zu erreichen. Der in diesem Gutachten zugrunde gelegte Ausbaumumfang des Wärmenetzes müsste in diesem Fall ab 2025 von durchschnittlich 10 auf 16 km/a anwachsen. Gleichzeitig müssten die angenommenen Heizungsaustauschraten bei den dezentralen Erzeugern von 3 % auf 4,9 % p. a. zunehmen.

In der Darstellung für die Eignung zu den Betrachtungszeitpunkten wurden auch Prüfgebiete ausgewiesen. Eine Einteilung als Prüfgebiet sagt aus, dass für einen Baublock noch keine abschließende Zuordnung als Wärmenetzgebiet oder als dezentrales Versorgungsgebiet vorgenommen

worden ist. Es konnte in dieser Untersuchung zwar noch kein wirtschaftlicher Wärmenetzausbau in diesem Baublock ermittelt werden. Die relativ hohe Wärmedichte des Baublocks ist jedoch ein Hinweis darauf, dass in Zukunft eine Versorgung mit Wärmenetz oder Anergienetz möglich sein könnte. Unabhängig davon könnte der Wärmebedarf der einzelnen Gebäude in einem Prüfgebiet regelmäßig auch durch Wärmepumpen oder durch weitere nach dem Gebäudeenergiegesetz zulässige Heizungsalternativen wie z. B. Pelletkessel gedeckt werden. Für die kommenden Fortschreibungen der kommunalen Wärmeplanung sollten die Prüfgebiete vertieft analysiert werden, um die Zahl der Prüfgebiete Schritt für Schritt zu reduzieren.

Anforderungen an einen Wärmeplan für Städte mit mehr als 45 000 Einwohner

Die gemäß § 21 WPG vorgegebenen Analysen wurden durchgeführt. Besondere Schwerpunkte lagen dabei in dem Austausch mit den Umlandgemeinden und der ErdwärmeDich Anergie-netze eG als derzeit in Bremen besonders relevante erneuerbare Energien-Gemeinschaft. In beiden Bereichen erfolgte neben dem allgemeinen Austausch auch die Diskussion konkreter gemeinsamer Entwicklungsschritte.

Umsetzungsstrategie und Maßnahmenkatalog

Eine Umsetzungsstrategie mit von der Stadt Bremen unmittelbar selbst zu realisierenden Maßnahmen in Form eines Maßnahmenkataloges wird separat erstellt und vervollständigt die Unterlagen für den Wärmeplan.

11 Abkürzungsverzeichnis

ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAU-Szenario	Business-as-usual-Szenario
BDI	Bundesverband der Deutschen Industrie e. V.
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BfEE	Bundesstelle für Energieeffizienz
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
bwp	Bundesverband Wärmepumpe e. V.
CCS	Carbon Capture and Storage
CO _{2eq}	CO ₂ -Äquivalente
COP	Coefficient of Performance / Leistungszahl der Wärmepumpe über eine gesamte Heizperiode
dB	Dezibel
DRGV	Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e. V.
DWA	Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs e. V.
EnEfG	Gesetz zur Steigerung der Energieeffizienz in Deutschland (Energieeffizienzgesetz)
EWS	Erdwärmesonde(n)
FM	Frischmasse
Gasunie	Gasunie Deutschland Transport Services GmbH
GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GHD	Gewerbe / Handel / Dienstleistungen
GIS	Geoinformationssystem
GJ	Gigajoule
GrwV	Grundwasserverordnung
ha	Hektar
HAST	Hausanschlussstationen
HH	Haushalte
IWU	Institut Wohnen und Umwelt GmbH
JAZ	Jahresarbeitszahl
K	Kelvin
k. A.	Keine Angabe
KaVKA	Kataster zur Erfassung von Verdunstungskühlanlagen
KENOW	Klärschlamm Entsorgung Nordwestdeutschland GmbH & Co. KG
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau

kW(h) _{el}	Kilowatt(stunden) elektrisch
kW(h) _{th}	Kilowatt(stunden) thermisch
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
L/W(-WP)	Luft-Wasser(-Wärmepumpe)
LCOH	Levelized Cost of Heat, Deutsch: Wärmegestehungskosten
LOD	Level of Detail
MHKW	Müllheizkraftwerk
MKK	Mittelkalorik-Kraftwerk Bremen
MQ	Mittlerer Abfluss
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MW(h) _{el}	Megawatt(stunden) elektrisch
MW(h) _{th}	Megawatt(stunden) thermisch
Nm ³	Normkubikmeter
OGewV	Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung)
PV	Photovoltaik
Q TW24	Mittlerer Trockenwetterabfluss
SCOP	Seasonal Coefficient of Performance / Leistungskennzahl der Wärmepumpe über eine gesamte Heizperiode
SLK	Spitzenlastkessel
SRm	Schüttraummeter
SUKW	Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft der Freien Hansestadt Bremen
S/W(-WP)	Sole-Wasser(-Wärmepumpe)
swb	swb AG, inklusive aller Tochtergesellschaften
TNetz, RL	Rücklauftemperatur im Wärmenetz
TNetz, VL	Vorlauftemperatur im Wärmenetz
THG	Treibhausgas
TWW	Trinkwarmwasserunterstützung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VAwS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WP	Wärmepumpe
WPG	Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz)
WRG	Wärmerückgewinnung
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Baublockbezogene Darstellung von Teilgebieten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für ein Wärmenetz geeignet sind (grüne und blaue Einfärbungen)	10
Abbildung 2: Baublockbezogene Darstellung der Wärmebedarfsdichte im Überseehafengebiet	10
Abbildung 3: Baublockbezogener Anteil des Energieträgers Gas am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme	18
Abbildung 4: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung des Energieträgers Strom am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme	19
Abbildung 5: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über Wärmenetze am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme	19
Abbildung 6: Baublockbezogener Anteil der Wärmeversorgung über aktuell unbekannte Energieträger (vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse) am jährlichen Endenergieverbrauch für Wärme	20
Abbildung 7: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Gaskessel)	23
Abbildung 8: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmepumpen).....	24
Abbildung 9: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Stromheizung).....	24
Abbildung 10: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Wärmenetz bzw. Hausübergabestationen)	25
Abbildung 11: Baublockbezogene Darstellung dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl und Art der Wärmeerzeuger (Unbekannt – vermutlich überwiegend Öl, Flüssiggas und Biomasse).....	25
Abbildung 12: Baublockbezogene Darstellung überwiegender dezentraler Wärmeerzeuger nach Anzahl	26
Abbildung 13: Baublockbezogene Darstellung des überwiegenden Gebäudetyps	27
Abbildung 14: Baublockbezogene Darstellung der überwiegenden Baualtersklasse der Gebäude	28
Abbildung 15: Standortbezogene Darstellung bestehender Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff im Stadtgebiet; inklusive Stahlwerk (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3 WPG).....	29

Abbildung 16: Standortbezogene Darstellung bestehender Großverbraucher von Wärme, Gas oder Wasserstoff im Überseehafengebiet (gemäß § 7 Abs. 3 Nr. 3).....	29
Abbildung 17: Baublockbezogene Darstellung bestehender Wärmenetze	33
Abbildung 18: Flächenhafte Lage (baublockbezogen) bestehender Gasnetze und -leitungen	34
Abbildung 19: Abwassernetze und -leitungen (größer DN 800).....	36
Abbildung 20: Wärmeerzeuger, die in ein Wärmenetz einspeisen (Quelle: Angaben der Netzbetreiber).....	38
Abbildung 21: Lage des Erdgasspeichers Lesum und des Wärmespeichers in Hastedt	43
Abbildung 22: Lage der geplanten Elektrolyseure	44
Abbildung 23: Baublockbezogene Darstellung der Wärmeverbrauchsdichten in MWh/(ha-a) mit Industrie und ohne Stahlwerk	46
Abbildung 24: Straßenabschnittbezogene Darstellung der Wärmelinien-dichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr für das Stadtgebiet	48
Abbildung 25: Straßenabschnittbezogene Darstellung der Wärmelinien-dichten in Kilowattstunden pro Meter und Jahr für das Überseehafengebiet.....	48
Abbildung 26: Lage von Wohnungsneubau nach Anzahl der Wohneinheiten	50
Abbildung 27: Entwicklungspotenziale im Bereich Gewerbe	52
Abbildung 28: Annahmen zu Sanierungsraten von Wohn- und Nichtwohngebäuden in unterschiedlichen Studien	53
Abbildung 29: Standorte der Anlagen mit Abwärme nach Energiemenge pro Jahr (inkl. Stahlwerk).....	56
Abbildung 30: Anzahl der Anlagen und Abwärmemenge (inkl. Stahlwerk)	56
Abbildung 31: Thermische und elektrische Leistung sowie Anzahl der KWK-Anlagen nach Marktstammdatenregister	58
Abbildung 32: KWK-Anlagen aus dem Marktstammdatenregister für Bremen nach thermischer Leistung.....	59
Abbildung 33: KWK-Anlagen aus dem Marktstammdatenregister für das Überseehafengebiet nach thermischer Leistung	59
Abbildung 34: Stromerzeugende Anlagen ohne Wärmeauskopplung aus dem Marktstammdatenregister für Bremen nach elektrischer Bruttoleistung	60

Abbildung 35: Außen- und Netztemperaturen für die Auslegungen	62
Abbildung 36: Flusstemperatur der Weser 2020 bis 2023.....	64
Abbildung 37: Abflusstemperatur Weser für 2020 bis 2022	64
Abbildung 38: Technisches Potenzial einer Flusswärmepumpe an der Weser	65
Abbildung 39: Standorte der Kläranlagen in Bremen	67
Abbildung 40: Technisches Potenzial einer Wärmepumpe am Auslauf der Kläranlage Seehausen	68
Abbildung 41: Technisches Potenzial einer Wärmepumpe am Auslauf der Kläranlage Farge	69
Abbildung 42: Temperaturverlauf Abwasser, abgeschätzt über die Temperaturen am Auslauf der Kläranlage Seehausen abzüglich 1 K Temperaturerhöhung durch die Kläranlage.....	72
Abbildung 43: Positivauswahl (links) und Ausschlussgebiete (rechts) bei der Suche nach geeigneten Flächen für Erdwärmesondenfelder in Bremen.....	74
Abbildung 44: (links) Überlagerung von Positivauswahl und Ausschlussgebieten; (rechts) Flächen für Sondenfelder nach Verschneidung	75
Abbildung 45: Flächen für Erdwärmesondenfelder im Stadtgebiet Bremen nach Art der Fläche	75
Abbildung 46: Freiflächen in einem Umkreis von 200 m um das potenzielle Nahwärmegebiet Huchting/Sodenmatt, Hintergrund: OSM (links), Digitales Orthophoto DOP20 (rechts).....	76
Abbildung 47: Restriktionen aufgrund von Wasserschutzgebieten und Salzstöcken aus dem Leitfaden „Oberflächennahe Geothermie im Land Bremen“	79
Abbildung 48: Natürliche Eisenkonzentrationen im Grundwasser in Bremen aus dem Leitfaden „Oberflächennahe Geothermie im Land Bremen“	80
Abbildung 49: Zusammenhang zwischen der Schalleistung von L/W-WP und der Heizleistung, basierend auf Datenblattwerten aus der GET-Produktdatenbank (Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie, 2023). Die angesetzte Funktion orientiert sich an den emissionsärmsten Wärmepumpen der jeweiligen Leistungsklasse.	90
Abbildung 50: Mindestabstand zwischen L/W-WP und Nachbargebäuden zur Einhaltung der Schallimmissionsvorgaben über dem Schalleistungsdruck der Wärmepumpe	91
Abbildung 51: (links) Bestimmung des potenziellen Aufstellgebiets der L/W-Wärmepumpe unter Berücksichtigung der Mindestabstände und der Einhaltung der Schallimmissionsgrenzwerte; (rechts) Ausschnitt aus dem Wärmeetlas - möglicher Installationsort der L/W-Wärmepumpe bei jetzigem Zustand des Gebäudes (violett) oder bei Sanierung (grün).....	92

Abbildung 52: Ergebnisse für die Stadt Bremen – (oben) Anteil des Wärmebedarfs, der unter Berücksichtigung der jeweiligen Schallschutzhauben mit und ohne Sanierung über L/W-WP gedeckt werden kann; (unten) Anteil der Gebäude, die unter Berücksichtigung der jeweiligen Schallschutzhauben mit und ohne Sanierung über L/W-WP versorgt werden können; (grün: Versorgung möglich, rot: Versorgung nicht möglich).....	93
Abbildung 53: Deckung mit dezentralen L/W-Wärmepumpen in den Ortsteilen von Bremen nach Berücksichtigung von energetischer Sanierung um mindestens 50 % des heutigen Bedarfs: (links) bezogen auf den Wärmebedarf, (rechts) bezogen auf die Gebäudeanzahl	94
Abbildung 54: Fließschema zur Erhebung des Potenzials für oberflächennahe Geothermie mit S/W-WP und EWS für Einzelgebäude	95
Abbildung 55: Darstellung der Platzierung der EWS auf den Grundstücken für ein Beispielgebiet: Platzierungsbereich auf den Grundstücken (hellgrün); Sondenstandorte (blaue Punkte).....	96
Abbildung 56: (links) Lage der Oberkante der Salzstrukturen unterhalb der Geländeoberkante; (rechts) Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds für das Stadtgebiet Bremen, gemittelt über die obersten 150 m	96
Abbildung 57: Spezifische Entzugsleistung über die Sondenanzahl für verschiedene Wärmeleitfähigkeiten, berechnet mit GEO-HANDlight für die Untergrundeigenschaften in Bremen mit Wasser und Frostschutzmittel als Fluid	97
Abbildung 58: (links) Lage der Wasserschutzgebiete in Bremen; (rechts) Spezifische Entzugsleistung über der Sondenanzahl für verschiedene Wärmeleitfähigkeiten mit Wasser als Fluid	97
Abbildung 59: Ergebnisse für die Stadt Bremen – (links) Anteil des Wärmebedarfs, der mit und ohne Sanierung über S/W-WP mit Erdwärmesonden gedeckt werden kann; (rechts) Anteil der Gebäude, die mit und ohne Sanierung über S/W-WP mit Erdwärmepumpen versorgt werden können; (blau: Versorgung möglich, orange: Versorgung nicht möglich)	99
Abbildung 60: Mögliche Deckung mit dezentralen S/W-WP mit Erdwärmesonden in den Ortsteilen von Bremen nach energetischer Sanierung mit Reduktion des heutigen Bedarfs auf 50 %: (links) bezogen auf den Wärmebedarf, (rechts) bezogen auf die Gebäudeanzahl.	99
Abbildung 61: Netzausbauszenarien Netzgebiet West für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinienichte von 750 bis 5 000 kWh/(m·a). Bestandsnetze (blau); Netzausbau (rot).....	104
Abbildung 62: Netzausbauszenarien Netzgebiet Uni+Ost für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinienichte von 750 bis 5 000 kWh/(m·a), Bestandsnetze (blau), Netzausbau (rot)	105
Abbildung 63: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand; Verdichtungspotenzial und Ausbaupotenzial für das Fernwärmenetzgebiet West, aufgeteilt nach Ortsteilen und für die berechneten Netzausbauvarianten	107

Abbildung 64: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand; Verdichtungspotenzial und Ausbaupotenzial für die Fernwärmenetzgebiete Mittel-Ost, aufgeteilt nach Ortsteilen und für die berechneten Netzausbauvarianten	107
Abbildung 65: Die verwendete Kostenfunktion zur Abschätzung der Investitionskosten für Fernwärmetransportleitungen. Die auf der x-Achse dargestellte durchschnittliche Wärmebelegungsdichte ist inklusive der Hausanschlussleitungen berechnet.	108
Abbildung 66: Preiszone A mit höheren Kosten für Verlegung von Fernwärmeleitungen	109
Abbildung 67: Kostenannahme für Nah- und Fernwärmeleitungen	110
Abbildung 68: Kostenannahme für Hausanschlussstationen.....	110
Abbildung 69: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten für das Fernwärmenetzgebiet West	113
Abbildung 70: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten für die Fernwärmenetzgebiete Uni+Ost	113
Abbildung 71: Beispiel für die Ergebnisse der Netzausbaubetrachtung auf Ortsteilebene; (blau: Fernwärme-Bestand, orange: mit Fernwärme-Verdichtung).....	114
Abbildung 72: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Fernwärmenetz West nach Ortsteilen bei einer BEW-Förderung.....	115
Abbildung 73: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für die Fernwärmenetze Mitte-Ost nach Ortsteilen bei einer BEW-Förderung	115
Abbildung 74: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Gebiet West-Mitte-Ost nach Ortsteilen bei einer BEW-Förderung; Bezug links: Wärmebedarf. Bezug rechts: Anzahl Gebäude.	116
Abbildung 75: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet West.....	117
Abbildung 76: Erzeugersimulation Netzgebiet West für das Zielszenario	119
Abbildung 77: Zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet West	120
Abbildung 78: Zeitliche Ausbaureihenfolge der Erzeugung für das Netzgebiet West	121
Abbildung 79: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet Uni+Ost	122
Abbildung 80: Erzeugersimulation Netzgebiet Uni+Ost für das Zielszenario	123
Abbildung 81: Zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet Uni+Ost	124

Abbildung 82: Zeitliche Ausbaureihenfolge der Erzeugung für das Netzgebiet Uni+Ost	125
Abbildung 83: Netzausbauszenarien Netzgebiet Nord für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinien- dichte von 750 bis 3 500 kWh/(m·a).....	126
Abbildung 84: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand und Ausbaupotenzial der Netzvarianten für die betrachteten Ortsteile in Bremen Nord.....	126
Abbildung 85: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten in Bremen Nord	127
Abbildung 86: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für Ortsteile in Bremen Nord bei BEW-Förderung	128
Abbildung 87: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Gebiet Bremen Nord Ortsteilen bei einer BEW-Förderung; Bezug links: Wärmebedarf. Bezug rechts: Anzahl Gebäude.....	128
Abbildung 88: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet Nord	129
Abbildung 89: Erzeugersimulation Netzgebiet Bremen Nord für den Zielzustand	130
Abbildung 90: zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet Bremen Nord	131
Abbildung 91: Zeitliche Ausbaureihenfolge für die Erzeugung im Netzgebiet Bremen Nord	132
Abbildung 92: Netzausbauszenarien Netzgebiet Links der Weser für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinien- dichte von 1 000 bis 3 500 kWh/(m·a).....	133
Abbildung 93: Deckungsanteile Fernwärme-Bestand, Verdichtungspotenzial und Ausbaupotenzial der Netzvarianten für die betrachteten Ortsteile in Bremen Süd	134
Abbildung 94: Wärmegestehungskosten inklusive BEW-Förderung für alle Ortsteile und Ausbauvarianten in Bremen Süd.	135
Abbildung 95: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für Ortsteile in Bremen Süd bei BEW-Förderung	135
Abbildung 96: Deckungsanteile mit wirtschaftlichem Fernwärme-Ausbaupotenzial für das Gebiet Bremen Süd Ortsteilen bei einer BEW-Förderung; Bezug links: Wärmebedarf; Bezug rechts: Anzahl Gebäude.....	136
Abbildung 97: Stundenlastgang Wärmebedarf inklusive Wärmeverluste im Netz für das Netzgebiet Bremen Süd	137
Abbildung 98: Erzeugersimulation Netzgebiet Bremen Süd für den Zielzustand	138

Abbildung 99: Zeitliche Ausbaureihenfolge des Wärmenetzes im Netzgebiet Bremen Süd	140
Abbildung 100: Zeitliche Ausbaureihenfolge für die Erzeugung im Netzgebiet Bremen Süd	141
Abbildung 101: Übersicht über Straßenzüge, in denen sich Interessenten für den Anschluss an ein potenzielles zukünftiges Anergienetz der ErdwärmeDich Anergienetze eG gemeldet haben	146
Abbildung 102: Durch Nah- und Fernwärme wirtschaftlich erschließbare Anteile der Ortsteile im Stadtgebiet Bremen	147
Abbildung 103: Anteile Nah- und Fernwärme für alle Ortsteile bei BEW-Förderung. Aufsteigend sortiert nach Anteil mit Bezug auf den Wärmebedarf	148
Abbildung 104: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit Wärmenetzen nach Baublöcken im Zielszenario gemäß § 19 WPG	152
Abbildung 105: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen nach Baublöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs und ohne Absenkung des Schallpegels.	154
Abbildung 106: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen nach Bau-blöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs und bei Absenkung des Schallpegels um 5 dB(A). 155	
Abbildung 107: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Luftwärmepumpen nach Bau-blöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs und bei Absenkung des Schallpegels um 10 dB(A)155	
Abbildung 108: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdwärmesonden nach Baublöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs	156
Abbildung 109: Eignungsstufen für die Wärmeversorgung mit dezentralen Wärmepumpen (Wärmequellen: Luft und Erdwärmesonden) nach Baublöcken in Bremen im Zielszenario gemäß § 19 WPG, unter Berücksichtigung des durch Sanierung reduzierten Wärmebedarfs und bei Absenkung des Schallpegels der Luftwärmepumpen um 5 dB(A)	157
Abbildung 110: Netto-Wärmegestehungskosten für Heizleistungen von 12 kW für dezentrale Wärmeerzeugungsmethoden	159
Abbildung 111: Einteilung des Stadtgebiets Bremen in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG	162
Abbildung 112: Wärmebedarf der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Jahr 2038 differenziert nach den auf Baublockebene zugeteilten Gebieten.	163

Abbildung 113: Einteilung des Überseehafens in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG	163
Abbildung 114: Relatives Energieeinsparpotenzial in statistischen Baublöcken	167
Abbildung 115: Darstellung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 1	171
Abbildung 116: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude in Umsetzungsszenario 1.	172
Abbildung 117: Darstellung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.....	176
Abbildung 118: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.....	177
Abbildung 119: Darstellung des jährlichen Wärmebedarfs nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Zieljahr 2038 für die Umsetzungsszenarien 1 und 2.	181
Abbildung 120: Darstellung der jährlichen THG-Emissionen nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Jahr 2038 für die Umsetzungsszenarien 1 und 2.	182
Abbildung 121: Jährliche Einsparungen an THG-Emissionen zwischen dem Ist-Stand und dem Jahr 2038 der einzelnen Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in den Umsetzungsszenarien 1 und 2.....	183
Abbildung 122: Vergleich der kumulierten THG-Emissionen in den Umsetzungsszenarien 1 und 2 für den Zeitraum 2025 bis 2038	184
Abbildung 123: Stromlastgänge für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 1 im Tages- und Stundenmittel.....	185
Abbildung 124: Stromlastgänge für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 2 im Tages- und Stundenmittel.....	186

13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (KEA-BW, 2020).	9
Tabelle 2: Erhobene Daten auf Grundlage der Anlage 1 (zu § 15) WPG	13
Tabelle 3: Aktueller jährlicher Endenergieverbrauch für Wärme in GWh/a nach Energieträgern und Sektoren (ohne Überseehafengebiet und ohne das ArcelorMittal-Stahlwerk).....	17
Tabelle 4: Anteil erneuerbarer Energien und unvermeidbarer Abwärme am jährlichen Endenergieverbrauch von Wärme nach Energieträgern (ohne Überseehafengebiet und das ArcelorMittal-Stahlwerk).....	17
Tabelle 5: THG-Emissionen bei der Wärmeerzeugung im Bestand für das Stadtgebiet (ohne Überseehafengebiet und ohne das Stahlwerk)	21
Tabelle 6: THG-Emissionen bei der Wärmeerzeugung im Bestand für das Überseehafengebiet. 21	
Tabelle 7: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen im Bestand (ohne Überseehafengebiet und ohne das Stahlwerk).....	22
Tabelle 8: Anzahl dezentraler Wärmeerzeuger, einschließlich Hausübergabestationen im Bestand für das Überseehafengebiet	22
Tabelle 9: Bestehende Wärmenetze in Bremen	30
Tabelle 10: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes in Bremen	35
Tabelle 11: Strukturdaten des Gasversorgungsnetzes im Überseehafengebiet	35
Tabelle 12: Daten zum Trockenwetter (TW)-Abfluss an den Mischwasser (M-PW) und Schutzwasser-Pumpwerken (S-PW) bei Pumpwerken mit Trockenwetterfördermengen größer 10 l/s	36
Tabelle 13: Wärmeerzeuger mit Einspeisung in ein Wärmenetz (Quelle: Angaben der Netzbetreiber).....	38
Tabelle 14: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmedichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019).	46
Tabelle 15: Wärmenetzeignung in Abhängigkeit von der Wärmelinien-dichte (ifeu 2024, angelehnt an Stadt Hamburg, 2019).....	47
Tabelle 16: Kommender Wohnungsneubau von Mehrfamilienhäusern	50
Tabelle 17: Entwicklungspotenziale im Bereich Gewerbe	51
Tabelle 18: Fortschreibung des Wärmebedarfs bis 2038 nach Sektoren	54

Tabelle 19: Potenzial und Kernergebnisse der Betrachtung der Flusswärmepumpe	66
Tabelle 20: Thermisches Potenzial durch Nutzung von Abwärme aus Kläranlagen	69
Tabelle 21: Thermisches Potenzial durch Nutzung von Abwärme aus Abwasser bei Pumpwerken (bei >16 °C Abwasser).....	71
Tabelle 22: Thermisches Potenzial durch Nutzung von Abwärme aus Abwasser bei Pumpwerken	72
Tabelle 23: Freiflächenfindung für zentrale oberflächennahe Geothermie: Zuordnung der Flächenkategorien	73
Tabelle 24: Mindestabstände nach Schalleistungspegel und Gebietstyp. Berechnet nach Leitfaden Schall des BWP.....	81
Tabelle 25: Potenziale zur Wärmeerzeugung mit tierischen Exkrementen	85
Tabelle 26: Überblick über die energetischen Potenziale aus Biomasse.....	86
Tabelle 27: Parameter zur Berechnung des notwendigen Mindestabstands zur Einhaltung der Immissionsschutzvorgaben.....	91
Tabelle 28: Angenommene Anschlussraten in den Netzausbauszenarien	103
Tabelle 29: Netzausbauszenarien Netzgebiet West für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinienichte (750 – 5 000 kWh/(m·a))	105
Tabelle 30: Netzausbauszenarien Netzgebiete Mitte-Ost für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinienichte (750 – 5 000 kWh/(m·a))	106
Tabelle 31: Fernwärmetarif swb-Netzgebiet, Stand: Januar 2025	112
Tabelle 32: Kennzahlen für wirtschaftlich erschließbaren Fernwärmeausbau im Gebiet West- Mitte-Ost	116
Tabelle 33: Netzausbauszenarien in Bremen Nord für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinienichte von 750 bis 3 500 kWh/(m·a).....	126
Tabelle 34: Kennzahlen für wirtschaftlich erschließbaren Aufbau des Wärmenetzes in Bremen Nord	128
Tabelle 35: Netzausbauszenarien in Bremen Süd für verschiedene Grenzwerte der Wärmelinienichte von 1 000 bis 3 500 kWh/(m·a)	133
Tabelle 36: Kennzahlen für wirtschaftlich erschließbaren Aufbau neuer Wärmenetze in Bremen Süd (Links der Weser).....	136

Tabelle 37: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für Wärmenetze gemäß § 19 WPG	151
Tabelle 38: Grenzwerte für die Einteilung von Baublöcken nach Eignungsstufen für die Versorgung mit dezentralen Wärmepumpen gemäß § 19 WPG	154
Tabelle 39: Annahmen für die Berechnung der bedarfsgebundenen Kosten	159
Tabelle 40: Kriterien für die Einteilung des beplanten Gebiets in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete gemäß § 18 WPG	161
Tabelle 41: Übersicht über den Umfang der zu bauenden Leitungskilometer und der erschlossenen Wärmebedarfe (Bezugsjahr 2038) in den Betrachtungszeiträumen	164
Tabelle 42: Angenommene THG-Emissionsfaktoren im Umsetzungsszenario 1 in g/kWh Endenergie (H _i).....	170
Tabelle 43: Jährlicher Wärmebedarf nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 1	171
Tabelle 44: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude in Umsetzungsszenario 1	173
Tabelle 45: Jährlicher Wärmebedarf der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern im Umsetzungsszenario 1	174
Tabelle 46: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern in Umsetzungsszenario 1	174
Tabelle 47: Gesamte jährliche THG-Emissionen und THG-Emissionseinsparungen über alle Sektoren im Umsetzungsszenario 1	175
Tabelle 48: THG-Emissionsfaktoren der Wärmenetze in Umsetzungsszenario 2 mit von Umsetzungsszenario 1 abweichenden Werten in g/kWh Endenergie (H _i).....	175
Tabelle 49: Jährlicher Wärmebedarf nach Energieträgern für die Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.....	177
Tabelle 50: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Haushalte, GHD (< 5 GWh/a) und öffentliche Gebäude im Umsetzungsszenario 2.....	178
Tabelle 51: Jährlicher Wärmebedarf der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern im Umsetzungsszenario 2.....	179
Tabelle 52: Jährliche THG-Emissionen der Sektoren Industrie und GHD (> 5 GWh/a) nach Energieträgern im Umsetzungsszenario 2.....	179

Tabelle 53: Gesamte jährliche THG-Emissionen und THG-Emissionseinsparungen über alle Sektoren im Umsetzungsszenario 2	180
Tabelle 54: Jährlicher Endenergiebedarf nach Energieträgern im Überseehafengebiet	180
Tabelle 55: Jährliche THG-Emissionen im Überseehafengebiet	181
Tabelle 56: Vergleich der Anteile der eingesparten THG-Emissionen zwischen den Umsetzungsszenarien 1 und 2.....	183
Tabelle 57: Auswirkungen der Wärmeversorgung auf das Stromnetz, Zahlen für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 1.....	186
Tabelle 58: Auswirkungen der Wärmeversorgung auf das Stromnetz, Zahlen für die Jahre 2030 und 2038 in Umsetzungsszenario 2	187
Tabelle 59: Indikatoren für das Zielszenario in Umsetzungsszenario 1.....	187
Tabelle 60: Indikatoren für das Zielszenario in Umsetzungsszenario 2	189

14 Literaturverzeichnis

- Agentur für Erneuerbare Energien e. V. (AEE). (2013). *Potenzialatlas Bioenergie in den Bundesländern*. Abgerufen am 09.11.2024 von <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/broschueren/potenzialatlas-bioenergie-in-den-bundeslaendern>
- Amt der Salzburger Landesregierung - Lebensgrundlagen und Energie. (2023). *get-Produktdatenbank*. Abgerufen am 13.11.2024 von www.produktdatenbank-get.at/#/
- BDEW. (2024). *Wie heizt Bremen? - Regionalbericht 2023 - Studie zum Heizungsmarkt*. Abgerufen am 02.02.2025 von <https://www.bdew.de/energie/studie-wie-heizt-deutschland/>
- BDEW. (2025). *Beheizung des Wohnungsbestandes in Deutschland*. Abgerufen am 02.06.2025 von <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/beheizung-des-wohnungsbestandes-in-deutschland/>
- Bioenergiedörfer, U. K.-A.-U. (2022). *Vom Bioenergiedorf zum Energiewendedorf*. Kassel.
- Bremen, Landesamt GeoInformation. (2024). *ALKIS - Liegenschaftskarte Land Bremen*. Abgerufen am 07.04.2024 von <https://metaver.de/trefferanzeige?docuuid=CE29A1C3-C82C-4600-A8B9-04CBDE26F6D8>
- bremenports. (21.1.2025). *Wärmeversorgung im Überseehafen von Bremen*. Bremen / Bremerhaven.
- Bundesnetzagentur. (2024). *Marktstammdatenregister*. Abgerufen am 05.03.2025 von <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/>
- Bundesstelle für Energieeffizienz. (2024). *Plattform für Abwärme*. Abgerufen am 06.11.2024 von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html
- Bundesverband Wärmepumpe e. V. (2016). *Leitfaden Schall*. Berlin.
- Bundesverband Wärmepumpe e. V. (bwp). (2016). *Leitfaden Schall*. Berlin.
- CARMEN e. V. (10 2023). *Marktpreisvergleich Preisentwicklung bei Heizöl, Erdgas, Holzpellets und Hackschnitzel*. Abgerufen am 08.11.2024 von <https://www.carmen-ev.de/service/marktueberblick/marktpreise-energieholz/marktpreisvergleich/>
- Deutsche Energie Agentur GmbH (dena). (1. 11 2023). *dena*. Abgerufen am 03.11.2024 von https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2023/dena-Gebaedereport_2024.pdf

- Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (2014). *Potenzialstudie zur nachhaltigen Erzeugung und Einspeisung gasförmiger, regenerativer Energieträger in Deutschland (Biogasatlas)*.
- DGRV. (2023). *Energiegenossenschaften 2023. Jahresumfrage des DGRV.* . Abgerufen am 24.01.2024 von www.dgrv.de/wp-content/uploads/2023/07/DGRV_Umfrage_Energiegenossenschaften_2023.pdf
- Die Bremer Stadtreinigung. (2022). *Abfallwirtschaftskonzept 2022*. Bremen.
- Die Bremer Stadtreinigung. (2023). *Abfallbilanz 2023*. Abgerufen am 06.10.2024 von <https://www.die-bremer-stadtreinigung.de/Datei-Uploads/Jahresberichte%20und%20Statistiken/Abfallbilanz/DBS-Abfallbilanz-2023.pdf>
- Eikmeier, B., Janßen, K., Meyer, B., & Wassermann, T. (2020). *Erstellung eines Wärmetlas für Bremen und Bremerhaven. Fortschreibung Wärmebedarf bis 2050*. Bremen: Wesernetz Bremen GmbH.
- energiekonsens. (2014). *Energieeffizient sanieren - Fassaden erhalten. Ergebnisse der Studie "Strategien und Potenziale energieeffizienter Sanierung für den Bremer Wohnungsbestand". Erweiterte Ausgabe: Altbauten von Baujahr 1850 bis 1980*. Bremen.
- Freie Hansestadt Bremen. (05. 09 2024). *Landesförderprogramm für vorbereitende Untersuchungen für Anergienetz-Pilotprojekte*. Abgerufen am 05.09.2024 von <https://umwelt.bremen.de/klima/klima-energie/waermewende/foerderprogramm-pilotprojekte-nergienetze-2387181>
- Freie Hansestadt Bremen. (2025). Abgerufen am 05.09.2025 von Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft: <https://umwelt.bremen.de/umwelt/hochwasser-und-kuestenschutz-quantitative-wasserwirtschaft/hochwasserschutz-stadtstrecke/platz-an-der-brautbruecke/platz-an-der-brautbruecke-weser-kleine-weser-werdersee-804216>
- Gasunie. (08. 04 2021). *gasunie*. Abgerufen am 09.11.2024 von [gasunie: https://www.gasunie.de/news/erster-erdgasspeicher-in-deutschland-wird-vollstaendig-auf-h-gas-umgestellt](https://www.gasunie.de/news/erster-erdgasspeicher-in-deutschland-wird-vollstaendig-auf-h-gas-umgestellt)
- Gerbert, P., Herhold, P., Burchardt, J., Schönberger, S., Rechenmacher, F., Kirchner, A., . . . Wünsch, M. (2018). *Klimapfade für Deutschland*. The Boston Consulting Group; prognos.
- Greif, S. (2023). *Räumlich hoch aufgelöste Analyse des technischen Potenzials von Wärmepumpen zur dezentralen Wärmeversorgung der Wohngebäude in Deutschland*. München: TUM. Abgerufen am 04.03.2024 von <https://mediatum.ub.tum.de/node?id=1702065>

- Günnewig, D., Johannwerner, E., Metzger, J., Kelm, T., & Wegner, N. (2022). *Umweltverträgliche Standortsteuerung von Solar-Freiflächenanlagen*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- hanseWasser. (2023). *Bericht zur Lage und Jahresabschluss 2023*. hanseWasser. Abgerufen am 22.04.2024 von https://gb2023.hansewasser.de/fileadmin/user_upload/geschaeftsbericht_2023/hansewasser_geschaeftsbericht_2023.pdf
- HIC. (30.7.2021). *Gutachten zur Analyse der zukünftigen CO2-neutralen Wärmeversorgungsoptionen und politischrechtlicher Handlungsoptionen im Land Bremen*.
- Hochschule Biberach. (2022). *Auslegung von Erdwärmesondenanlagen - GEO-HANDlight V5.0*. Abgerufen am 06.06.2024 von <https://innosued.de/energie/geothermie-software-2/>
- Hochschule Bremen. (06 2024). *Urbane Anergienetze als Instrument der Wärmewende in Bremen*. Abgerufen am 02.07.2024 von <https://www.hs-bremen.de/forschen/forschungs-und-transferprofil/forschungsprojekt/urbane-nergienetze-als-instrument-der-waermewende-in-bremen/#c36913>
- IWU. (2015). *Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden*. Darmstadt.
- KEA-BW. (2020). *Kommunale Wärmeplanung - Handlungsleitfaden*. Stuttgart.
- KENOW. (2025). *Klärschlamm Entsorgung Nordwestdeutschland*. Abgerufen am 03.05.2025 von <https://www.kenow-nordwest.de/>
- Langreder, N., Lettow, F., Sahnoun, M., Kreidelmeyer, S., Wunsch, A., & Lengning, S. e. (2024). *Technikkatalog Wärmeplanung 1.1*. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al.
- Luderer, G., Kost, C., & Dominika. (2021). *Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich*. Potsdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research.
- Michalik, M. (2021). *Abschlussbericht der Enquetekommission "Klimaschutzstrategie für das Land Bremen"*. Bremen: Bremische Bürgerschaft.
- Miocic, J. M. (2024). Fast calculation of the technical shallow geothermal energy potential of large areas with a steady-state solution of the finite line source. *Geothermics*.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, K. u. (2015). *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch Weser- und Emsgebiet*. Norden.
- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., & Mellwig, P. (2024). *Technikkatalog Wärmeplanung*.

- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., Wachter, P., Hering, D., & Pehnt, M. e. (2024). *Leitfaden Wärmeplanung. Empfehlungen zur methodischen Vorgehensweise für Kommunen und andere Planungsverantwortliche*. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH, Öko-Institut e.V., IER Stuttgart, adelphi consult GmbH, Becker Büttner Held PartGmbH, Prognos AG, et al.
- Panteleit, B., Ortmann, S., & Langer, S. (2022). *Leitfaden oberflächennahe Geothermie im Land Bremen*. Bremen: Geologischer Dienst für Bremen (GDfB).
- Senatorin für Wirtschaft, Häfen und Transformation. (09. 04 2025). *Bremen innovativ*. Abgerufen am 09.04.2025 von <https://www.bremen-innovativ.de/2024/03/wie-bremen-sich-auf-die-wasserstoff-zukunft-vorbereitet/>
- statistik.hessen.de*. (05 2023). Abgerufen am 04.05.2024 von <https://statistik.hessen.de/presse/79-prozent-der-hessischen-haushalte-heizen-mit-gas-oder-oel>
- Statistisches Landesamt Bremen. (2025). Gebäudedatei der Stadt Bremen.
- Umweltbundesamt. (2019). *BioRest: Verfügbarkeit und Nutzungsoptionen biogener Abfall- und Reststoffe im Energiesystem*. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt. (08. 07 2022). *Realitätsnahe Berechnung des Energiebedarfs*. Abgerufen am 14.05.2024 von Realitätsnahe Berechnung des Energiebedarfs: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba-factsheet_realitaetsnahe-berechnung-des-energiebedarfs.pdf
- utec GmbH*. (23. 04 2025). Abgerufen am 23.04.2025 von www.utec-gmbh.de: <https://www.utec-bremen.de/2021/01/26/energiekonzept-ueberseeinsel/#:~:text=Die%20geplanten%20Bauabschnitte%20sollen%20zwischen%202022%20und%202024,K%C3%A4lte%20im%20betrachteten%20W%C3%A4rmenetz%204.0%2C%20stammen%20aus%20W%C3%A4rmepumpen.>
- VDI. (2019). *VDI 4640 Blatt 2 - Thermische Nutzung des Untergrunds - Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen*. Düsseldorf.
- Verein Deutscher Ingenieure (VDI). (2012). Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung. *VDI 2067 Blatt 1*.
- VNBdigital. (2. 4 2025). *VNBdigital*. Abgerufen am 02.04.2025 von VNBdigital: <https://www.vnbdigital.de/>
- wesernetz. (09. Mai 2024). Abgerufen am 09.05.2024 von VNBdigital: <https://www.vnbdigital.de/gateway/files?serviceName=vnb&fileId=66337298bafced5f98a879b7&preview=1>

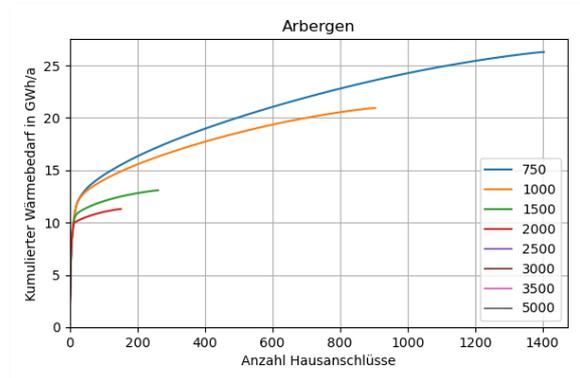
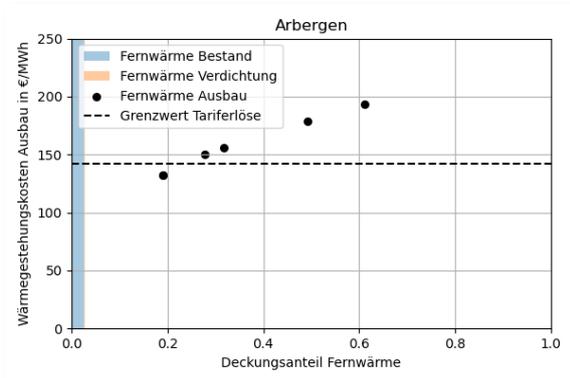
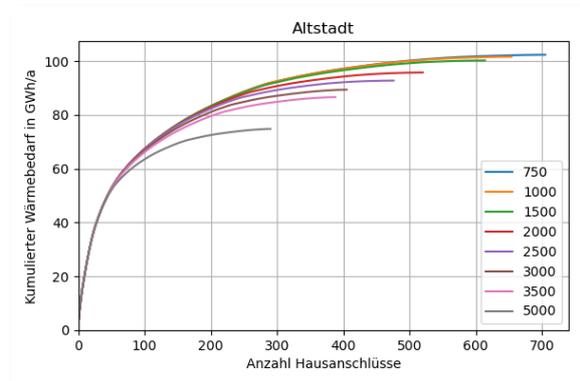
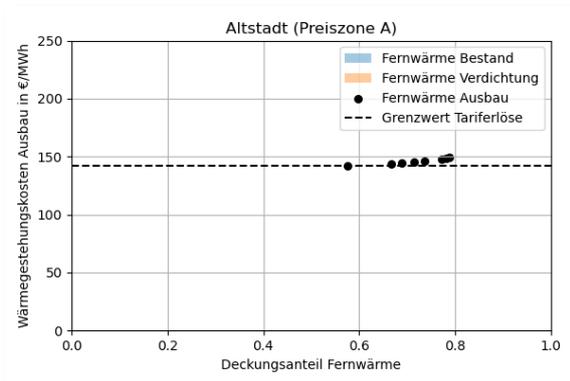
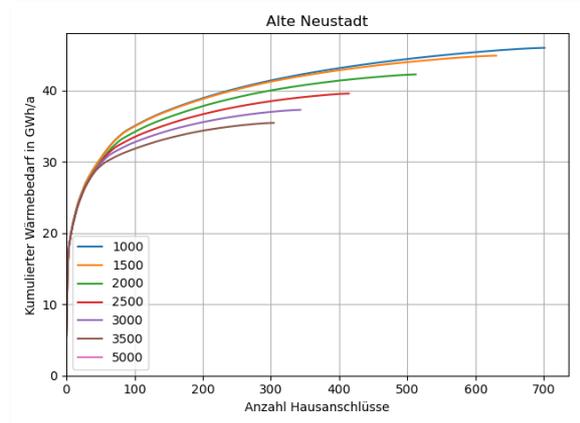
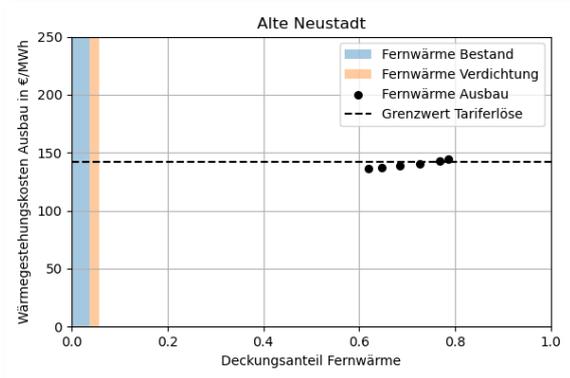
wesernetz Bremen GmbH. (2024). *Netzausbauplan. Netzbericht nach § 14d Abs. 4 EnWG*. Bremen: wesernetz Bremen GmbH.

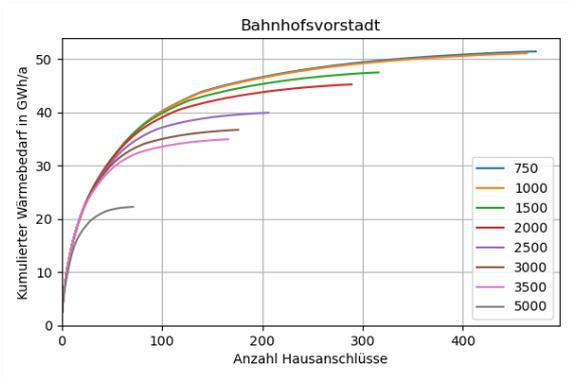
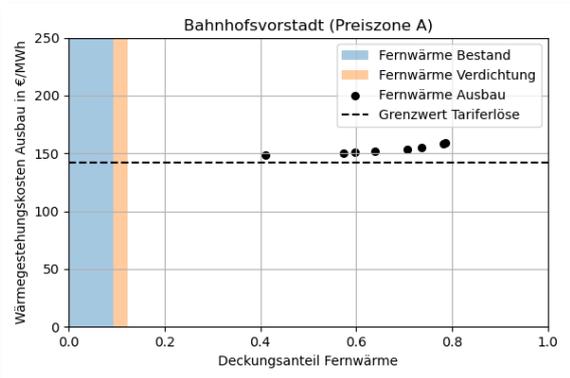
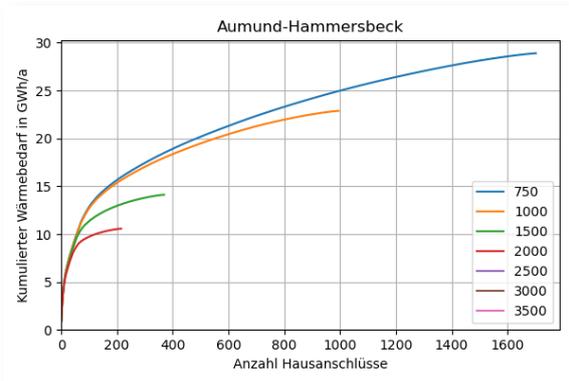
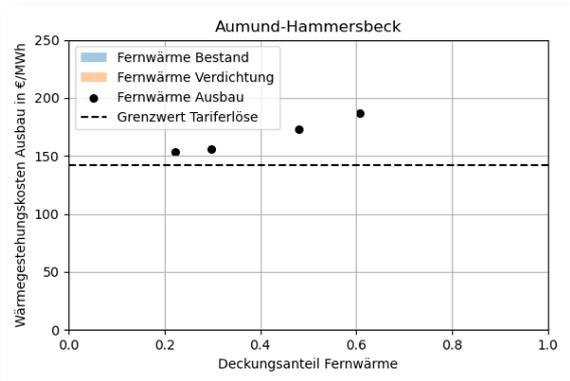
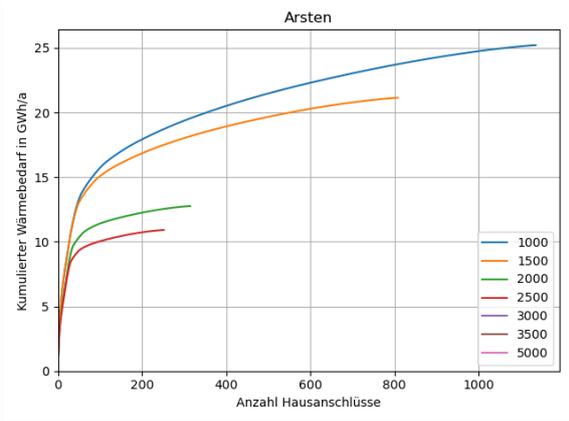
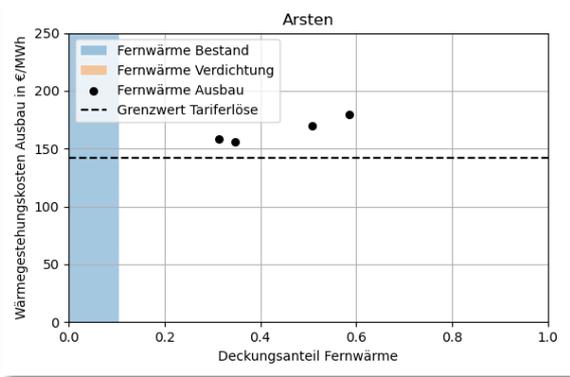
wesernetz Bremen GmbH. (9. 5 2025). *www.wesernetz.de*. Abgerufen am 09.05.2025 von <https://www.wesernetz.de/fuer-partner/energielieferanten/stromnetz/strukturdaten-des-bremer-und-bremerhavener-stromnetzes>

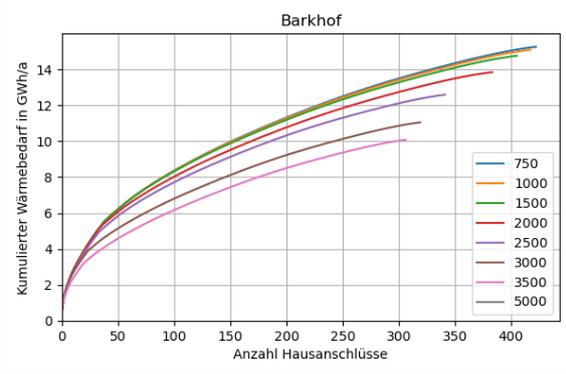
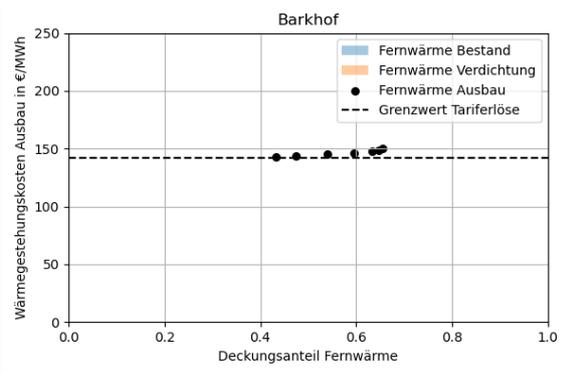
Witzenhausen-Institut für Abfall, U. u. (2015). *Endbericht: Mobilisierung, Aufbereitung und Verwertung holziger Biomassen in der ländlichen Region am Beispile des Werra-Meißner-Kreises*. Witzenhausen.

15 Anhang

Ortsteilergebnisse zur wirtschaftlichen Erschließbarkeit von Wärmenetzen

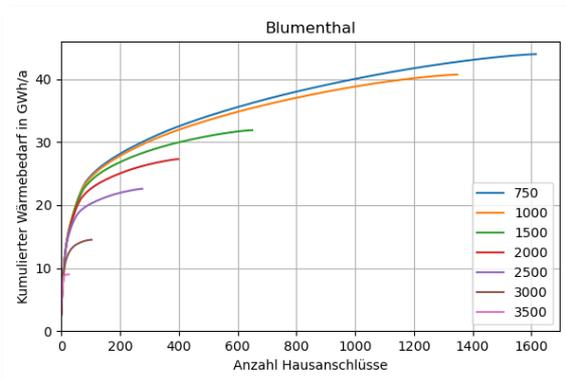
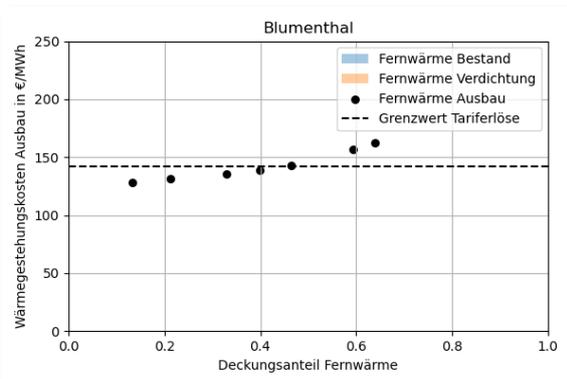


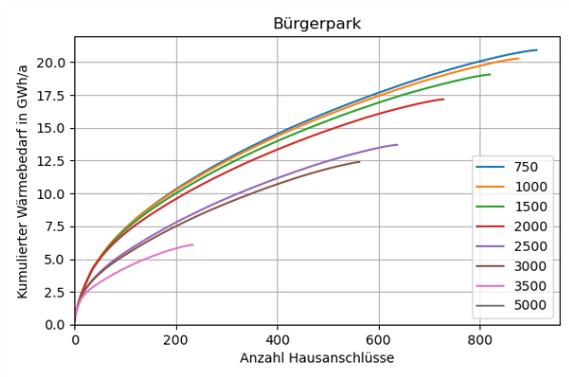
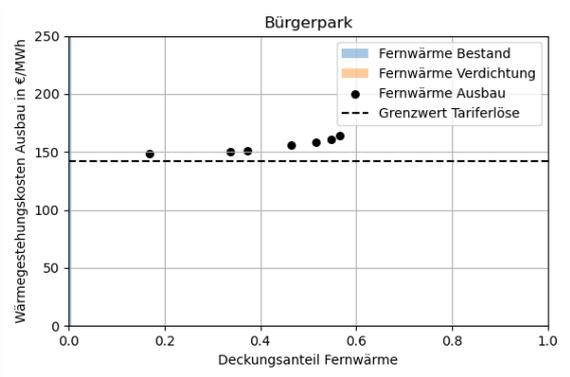
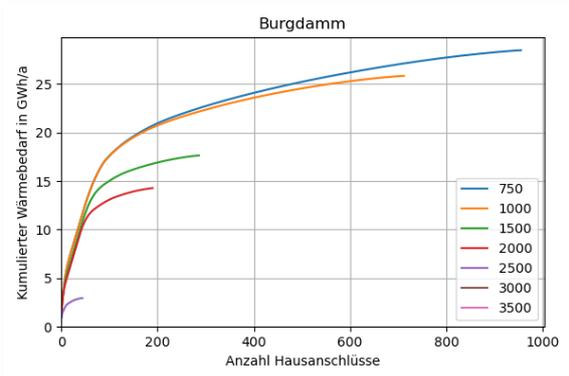
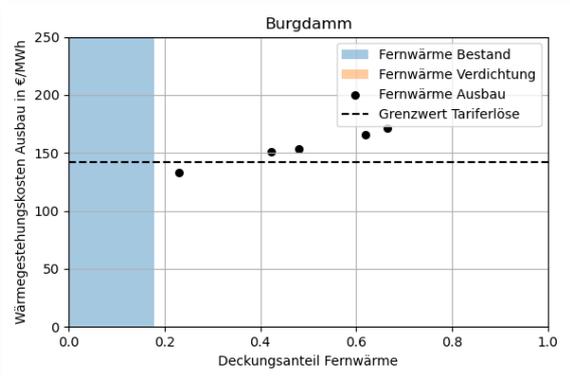
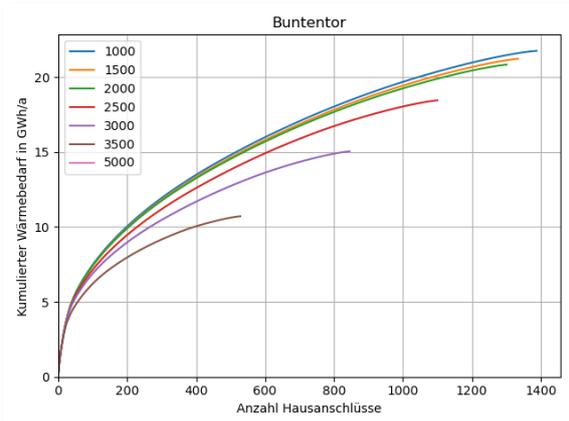
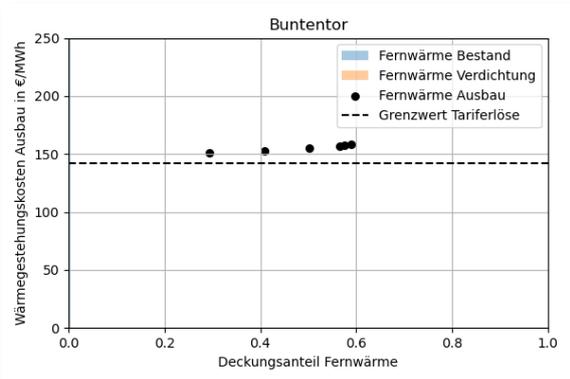
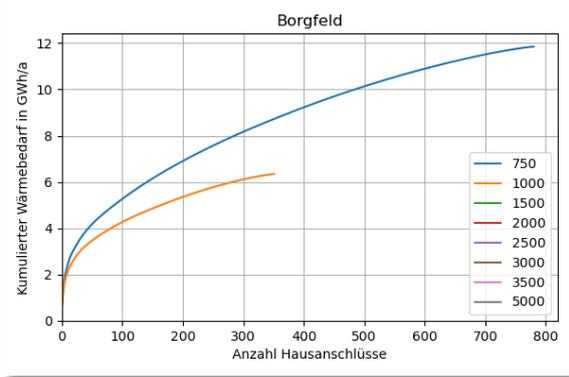
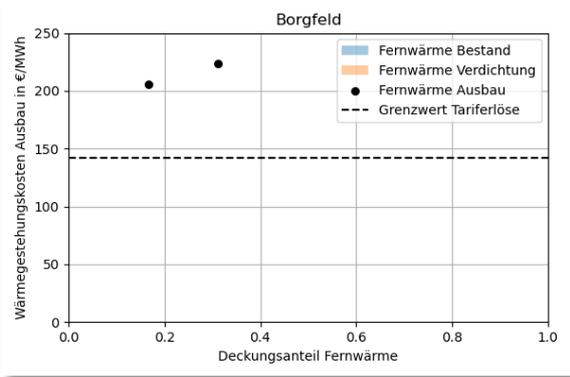


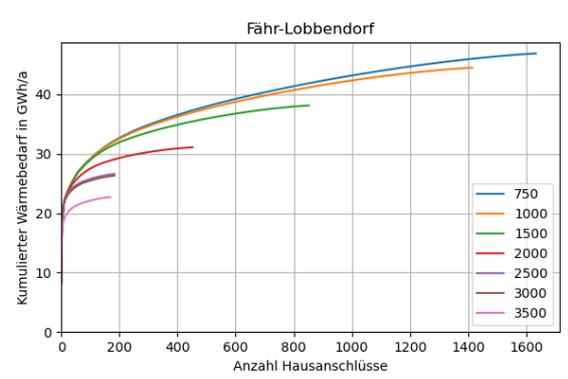
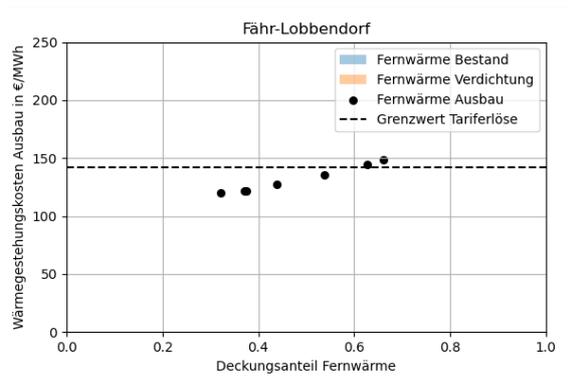
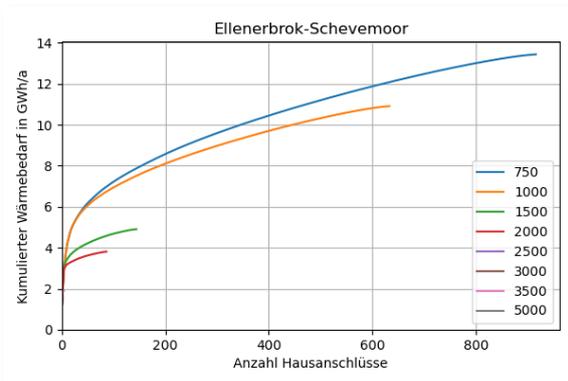
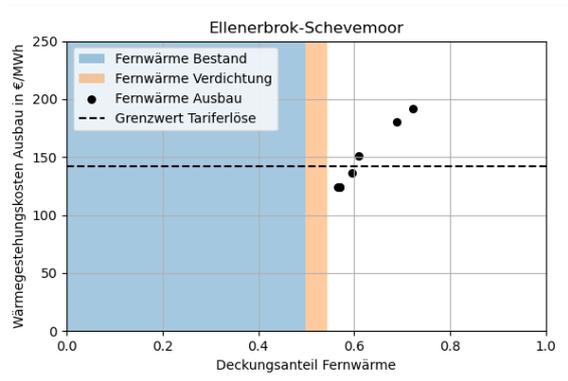
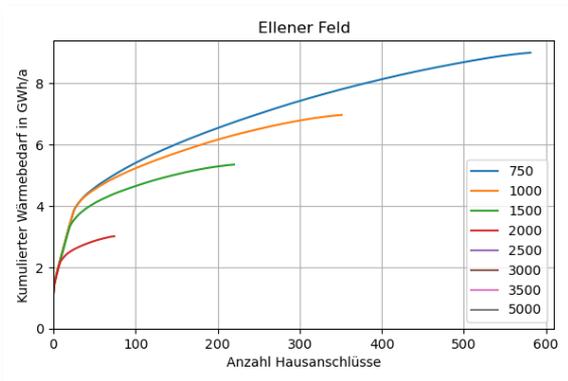
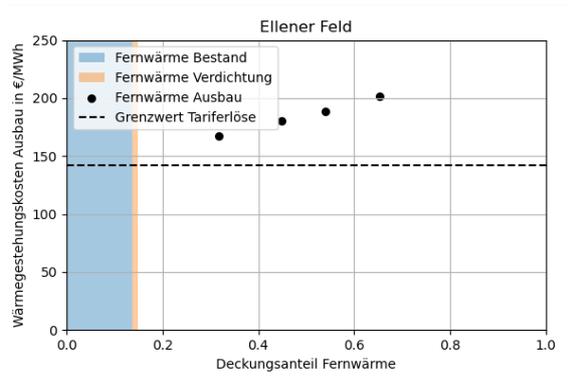
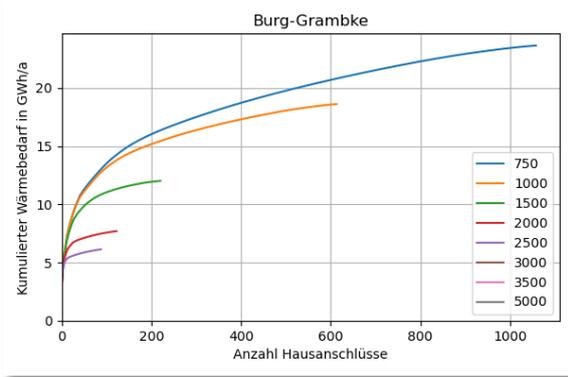
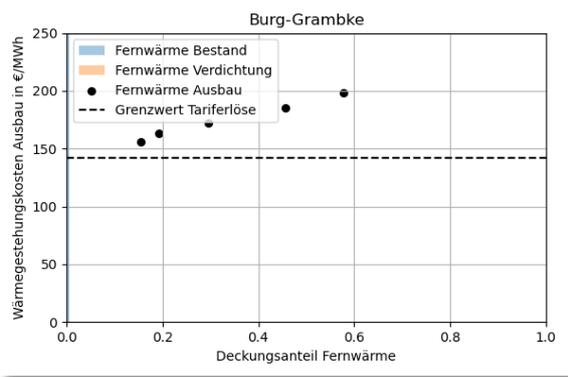


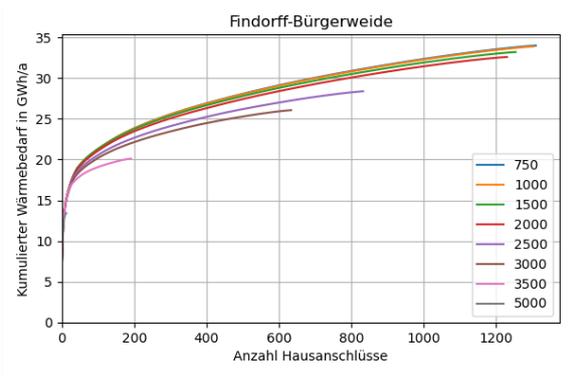
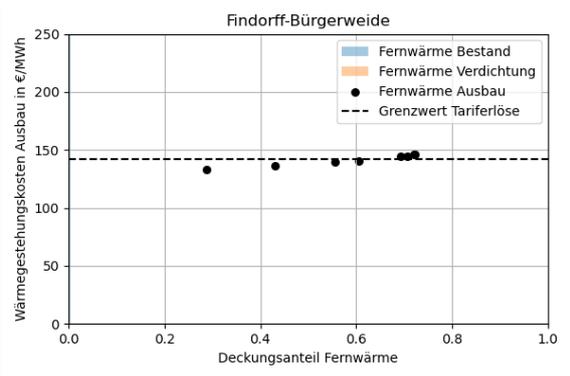
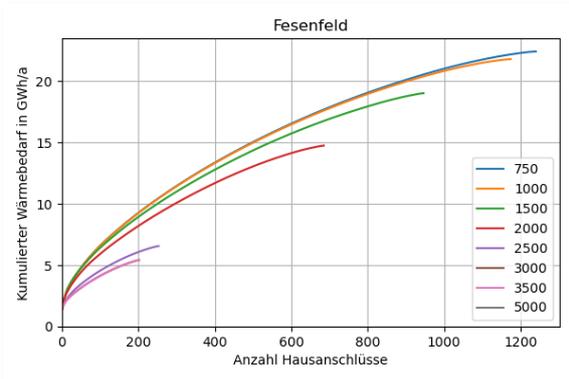
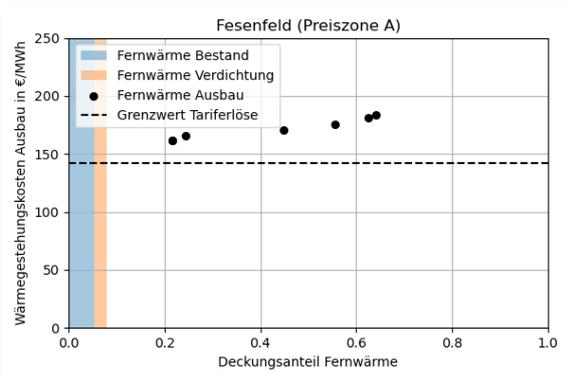
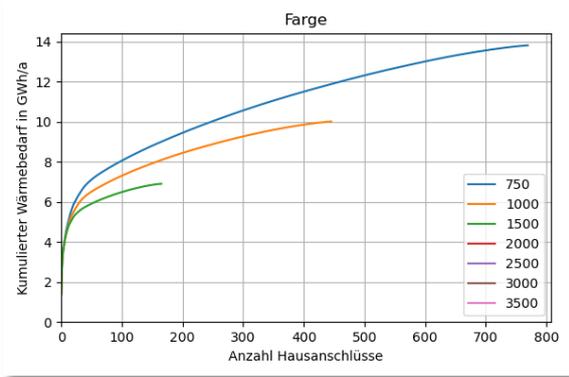
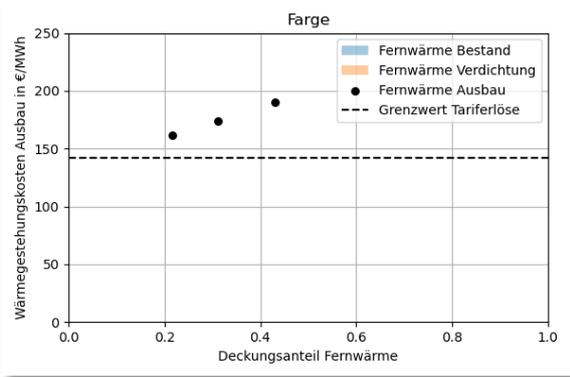
- Blockdiek:**
- Bestand: 98 %
 - Bestand-Verdichtung: 99 %
 - Kein Ausbau als Ergebnis der Betrachtung

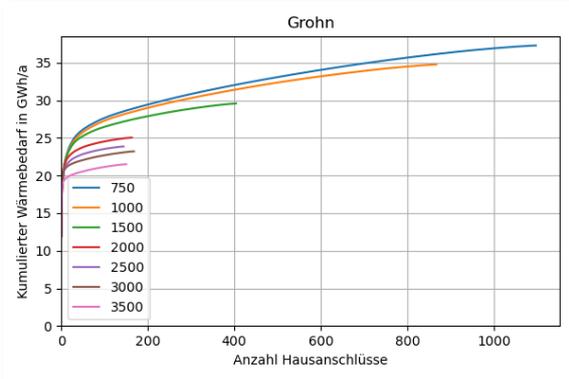
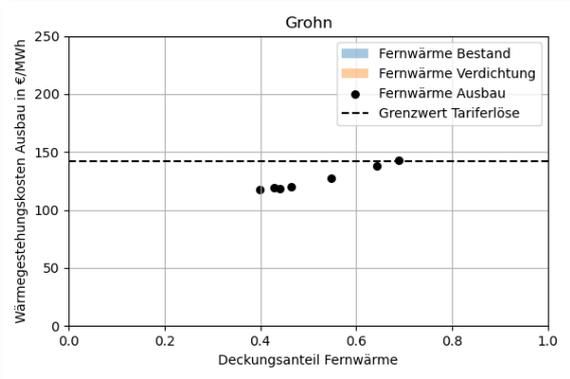
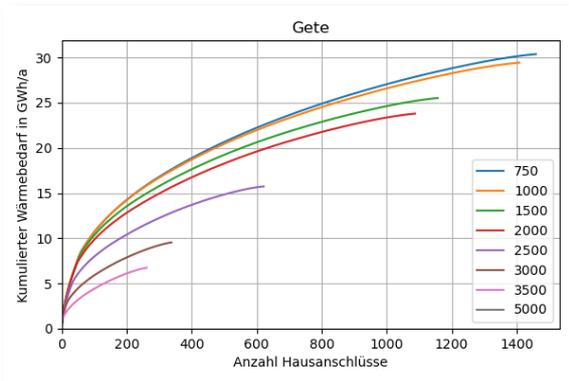
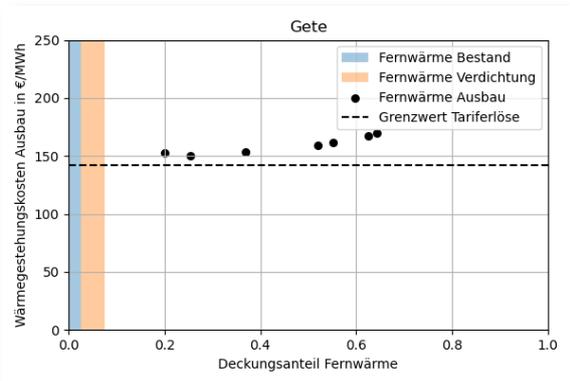
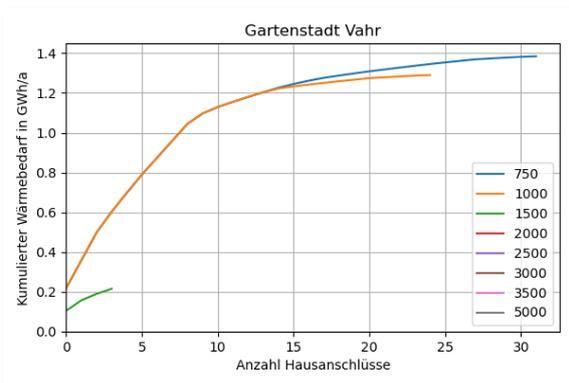
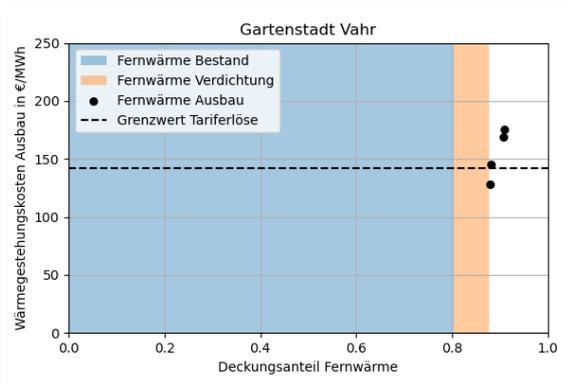
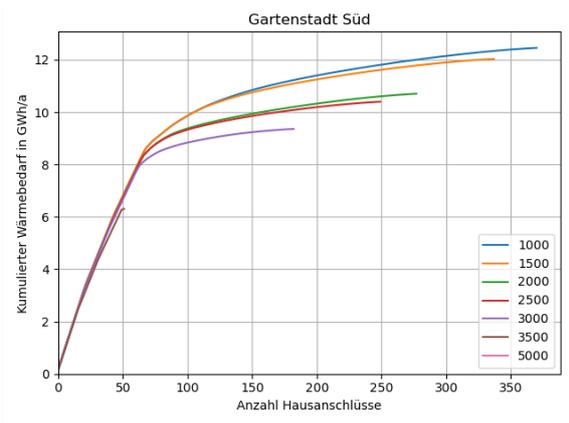
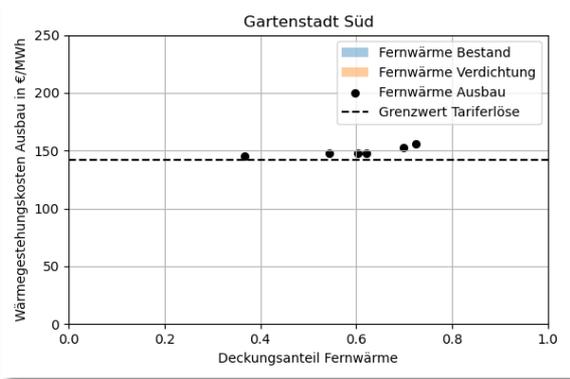
- Blockland:**
- Kein Bestand an Wärmenetzen
 - Kein Ausbau als Ergebnis der Betrachtung (selbst bei 750 kWh/(m·a))

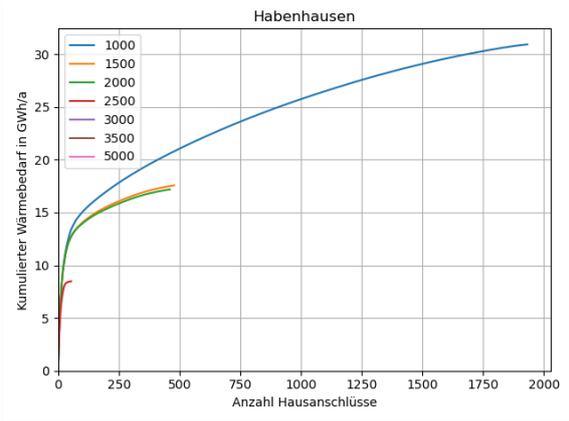
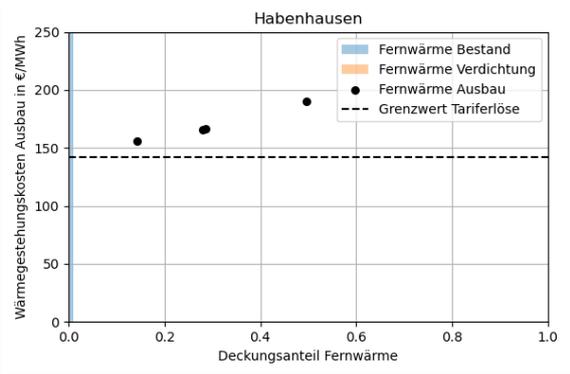
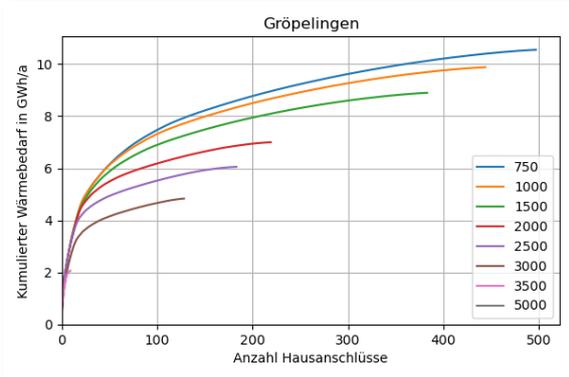
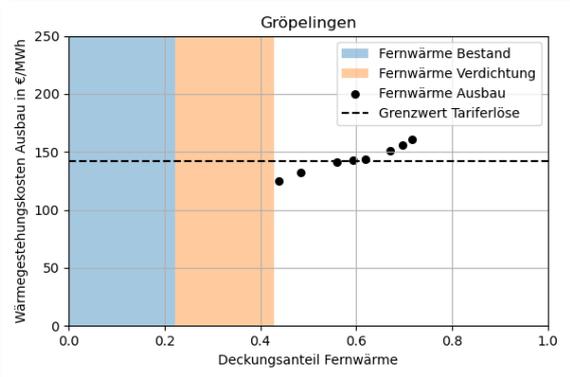
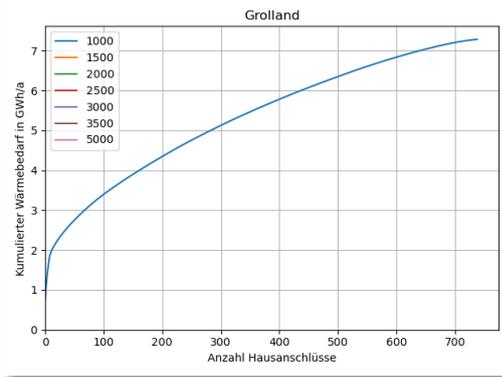
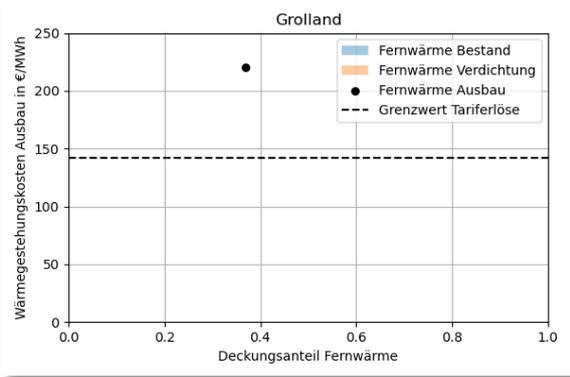


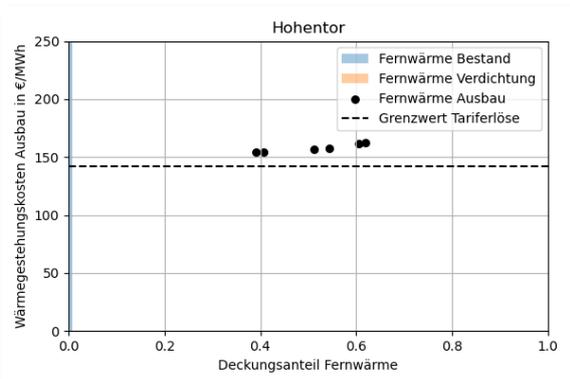
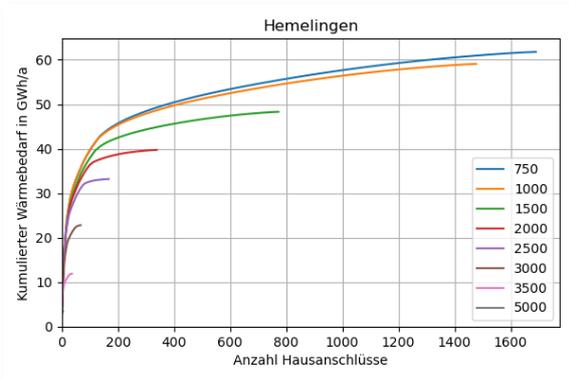
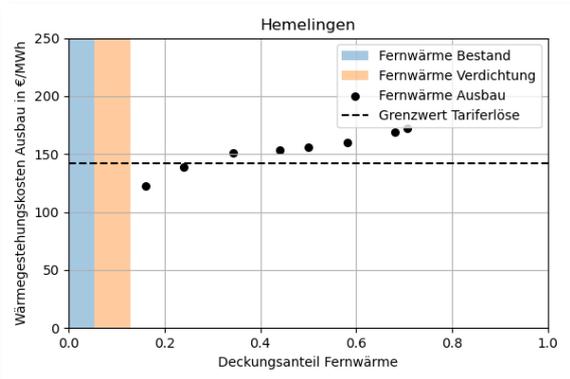
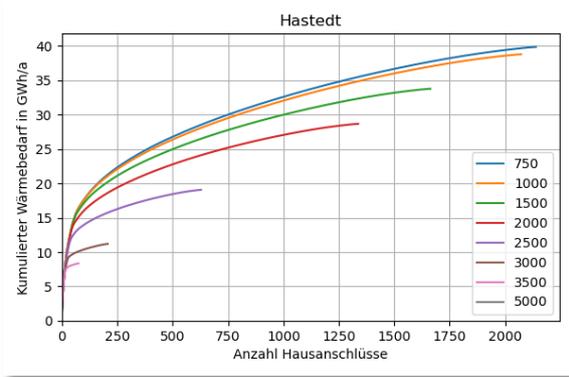
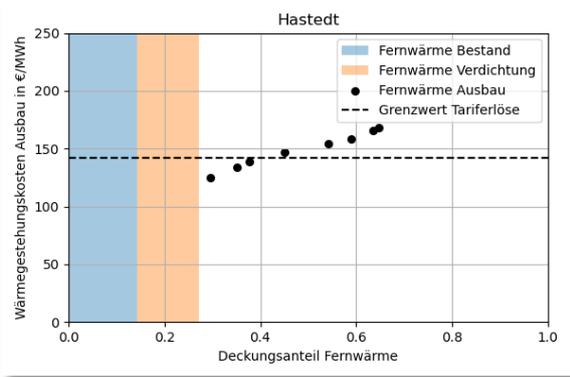


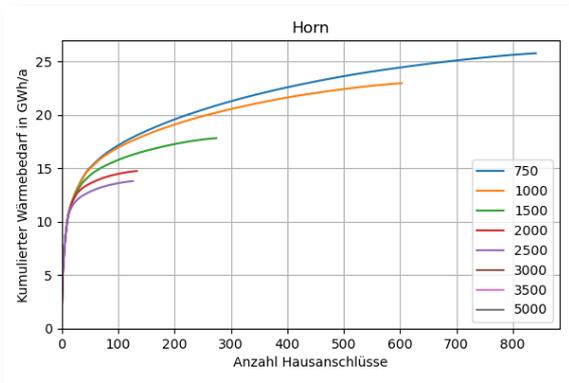
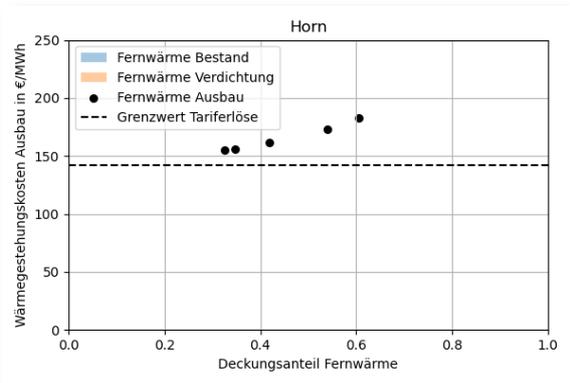
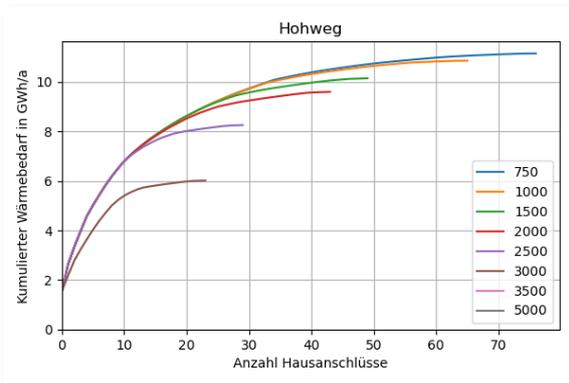
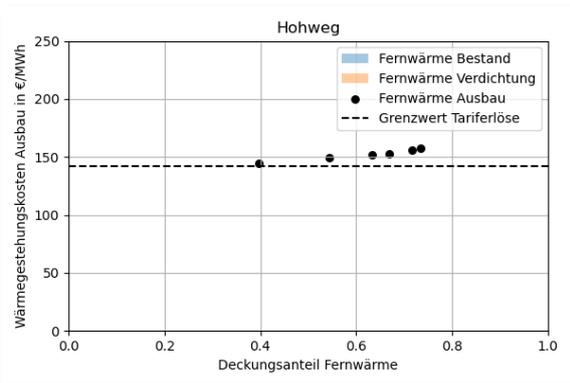
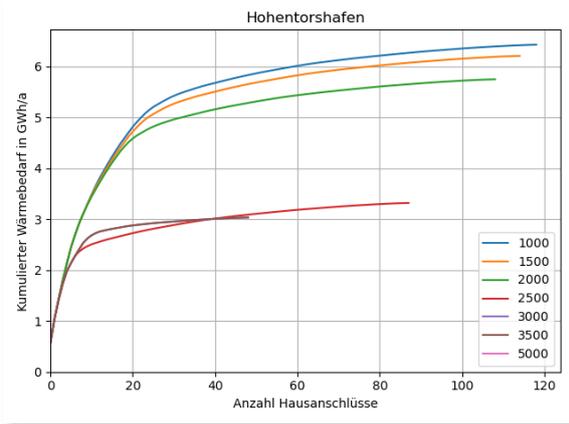
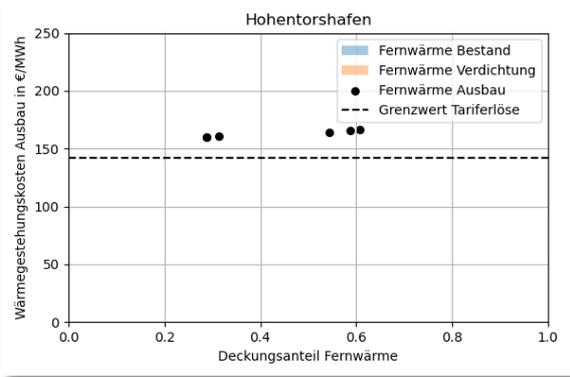


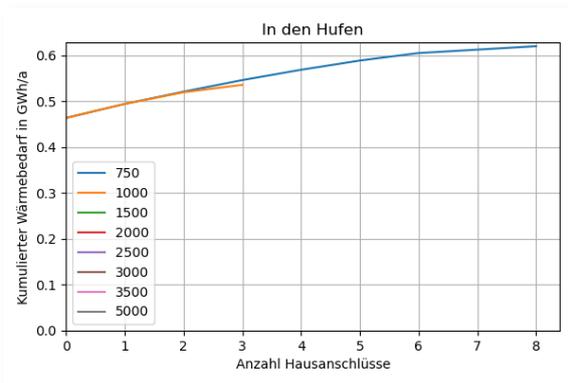
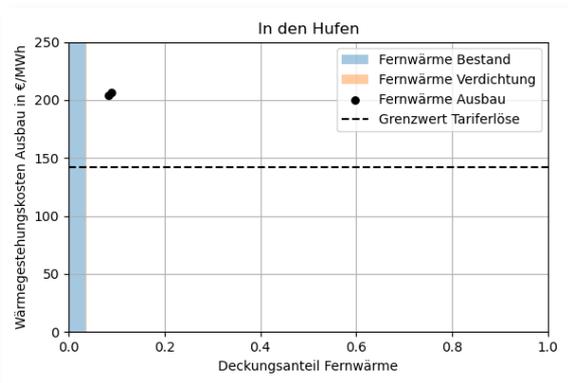
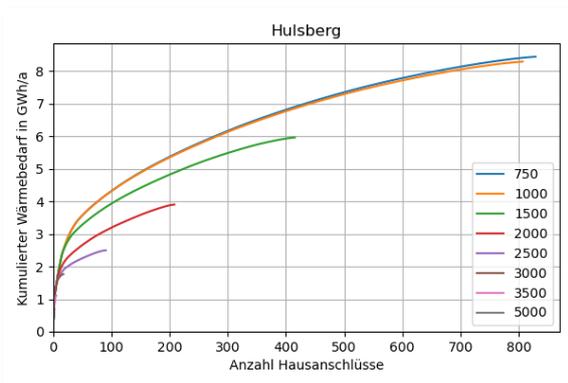
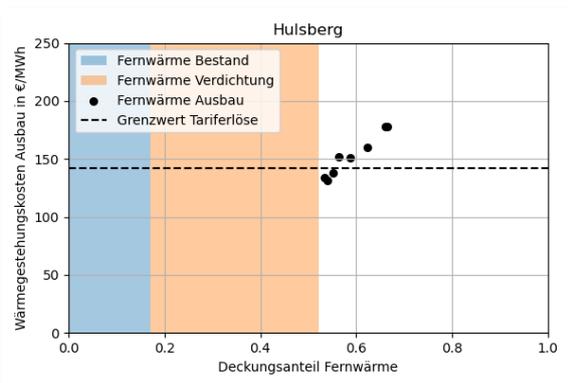
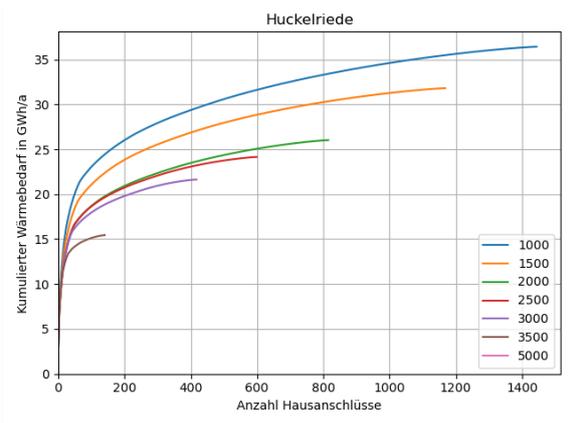
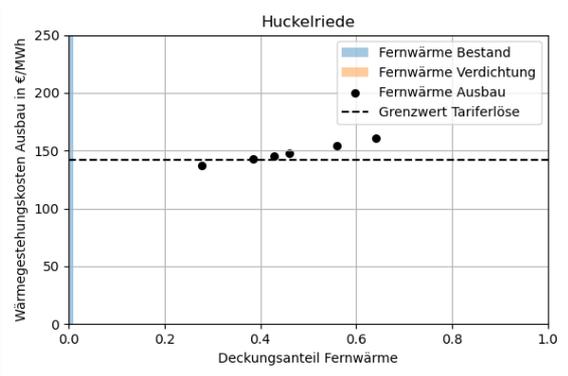






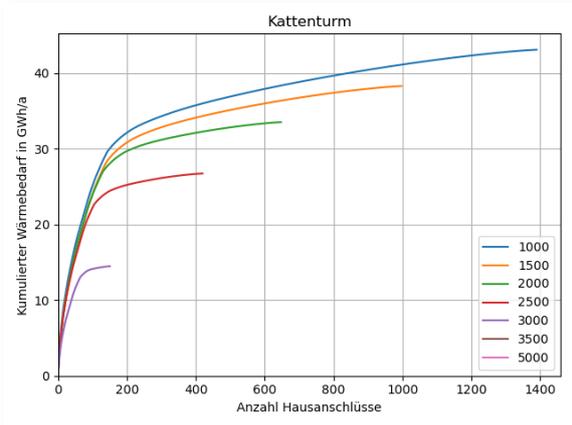
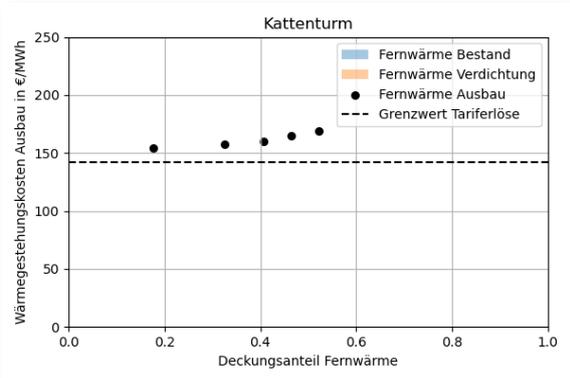
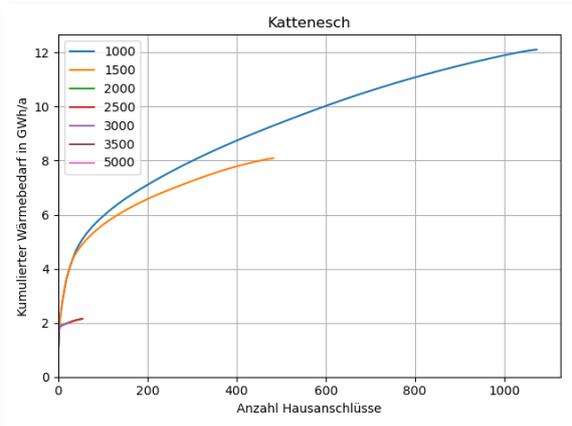
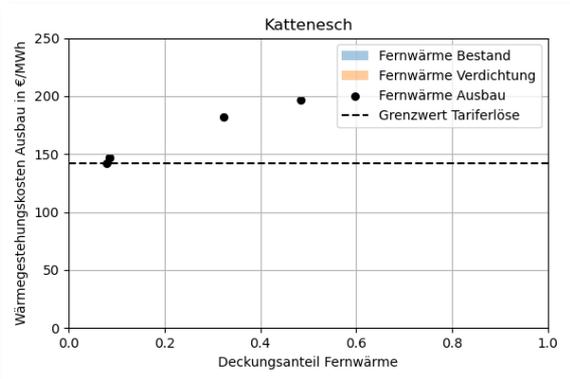
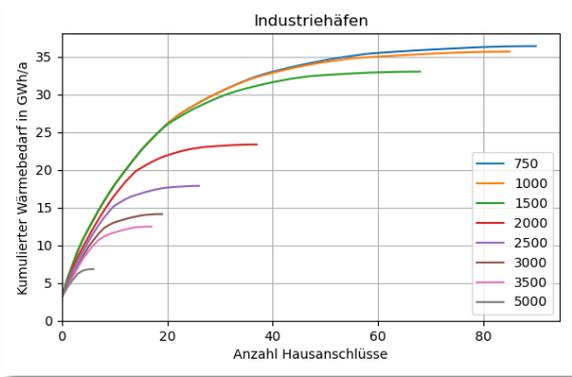
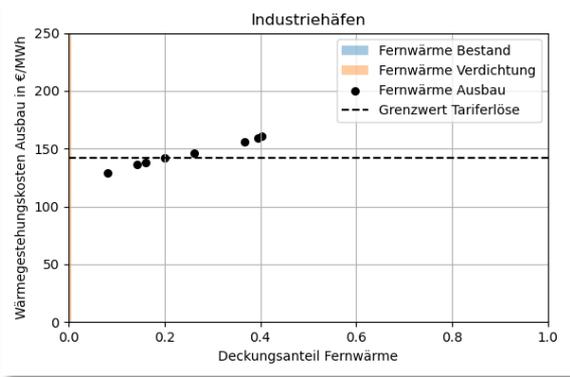


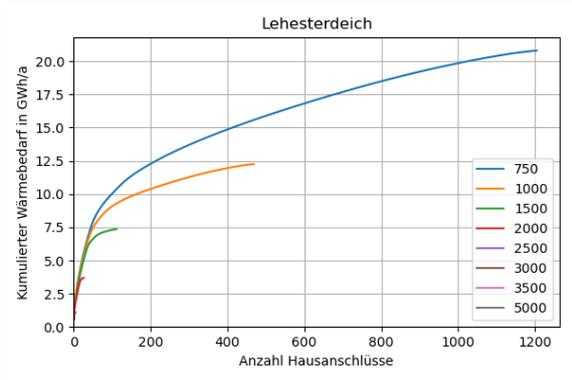
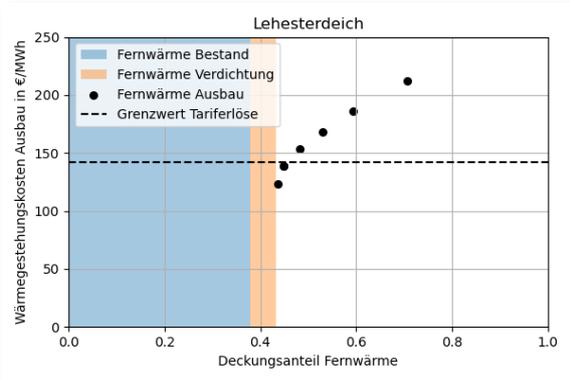
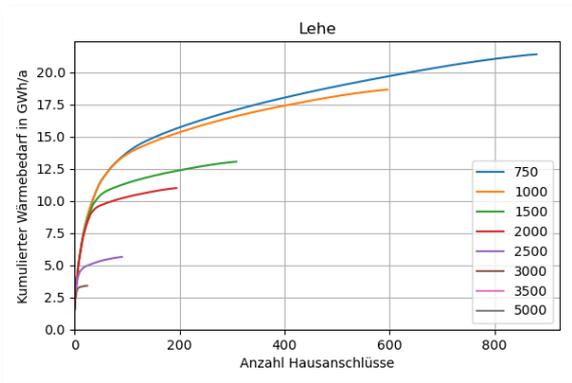
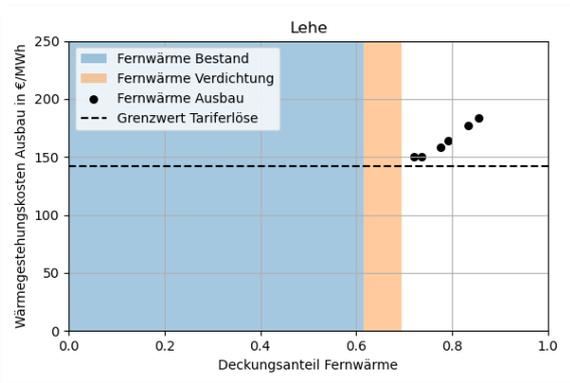
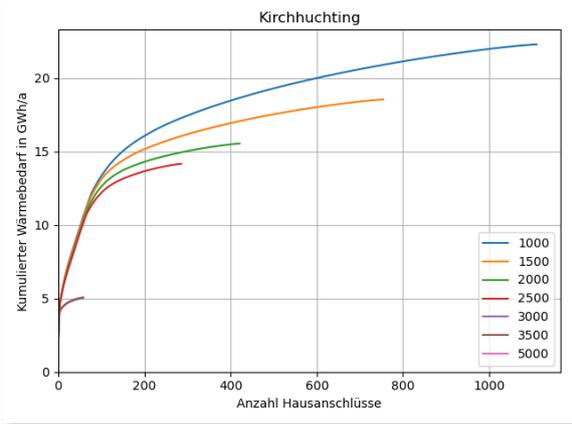
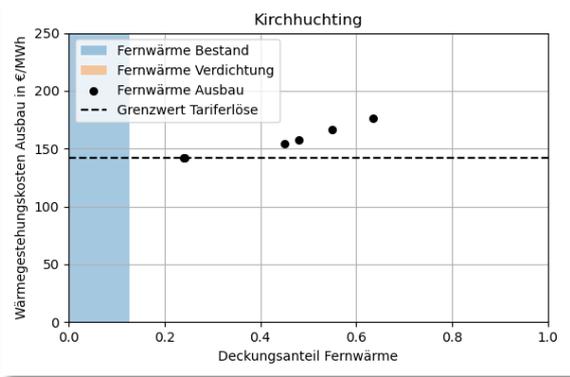


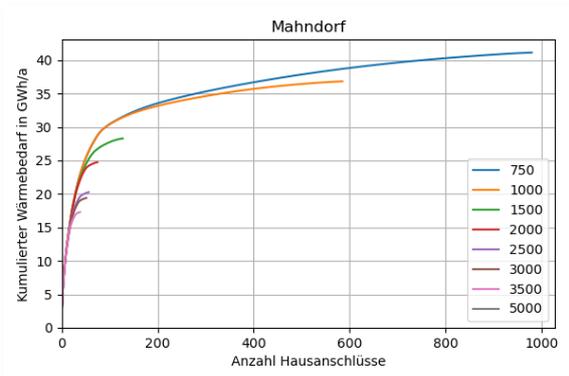
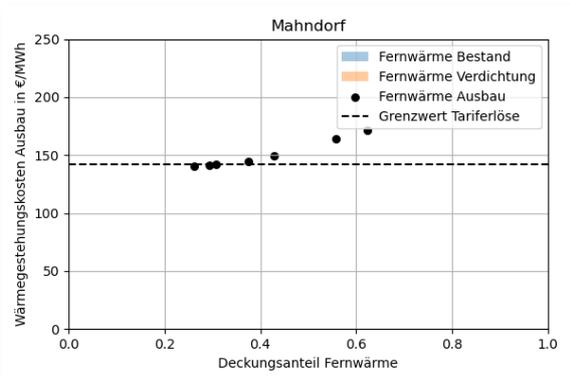
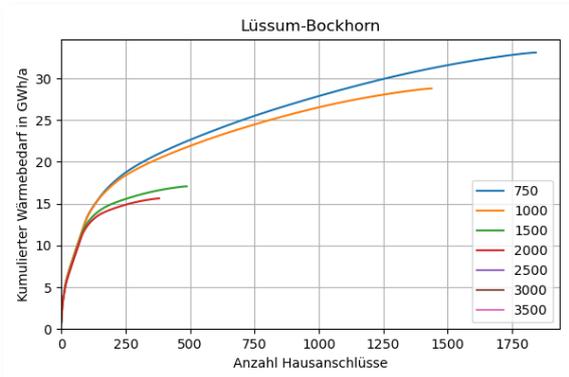
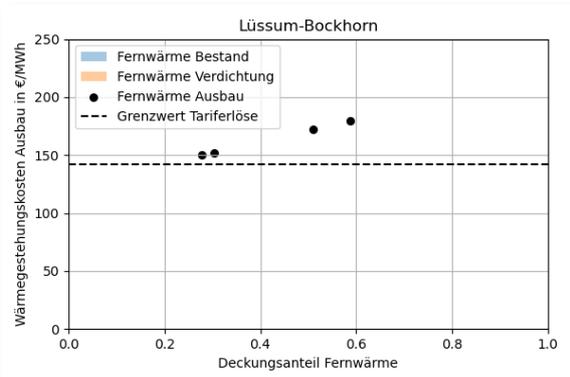
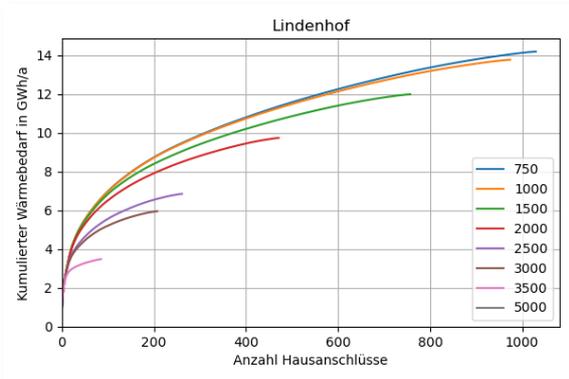
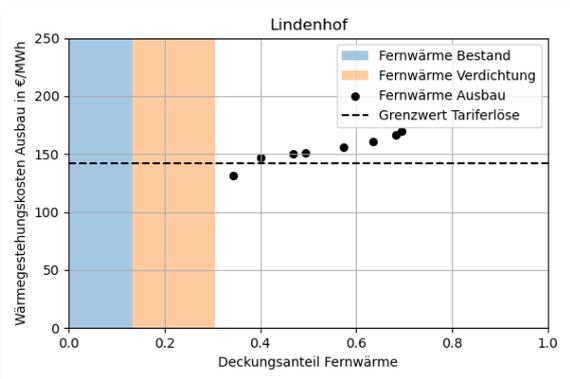
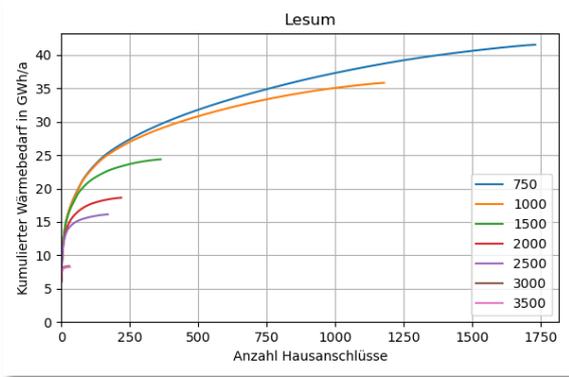
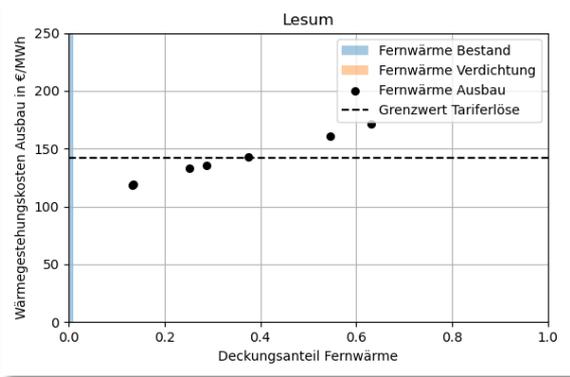


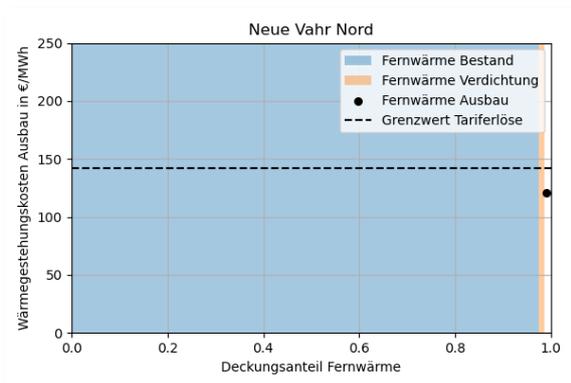
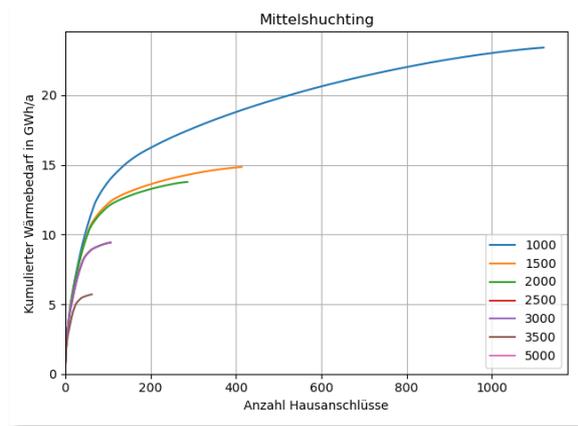
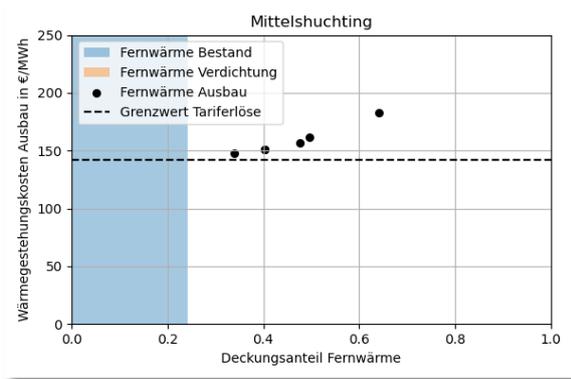
In den Wischen:

- Kein Bestand an Wärmenetzen
- Kein Ausbau als Ergebnis der Betrachtung (selbst bei 750 kWh/(m·a))

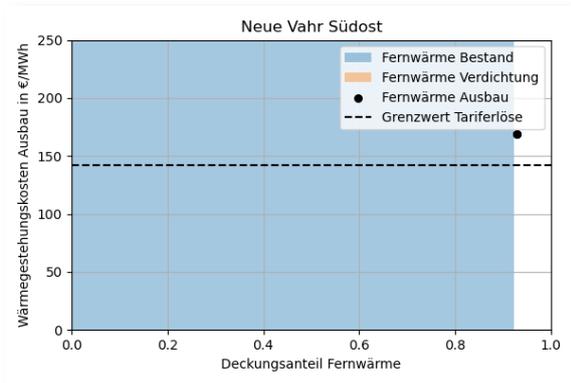




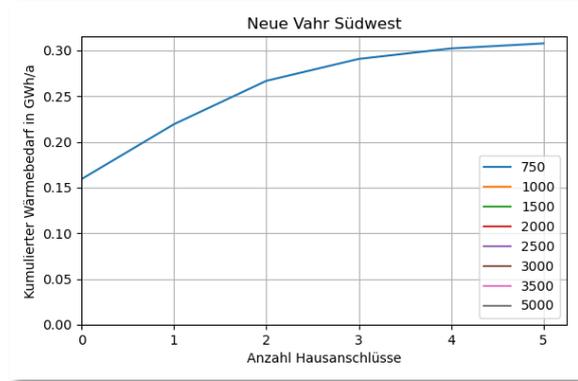
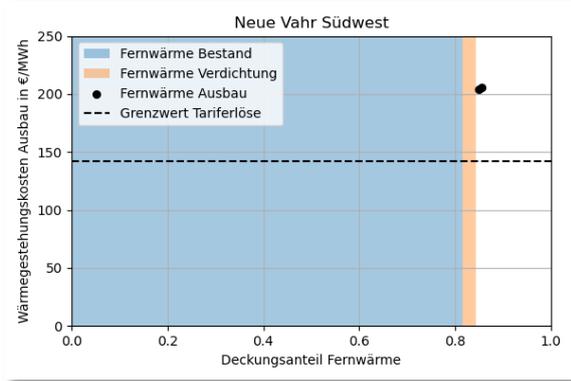


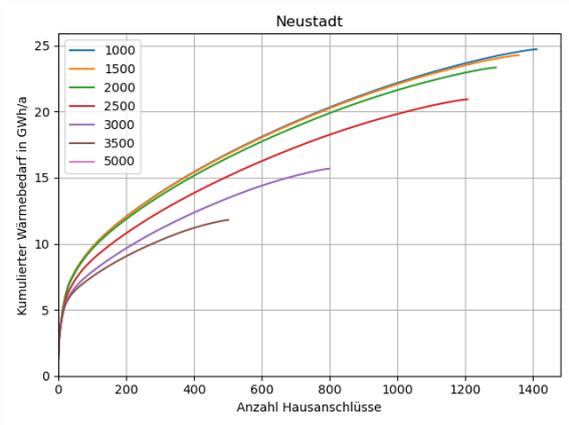
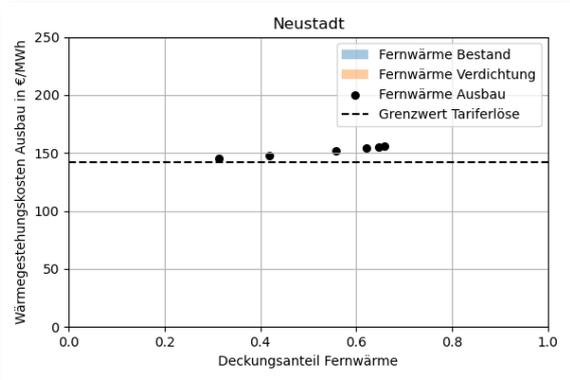
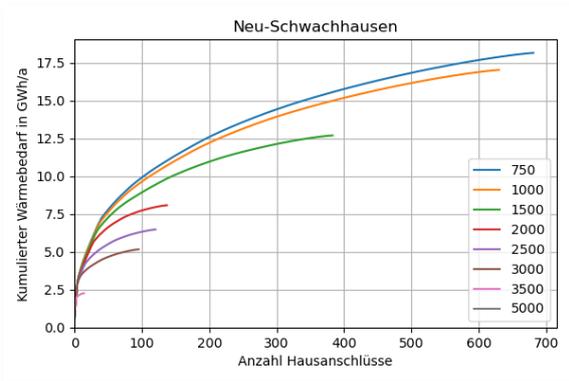
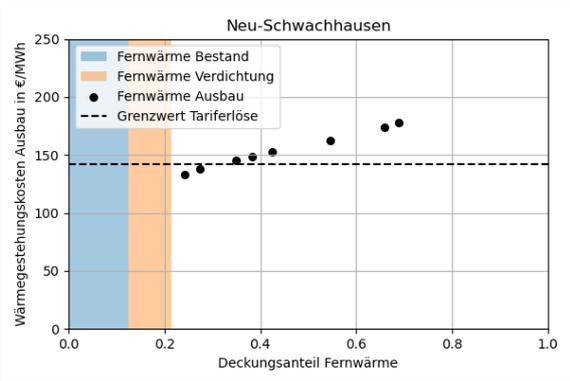
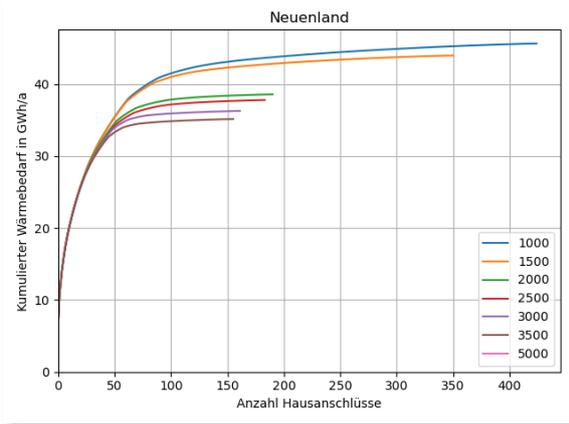
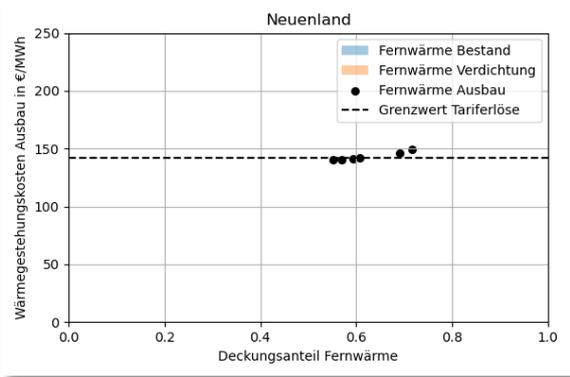


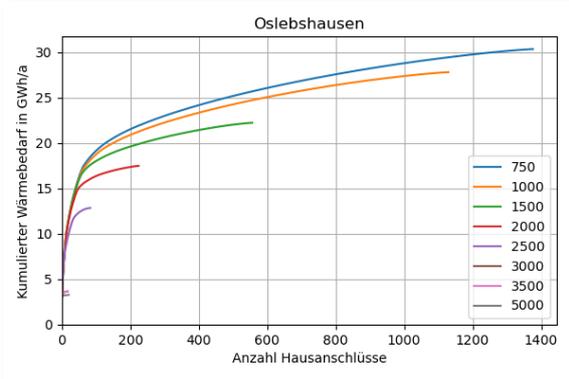
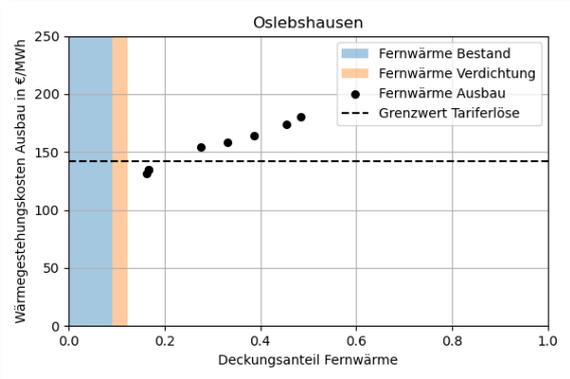
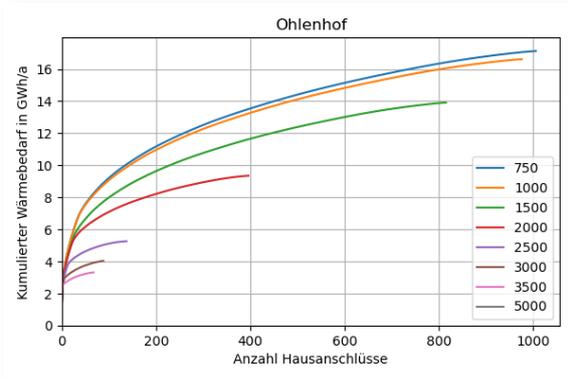
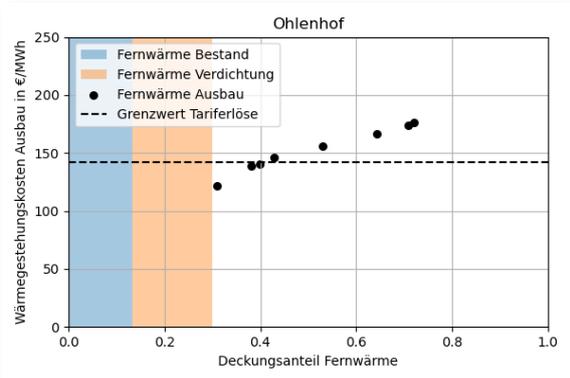
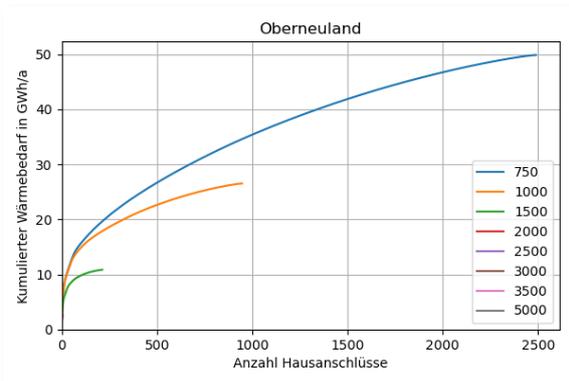
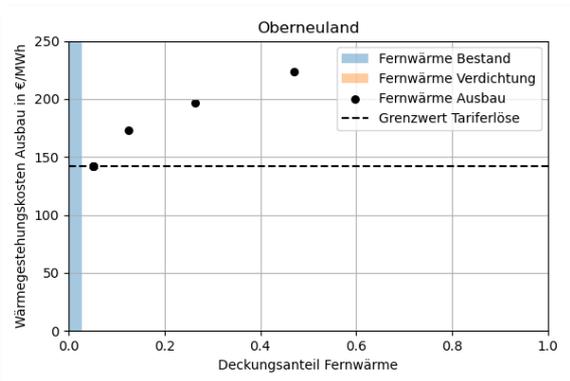
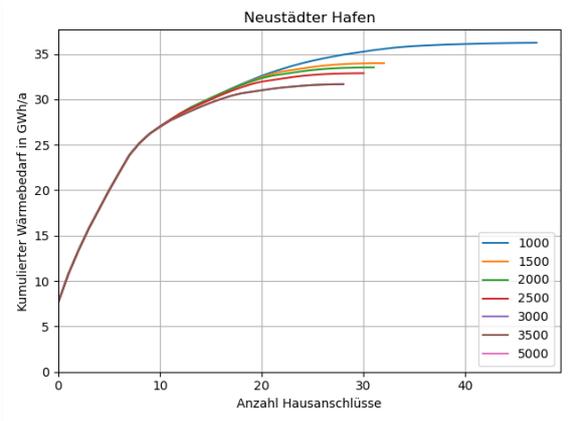
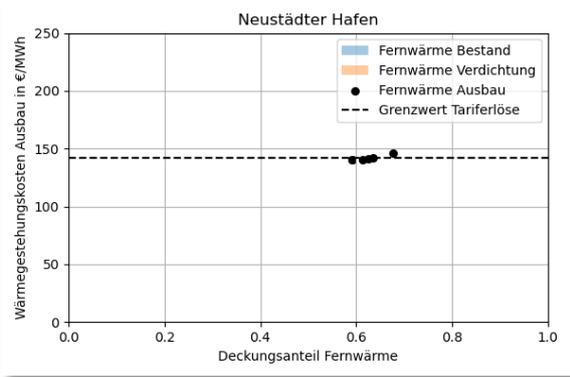
Keine Abbildung, da im Szenario nur ein Gebäude angeschlossen wird

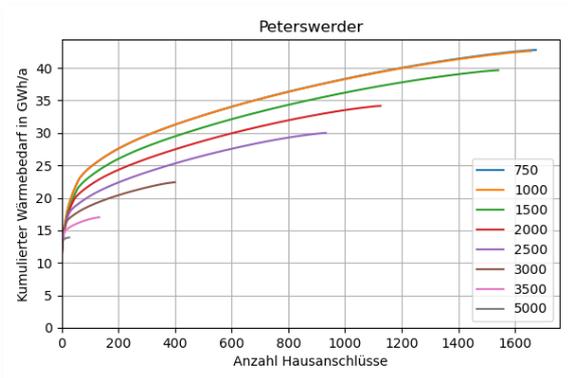
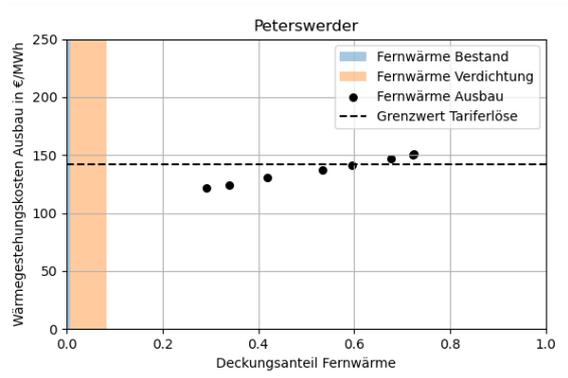
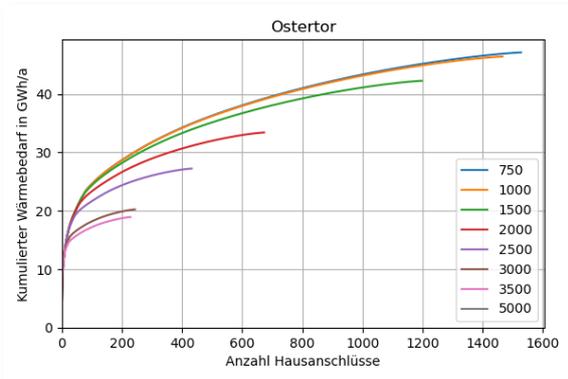
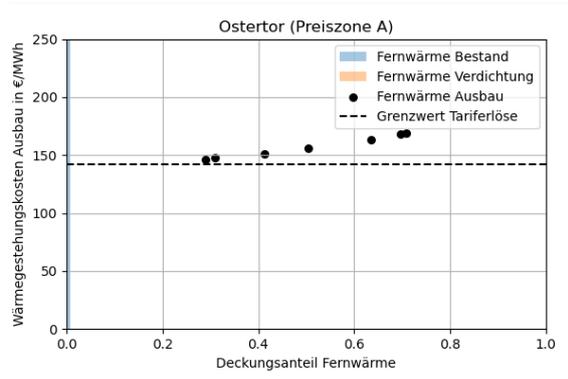
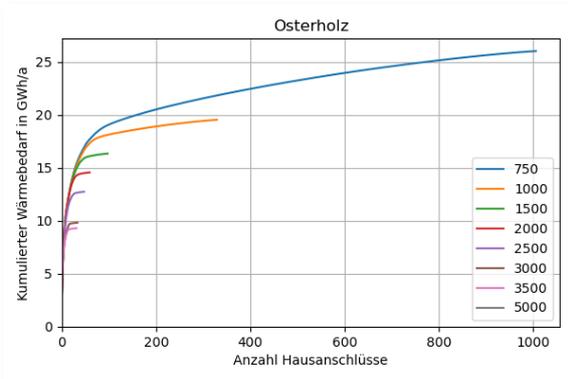
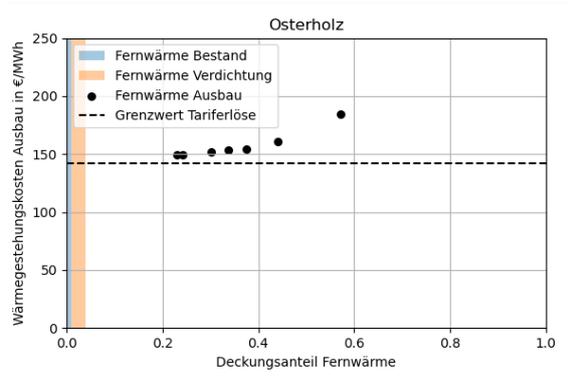
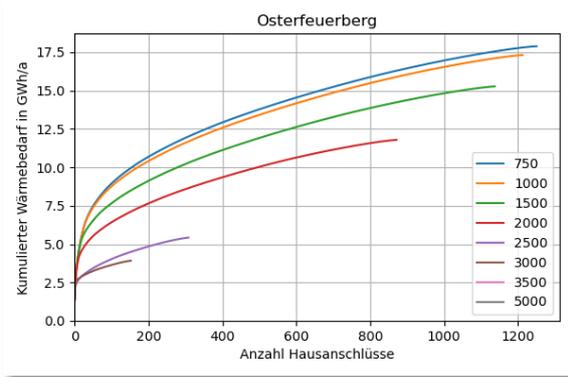
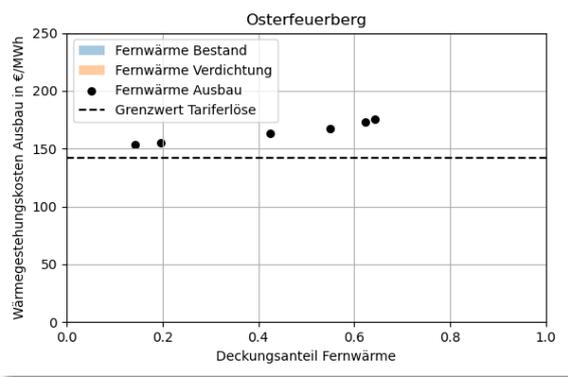


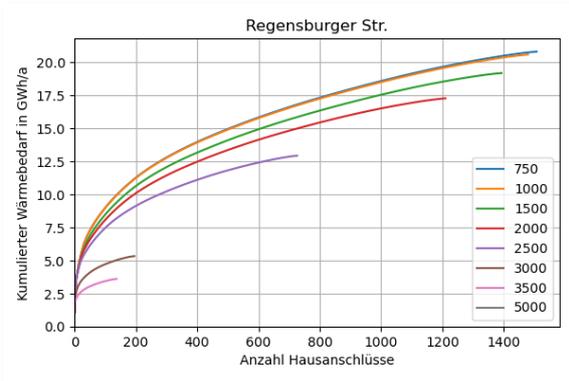
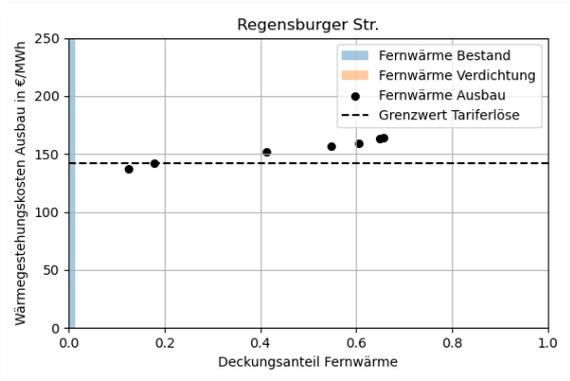
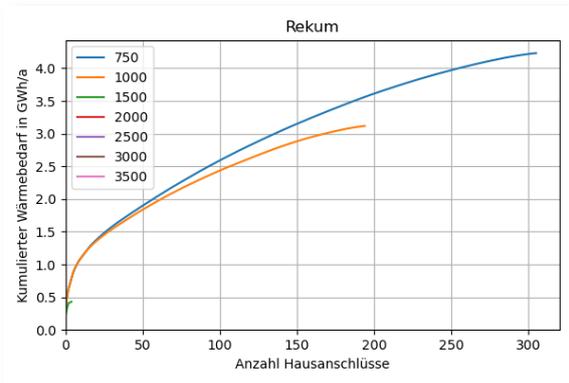
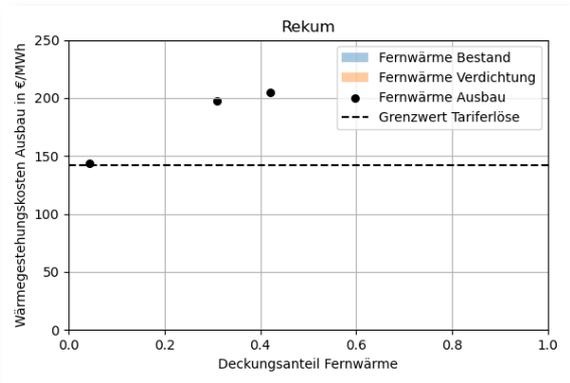
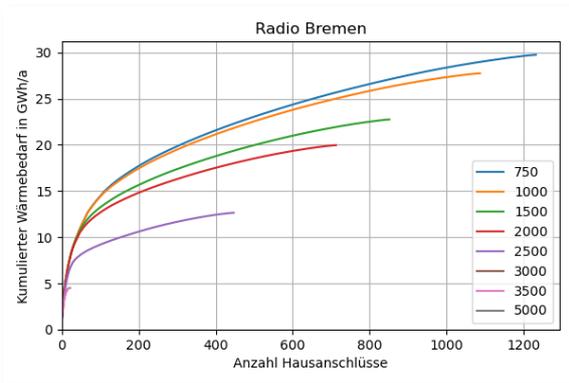
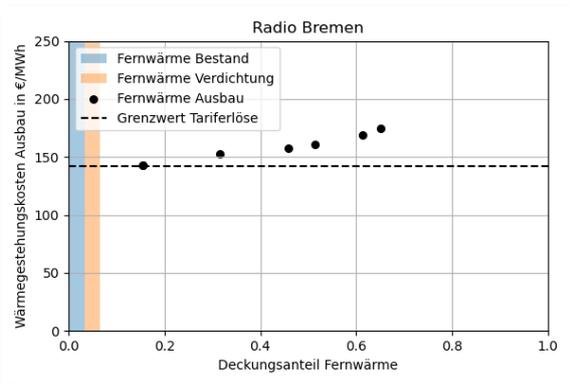
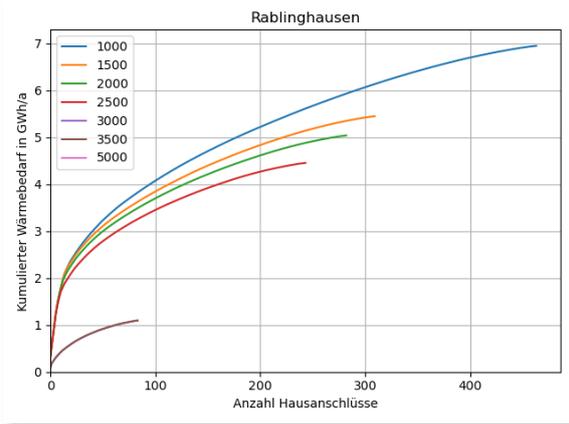
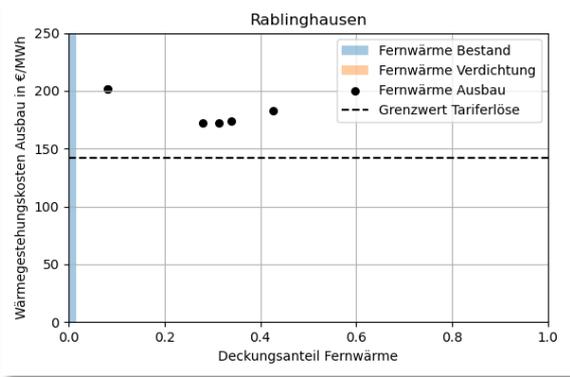
Keine Abbildung, da im Szenario nur ein Gebäude angeschlossen wird

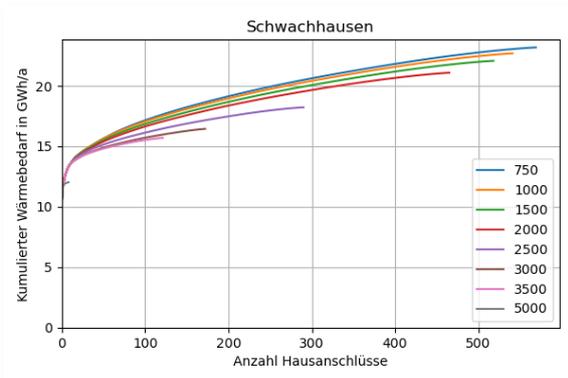
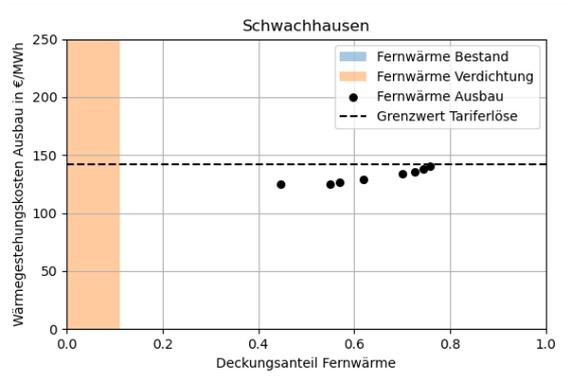
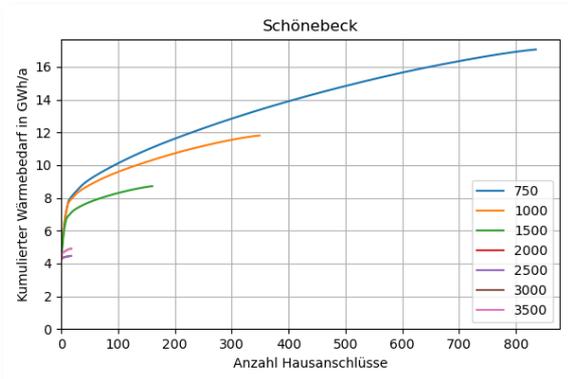
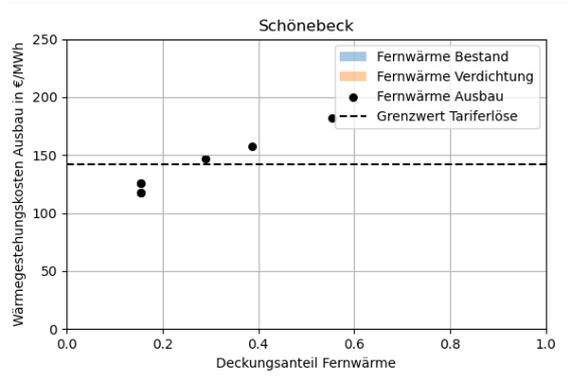
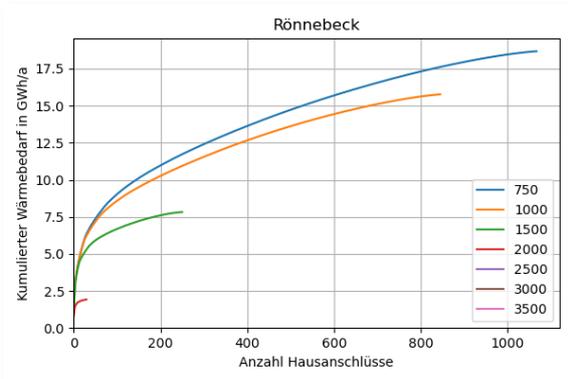
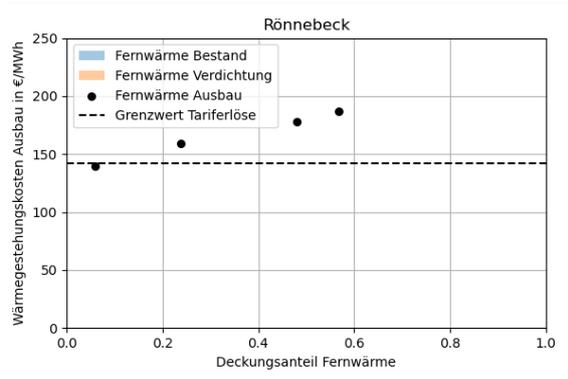
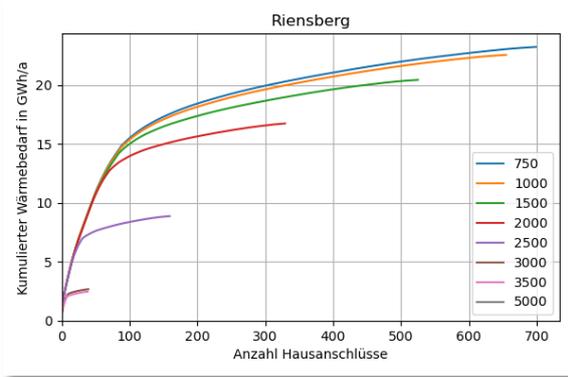
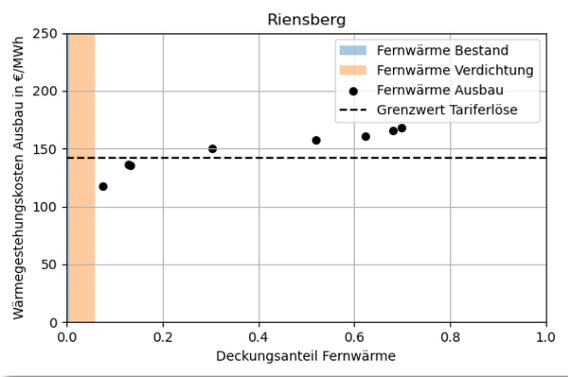


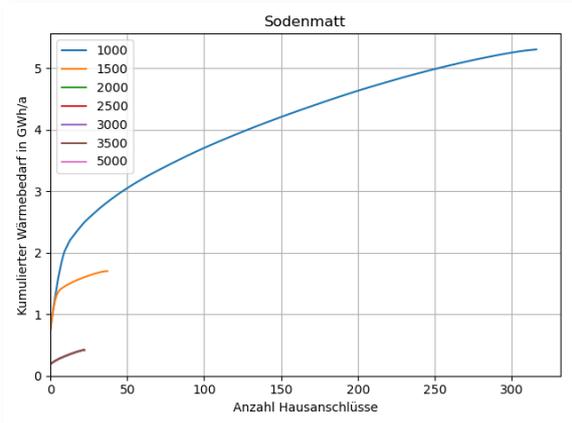
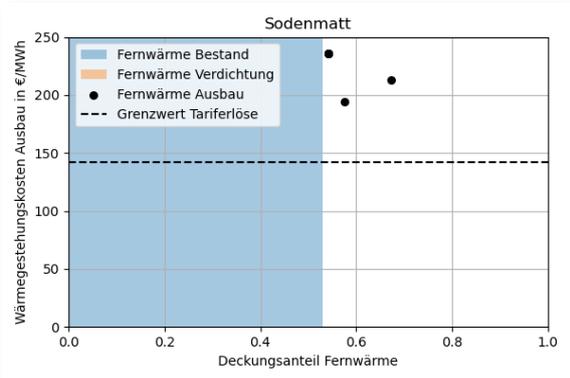
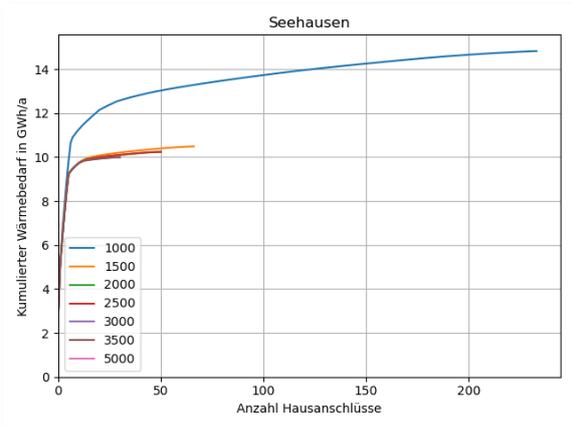
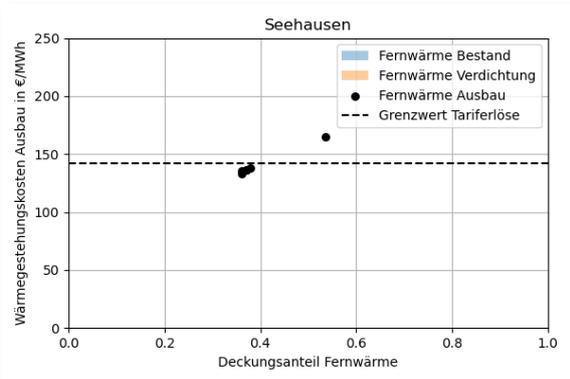
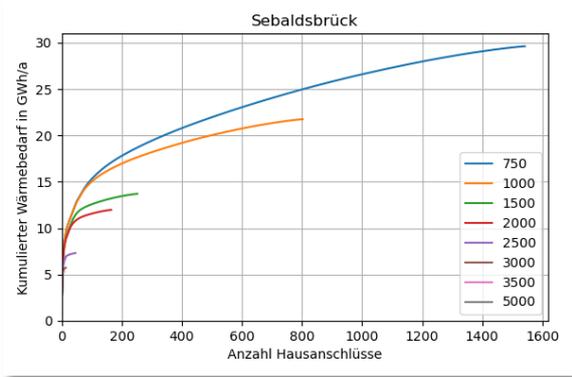
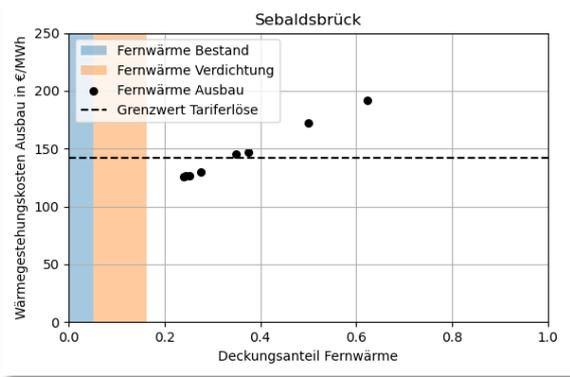


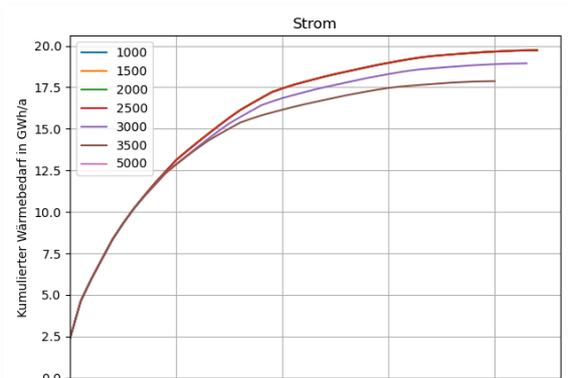
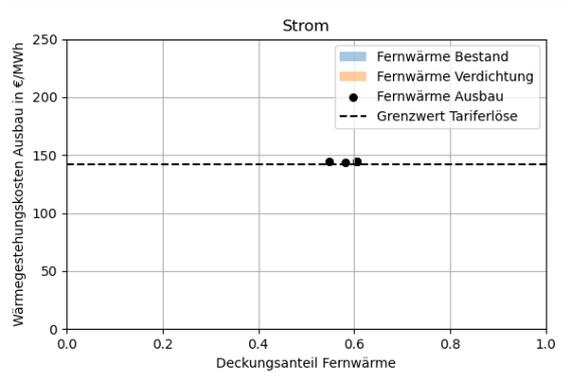
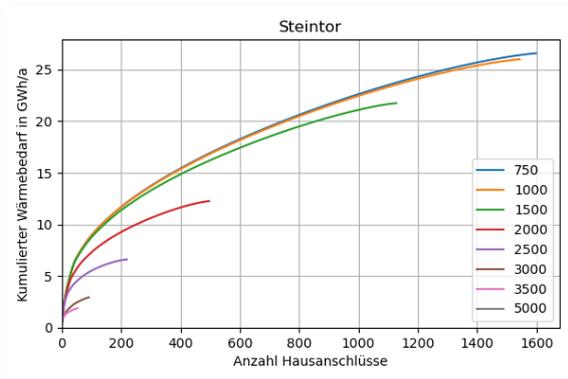
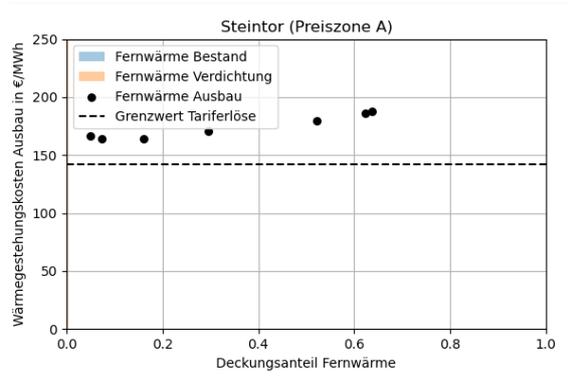
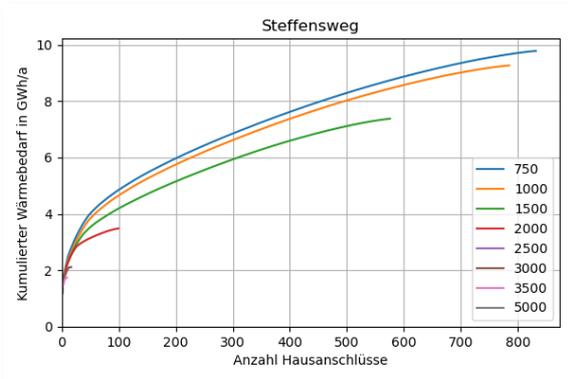
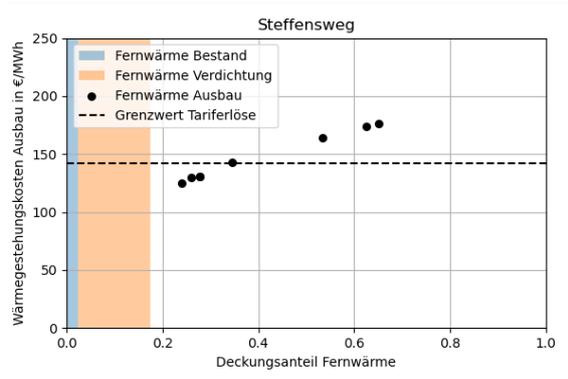
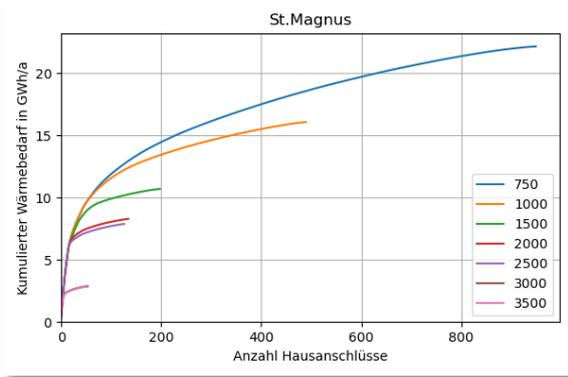
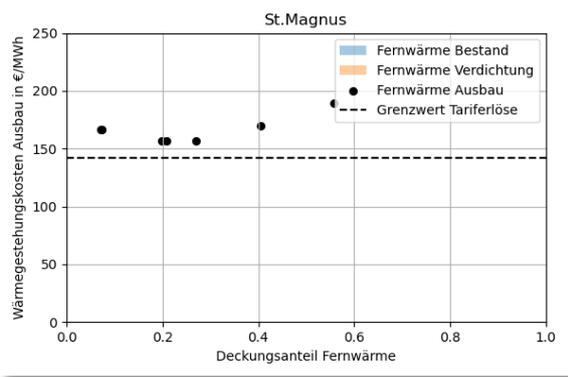


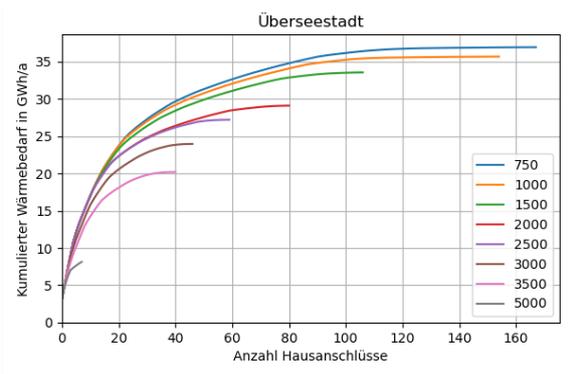
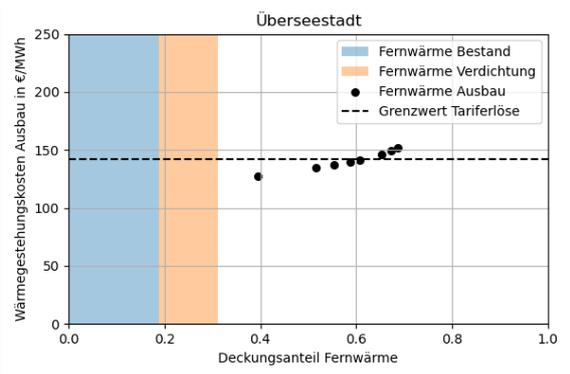
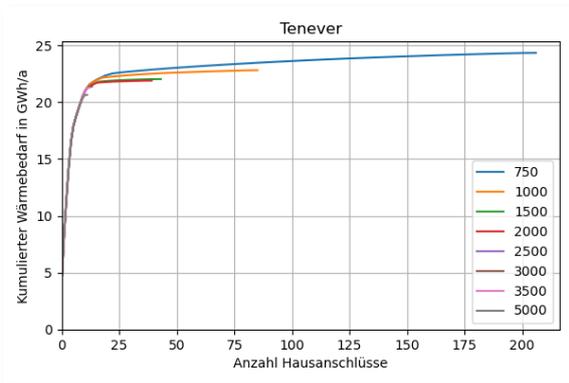
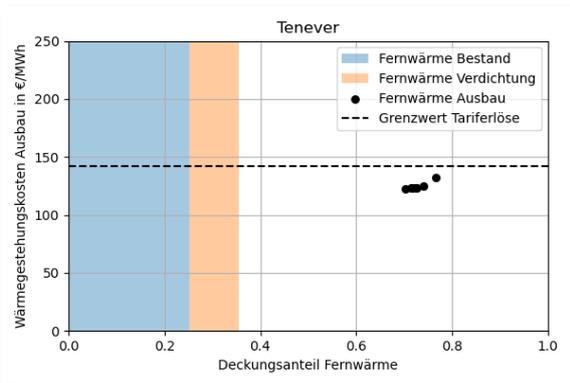
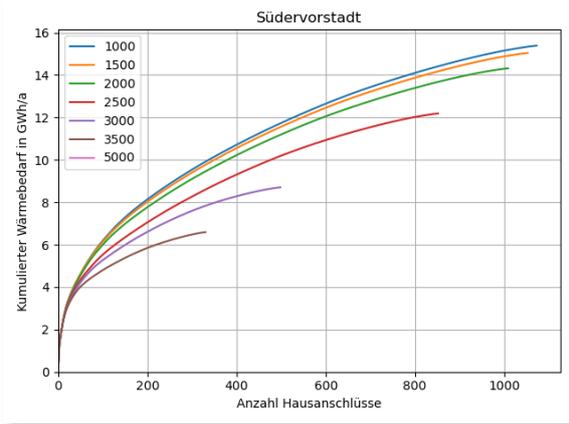
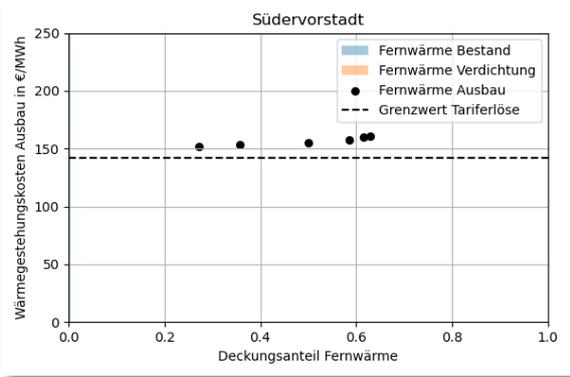


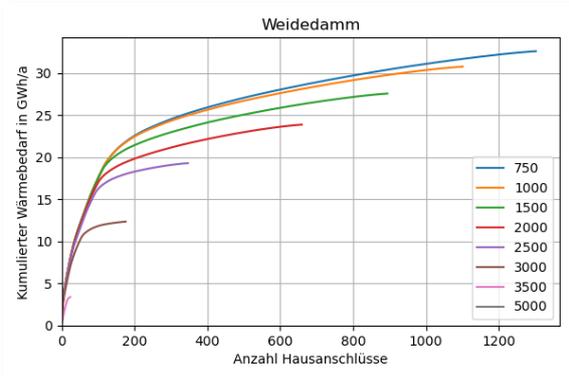
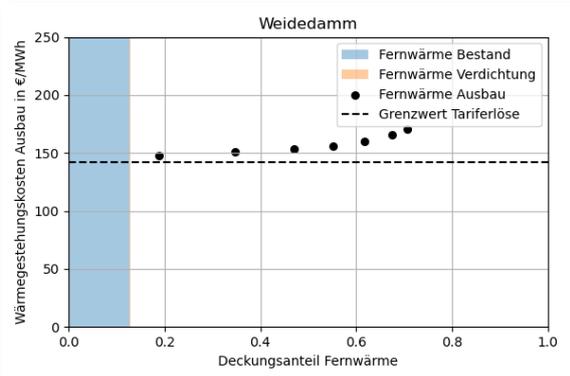
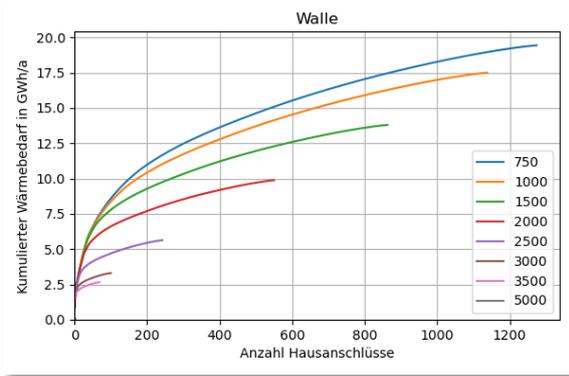
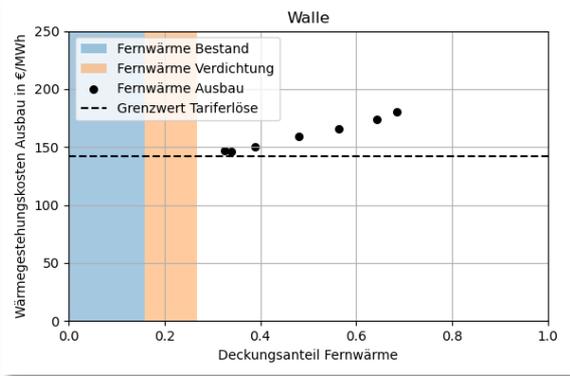
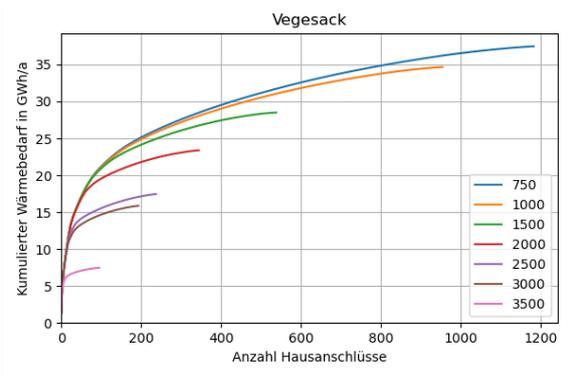
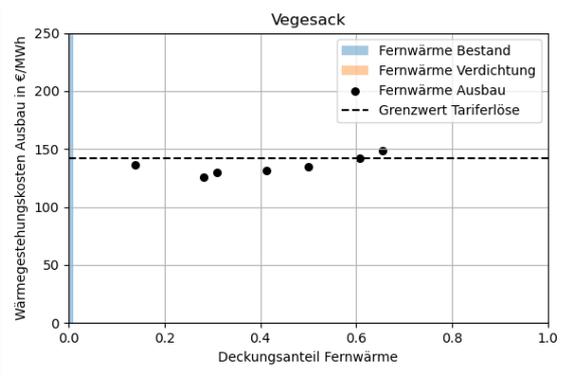
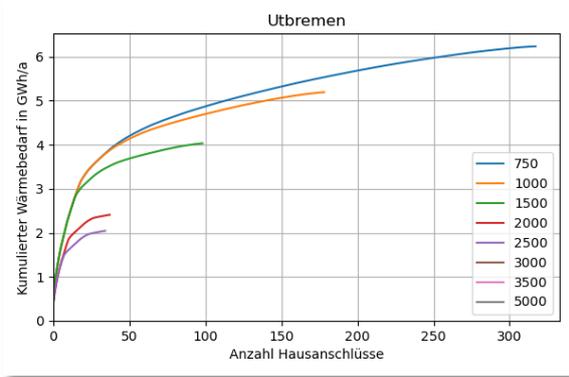
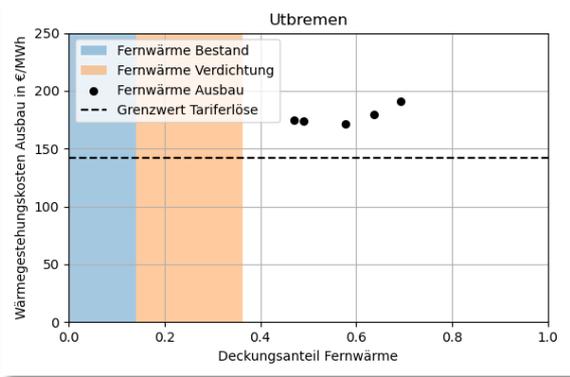






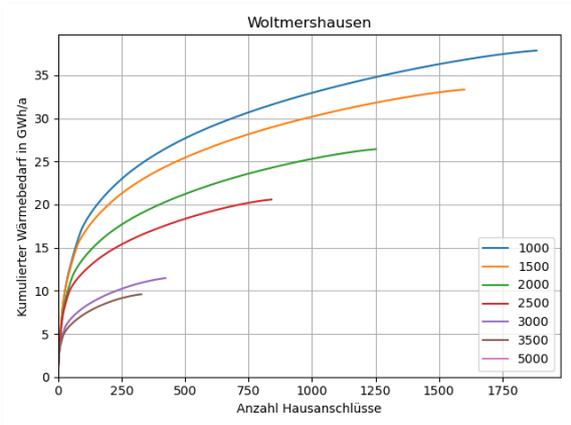
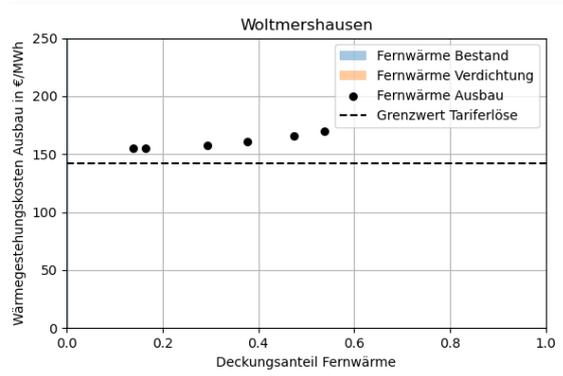
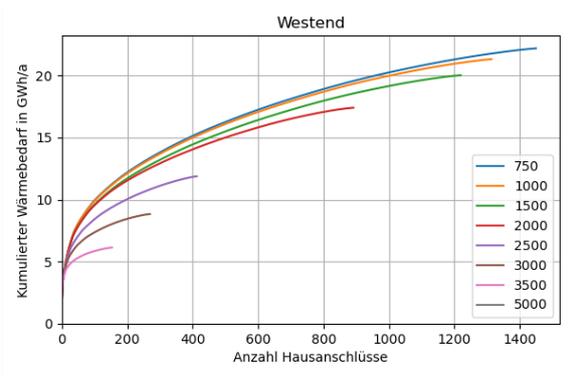
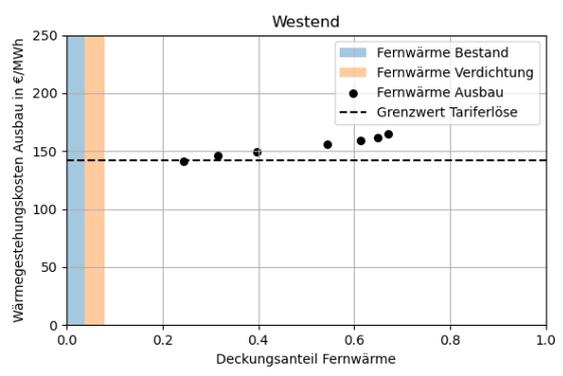






Werderland:

- Kein Bestand an Wärmenetzen
- Kein Ausbau als Ergebnis der Betrachtung (selbst bei 750 kWh/(m·a))



Entwurf des Wärmeplans
für die Stadtgemeinde Bremen
Abschlussbericht

Bearbeitet von:

Qoncept Energy GmbH
Universitätsplatz 12
34127 Kassel
www.qoncept-energy.de
info@qoncept-energy.de

Im Auftrag von:

Stadtgemeinde Bremen
Die Senatorin für Umwelt, Klima und Wissenschaft
Referat 41 (Wärmewende)
An der Reeperbahn 2
28217 Bremen

Kassel, August 2025