

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



NATIONALE
KLIMASCHUTZ
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

KOMMUNALE WÄRMEPLANUNG FÜR DIE GEMEINDE BÖNNINGSTEDT

Hamburg, 26.02.2026

Entwurf

Nico Jaeschke, Maja Overberg

INHALT

1	Rahmen und Ziel der Kommunalen Wärmeplanung	1
2	Bestandsanalyse	2
2.1	Stadtstruktur und Gebäude- und Siedlungstypen	3
2.2	Energie- und Treibhausgasbilanz	5
2.3	Energieinfrastruktur (Gas-, Strom- und Wärmenetze, Heizzentralen, Speicher)	7
2.4	Prozesswärme.....	11
3	Potenzialanalyse.....	12
3.1	Potenziale zur Energieeinsparung (für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme).....	13
3.2	Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmepotenziale.....	14
3.2.1	Solarthermie und Photovoltaik	14
3.2.2	Biomasse und Abfall	17
3.2.3	Oberflächennahe Geothermie.....	18
3.2.4	Tiefe Geothermie	21
3.2.5	Zentrale Umgebungsluft-Wärmepumpen.....	24
3.2.6	Dezentrale Umgebungsluft-Wärmepumpen	25
3.2.7	Grundwasser.....	28
3.2.8	Abwasser	28
3.2.9	Abwärme	28
3.2.10	Wärmenetze	29
3.2.11	Zusammenfassung Potenzialanalyse.....	30
4	Wirtschaftlichkeit.....	32
4.1	Energiepreisszenarien.....	32
4.2	Methodik und Annahmen	32
4.3	Ergebnisdarstellung Wirtschaftlichkeit	35
4.3.1	Referenzgebäude 1 – Einfamilienhaus 1964.....	36
4.3.2	Referenzgebäude 2 – Einfamilienhaus 2006.....	36
4.3.3	Referenzgebäude 3 – Reihenhaus 1994	37
4.3.4	Referenzgebäude 4 – Mehrfamilienhaus 1964.....	37
5	Zielszenario.....	38
5.1	Versorgungsvarianten	38

5.2	Methodischer Ansatz.....	40
5.2.1	Geringe Wärmegestehungskosten	40
5.2.2	Geringe Realisierungsrisiken und hohes Maß an Versorgungssicherheit.....	40
5.2.3	Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen	41
5.3	Auswertung und Interpretation der Bewertungsmatrix.....	41
5.4	Endenergie- und Treibhausgasbilanz	48
5.5	Gebietssteckbriefe für die voraussichtliche Wärmeversorgung	50
6	Wärmewendestrategie mit Maßnahmenkatalog	53
7	Monitoringkonzept	63
7.1	Einführung Monitoring	63
7.2	Zentrale Aspekte des Monitoringkonzeptes	63
7.3	Ausgestaltung des Monitoringkonzeptes	64
8	Ausblick.....	67
9	Abbildungsverzeichnis	68
10	Tabellenverzeichnis	70
11	Literaturverzeichnis.....	71

1 RAHMEN UND ZIEL DER KOMMUNALEN WÄRMEPLANUNG

Eine der zentralen Herausforderungen unserer Zeit ist die Umstellung des Energiesystems von fossilen Brennstoffen auf saubere, erneuerbare Energien. Im Energiewende- und Klimaschutzgesetz des Landes Schleswig-Holstein ist das langfristige Ziel der Klimaneutralität bis 2040 verankert. In privaten Haushalten werden über 90 % des Endenergiebedarfs für Wärmeanwendungen benötigt, welche überwiegend auf Erdgas basieren. Eine nachhaltige und zukunftsorientierte Wärmeversorgung ist geprägt von dem Nutzen lokaler Gegebenheiten, sodass sich die Wärmeversorgung innerhalb einer Kommune räumlich stärker differenzieren wird.

Dazu zählen u.a. die Umrüstung der bestehenden Wärmeerzeugungsanlage sowohl auf Seiten der Endverbraucher als auch bei den Netzbetreibern, die Umsetzung einer effizienten Gebäudesanierung und der Ausbau der Infrastruktur sowohl beim Stromnetz als auch bei den Wärmenetzen. Gemäß dem Zielbild muss dies in den nächsten 15 Jahren geschehen und dies unter der Berücksichtigung der sozialen Gerechtigkeit. In diesem Zusammenhang ist es umso wichtiger, dass mit der Wärmeplanung in Bönningstedt bereits **frühzeitig begonnen** wurde, womit genau diese Herausforderungen in Angriff genommen werden.

Die kommunale Wärmeplanung gliedert sich dafür als ein technologieoffener, langfristiger und strategischer Prozess ein, mittels dessen die zukünftige Wärmeversorgung konstruiert wird. Das Ziel ist die Einteilung des Gemeindegebiets von Bönningstedt in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete (z.B. Wärmenetz oder dezentrale Versorgung), wodurch Orientierungshilfen für Bürger:innen, Unternehmen und der Gemeinde geschaffen werden.

Zu berücksichtigen gilt dabei, dass die kommunale Wärmeplanung als ein strategisches Planungsinstrument fungiert, weshalb die Ergebnisse rechtlich unverbindlich sind. Durch die Einteilung des Gemeindegebietes in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete kann nicht garantiert werden, dass diese in der Zukunft exakt eintreffen werden. Obwohl die Ergebnisse der Wärmeplanung unverbindlich sind, ist die Wärmeplanung ein essenzieller Grundpfeiler für das Gelingen der Wärmewende in Bönningstedt. Resultierend ist die Wärmeplanung als **Startschuss der Wärmewende** zu interpretieren und dient als Orientierungshilfe für einen anvisierten Zielhorizont.

Die Wärmeplanung besteht aus vier wesentlichen Arbeitsschritten. Beginnend mit der **Bestandsanalyse**, bei der die aktuelle Wärmeversorgung sowie der Gebäudebestand in der Gemeinde Bönningstedt detailliert dargestellt wird. Darauf folgt die **Potenzialanalyse** mit der Kernfrage, wo und wie die erneuerbare Wärme erzeugt werden kann. Auf Basis der Bestands- und Potenzialanalyse wird ein **Zielszenario** für die zukünftige Wärmeversorgung ermittelt. Dafür wird das beplante Gebiet in Teilgebiete eingeteilt und in voraussichtliche Wärmeversorgungsvarianten kategorisiert. Abgeschlossen wird die Wärmeplanung durch ein **Strategie- und Maßnahmenkatalog** sowie einem **Monitoring und Controlling-Konzept**, damit die Ergebnisse der Wärmeplanung in die Tat umgesetzt werden.

Die kommunale Wärmeplanung orientiert sich am Wärmeplanungsgesetz, das seit dem 1. Januar 2024 in Kraft und eng mit dem Gebäudeenergiegesetz verzahnt ist. Durch Fördermaßnahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative wird die Wärmeplanung ergänzt.

2 BESTANDSANALYSE

Die Gemeinde Bönningstedt liegt im südlichen Schleswig-Holstein im Kreis Pinneberg, direkt angrenzend an Hamburg. Auf einer Fläche von 1.250 Hektar leben 4.545 Einwohner:innen (Stand: 2023). Neben dem Ortskern von Bönningstedt zählen die Ortsteile Winzeldorf und Rugenbergen zur Gemeinde. Seit 2013 wird die Gemeinde durch die Stadt Quickborn verwaltet. Im Norden grenzt die Gemeinde Bönningstedt an die Gemeinde Hasloh. Im Osten grenzt die Gemeinde an das Gemeindegebiet Norderstedts, im Westen an Ellerbek und im Nordwesten an Tangstedt. Südlich angrenzend ist die Freie und Hansestadt Hamburg. Das Gemeindebild ist geprägt von vielen vegetativen Flächen und von Wohnbauten entlang der Bundesstraße „Kieler Straße“.

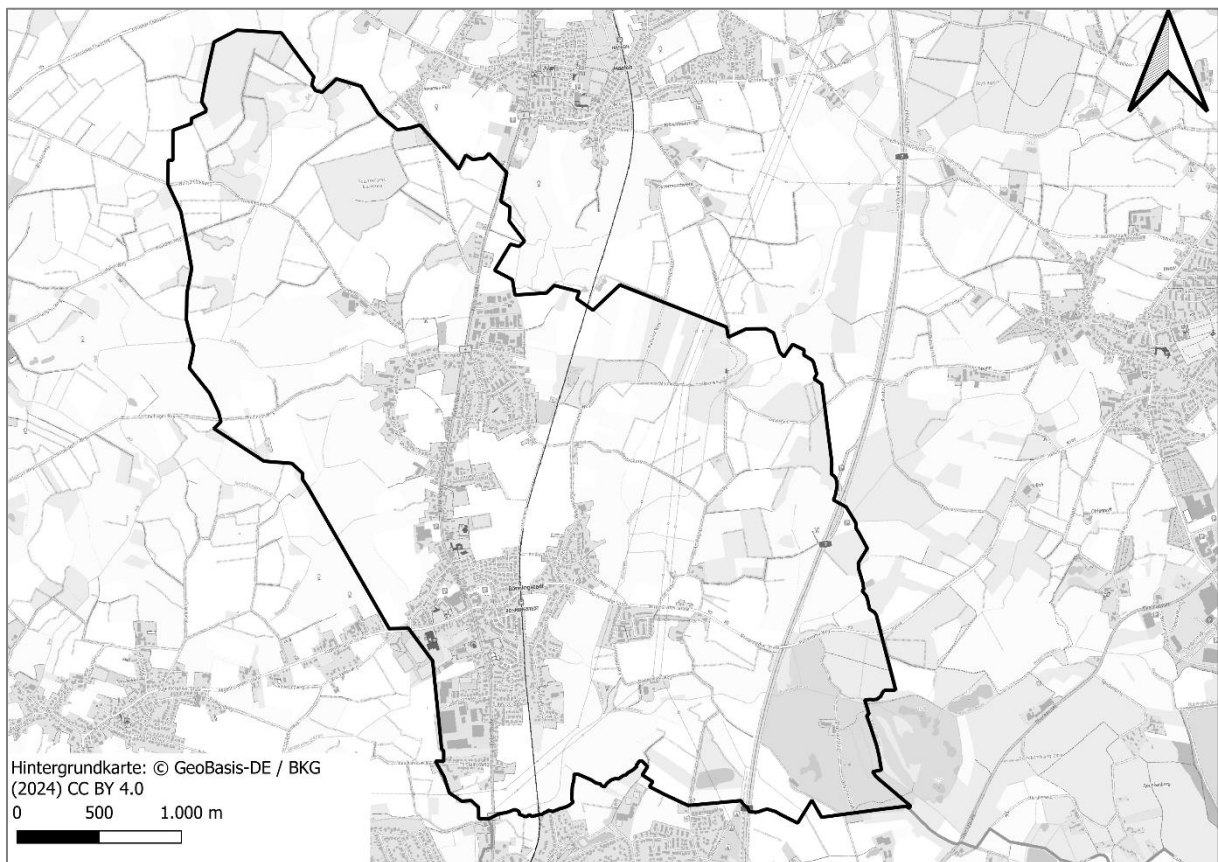


Abbildung 2-1: Verwaltungsgrenze Bönningstedt

2.1 Stadtstruktur und Gebäude- und Siedlungstypen

Abbildung 2-2 zeigt die Baualtersklassen innerhalb der Gemeinde Bönningstedt auf Ebene der Baublöcke. Die zugrunde liegenden Daten stammen aus dem Zensus 2022, welche aus Datenschutzgründen in einem Raster von 100 x 100 Metern aggregiert vorliegen. Die in Abbildung 2-2 gezeigte Darstellung dient daher primär der räumlichen Orientierung und erlaubt keine exakte Zuordnung einzelner Gebäude. Diese methodisch bedingte Ungenauigkeit hat jedoch keinen Einfluss auf die weitere Analyse, da diese maßgeblich auf den tatsächlichen Verbrauchsdaten der jeweiligen Netzbetreiber basiert.

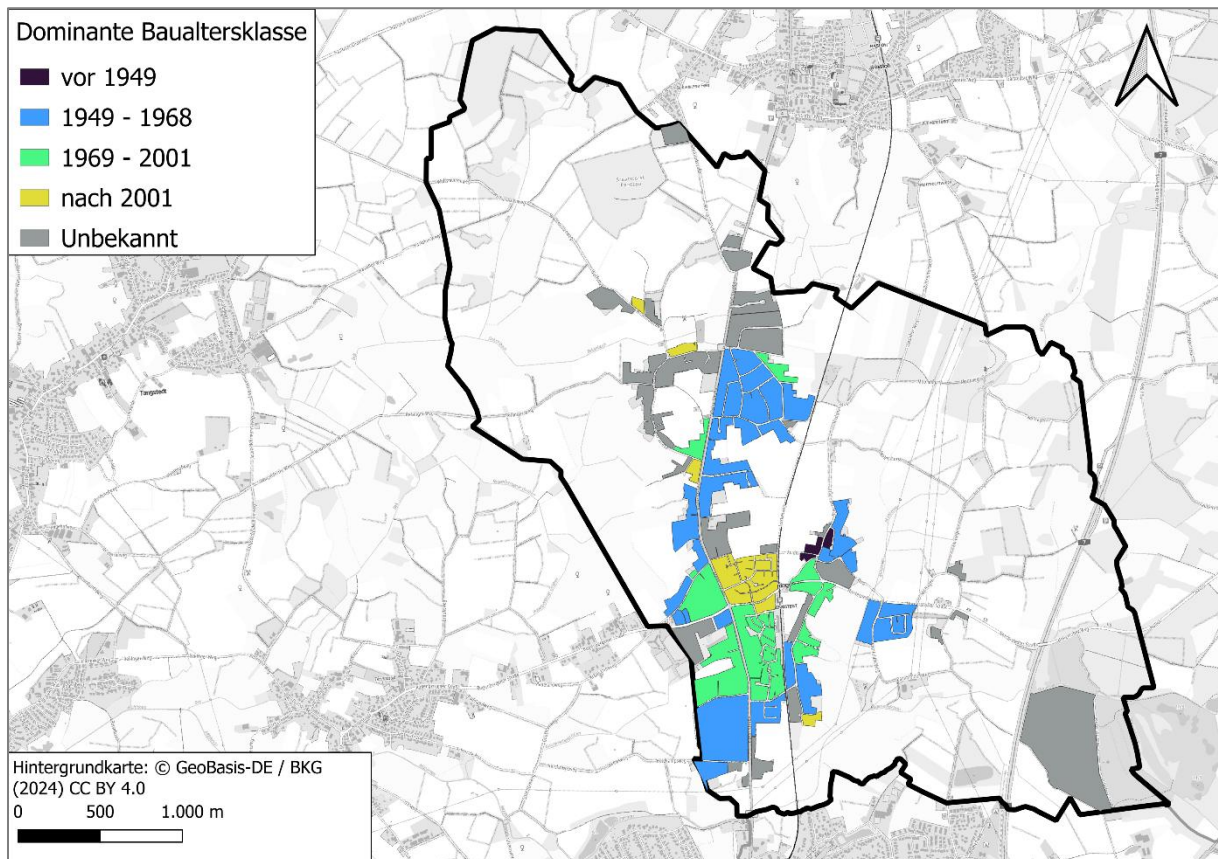


Abbildung 2-2: Darstellung der dominierenden Baualtersklasse auf Baublockebene in Bönningstedt

Abbildung 2-3 veranschaulicht die dominierenden Sektoren auf Baublockebene innerhalb der Gemeinde Bönningstedt. Dabei wird deutlich, dass der überwiegende Teil der Gebäude dem Sektor „Private Haushalte“ zugeordnet werden kann.

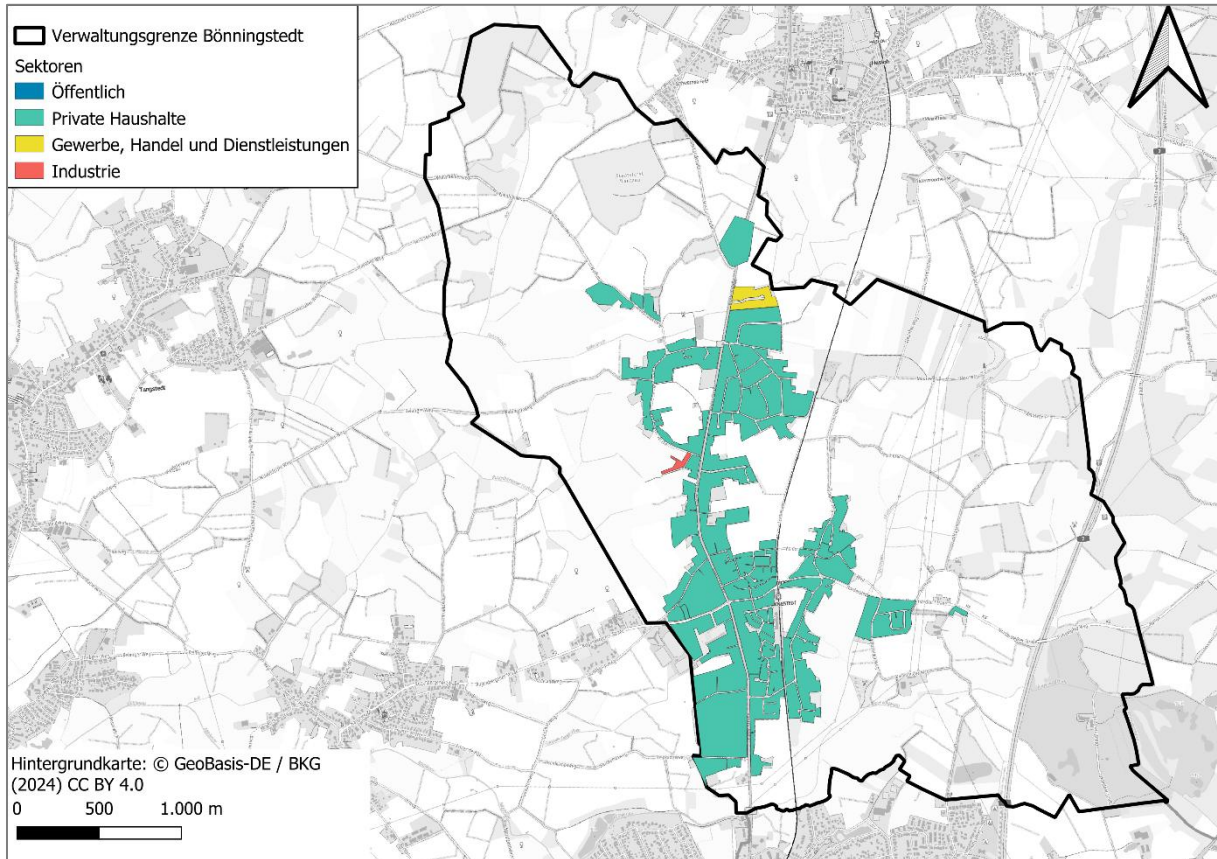


Abbildung 2-3: Darstellung des dominierenden Sektors auf Baublockebene in Bönningstedt

2.2 Energie- und Treibhausgasbilanz

Die Energie- und Treibhausgasbilanz wurde mit realen Verbrauchsdaten aus dem Mittelwert der Jahre 2022, 2023 und 2024 ermittelt. Für nicht-leitungsgebundene Gebäude wurden Abschätzungen auf Basis der Baualterklasse und Gebäudegröße getroffen. In Abbildung 2-4 ist der jährliche Endenergieverbrauch nach Sektor und Energieträger dargestellt. Der Endenergieverbrauch wird auf 39 GWh/a summiert. Den größten Anteil am Endenergieverbrauch haben die privaten Haushalte, die zum größten Teil mit Erdgas versorgt werden.

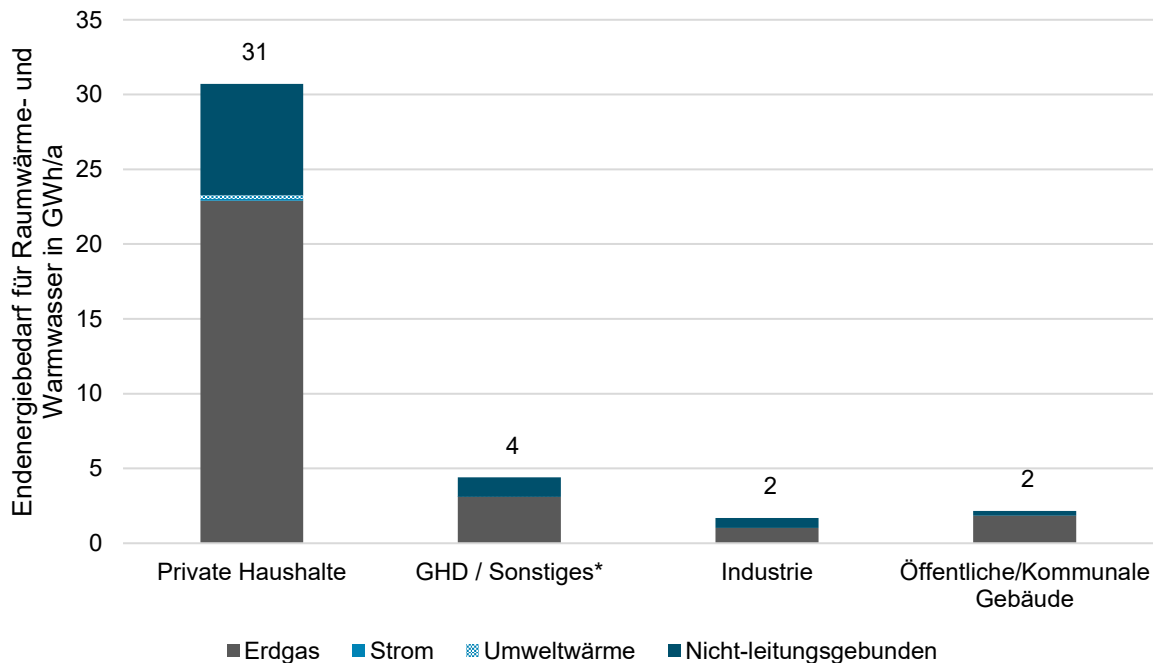


Abbildung 2-4: Endenergieverbrauch der verschiedenen Sektoren nach Energieträger in Bönningstedt (GHD: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen)

In Abbildung 2-5 sind die jährlichen Emissionen dargestellt. Die Verteilung der Emissionen ergibt ein sehr ähnliches Bild zu dem der Energieträger: Private Haushalte haben den größten Anteil und die Verbrennung von Erdgas führt zum größten Anteil an den Emissionen. In Summe werden 8.599 t CO₂äq/a durch den Endenergieverbrauch emittiert.

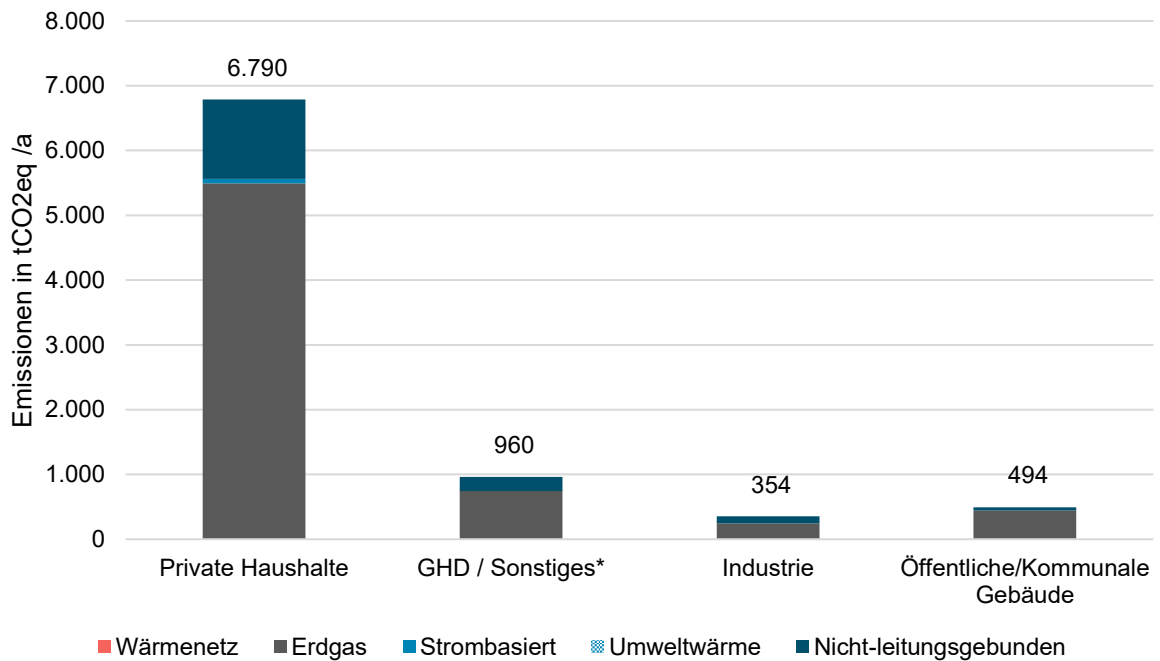


Abbildung 2-5: Emissionen der verschiedenen Sektoren nach Energieträger in Bönningstedt (GHD: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen)

2.3 Energieinfrastruktur (Gas-, Strom- und Wärmenetze, Heizzentralen, Speicher)

Aus datenschutzrechtlichen Gründen dürfen nur Baublöcke gezeigt werden, die mindestens fünf beheizte Gebäude enthalten. In Abbildung 2-6 ist die Wärmebedarfsdichte, also der Wärmebedarf pro Hektar, dargestellt.

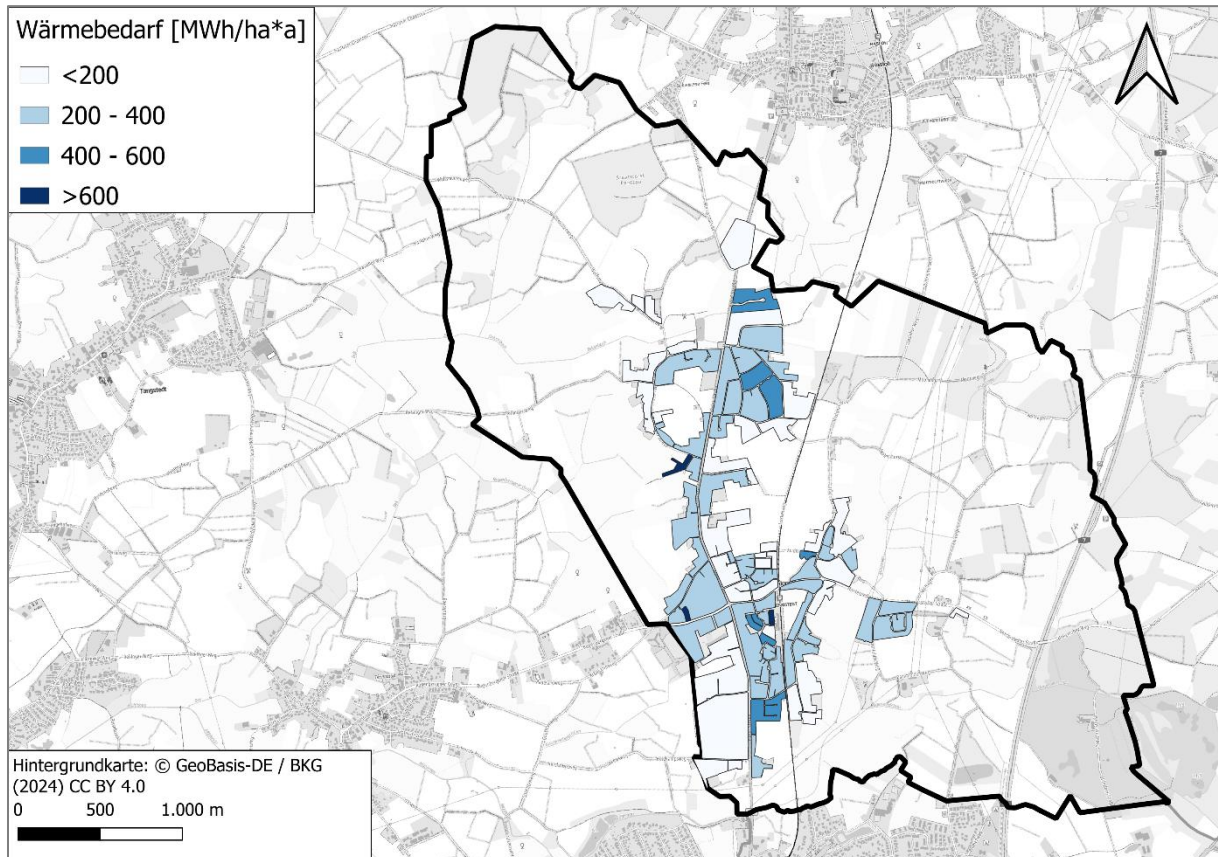


Abbildung 2-6: Kartografische Darstellung der Wärmebedarfsdichte auf Baublöckeebene in Bönningstedt

Die Wärmelinien-dichte stellt einen zentralen Indikator für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes dar. Je höher die abgegebene Wärmemenge pro Leitungsmeter, desto effizienter lassen sich die Fixkosten auf die versorgten Einheiten verteilen. Dies ermöglicht eine kostengünstigere Bereitstellung der Wärme und verbessert somit die wirtschaftliche Tragfähigkeit des Netzes erheblich.

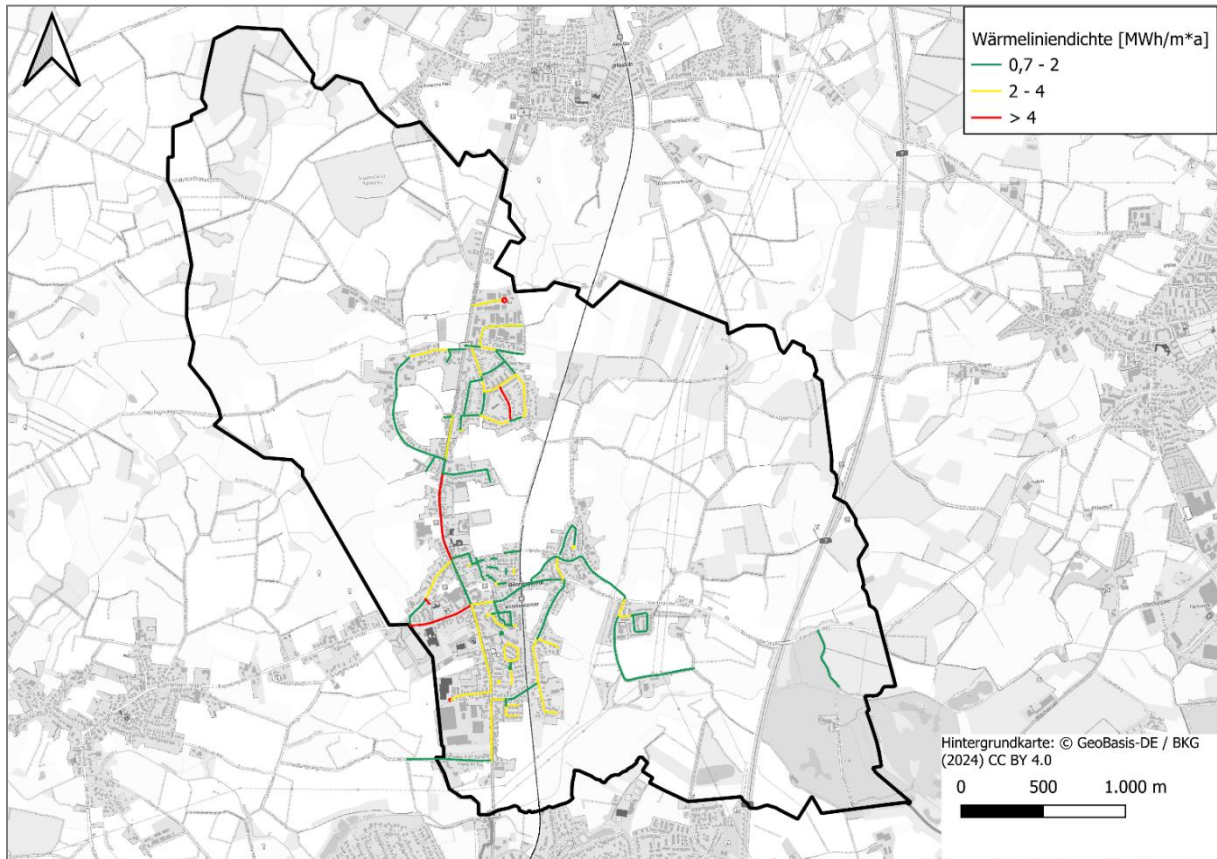


Abbildung 2-7: Kartografische Darstellung der Wärmelinien-dichten in Bönningstedt

In Abbildung 2-8 ist der jeweils dominierende Heizungsträger auf Baublockebene dargestellt, bezogen auf die Anzahl der versorgten Gebäude. Nahezu alle Baublöcke weisen Erdgas als den dominanten Energieträger auf.

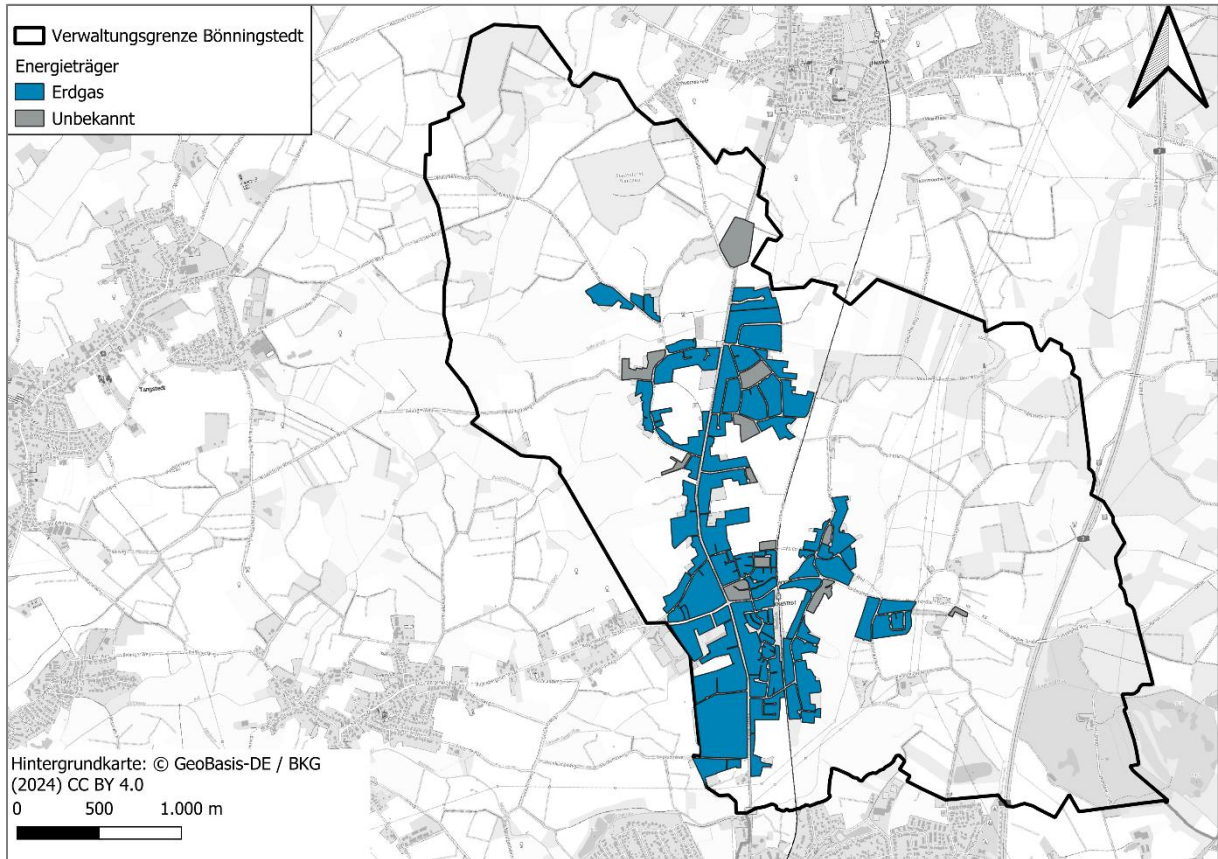


Abbildung 2-8: Kartografische Darstellung der Hauptenergieträger baublockbezogen in Bönningstedt

Das Gasverteilnetz hat eine Trassenlänge von ca. 44.000 m und ist in Abbildung 2-9 dargestellt. An dem Netz sind 1.092 SLP-Anschlüsse und keine RLM-Anschlüsse angeschlossen. Die Anschlussart unterscheidet sich grundlegend in der Art, wie der Gasverbrauch erfasst und abgerechnet wird. SLP-Anschlüsse werden typischerweise bei privaten Haushalten und kleinen Gewerbebetrieben eingesetzt. Die Verbrauchsabrechnung erfolgt auf Basis eines Standardlastprofils (SLP), das den Verbrauchsverlauf über das Jahr abbildet. Die tatsächliche Messung erfolgt einmal jährlich und der zeitliche Verbrauchsverlauf wird prognostiziert. RLM-Anschlüsse werden bei Großverbrauchern eingesetzt. Hier wird der Gasverbrauch kontinuierlich in kurzen Zeitintervallen erfasst und übermittelt. Dadurch erfolgt die Abrechnung auf Basis der real gemessenen Verbrauchswerte.

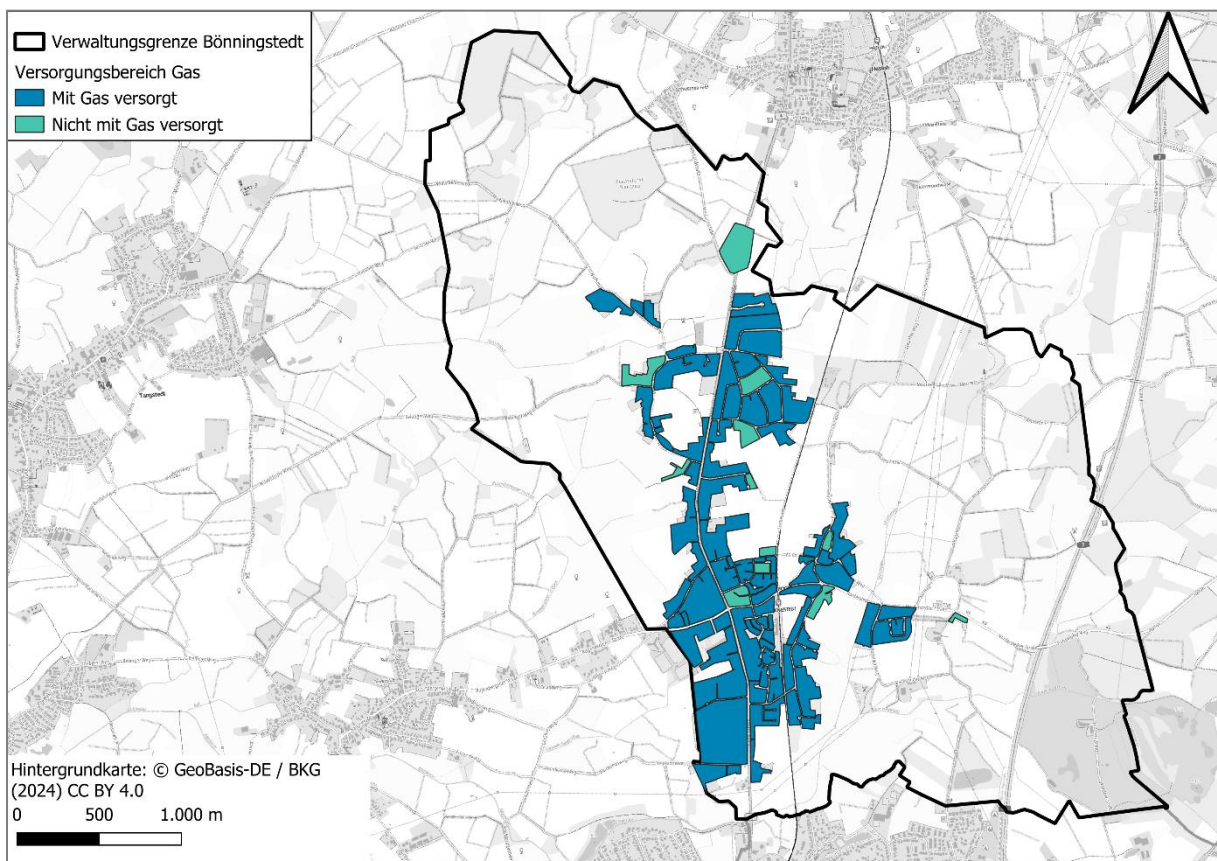


Abbildung 2-9: Versorgungsbereich der Gasnetze / Lage des Gasnetzes in Bönningstedt

2.4 Prozesswärme

Prozesswärme wird immer dort benötigt, wo die Herstellung, Weiterverarbeitung und Veredelung von Rohstoffen stattfindet. Üblicherweise wird diese Wärme auf einem deutlich höheren Temperaturniveau genutzt als in Haushalten. Bei Hochtemperaturprozessen sind es bis zu 1.500 °C, bei Mitteltemperaturprozessen bis 1.000 °C und bei der Niedertemperatur bis 500 °C.

Da keine RLM-Anschlüsse in Bönningstedt vorhanden sind und die Plattform für Abwärme keine Einträge anzeigt, ist davon auszugehen, dass keine größeren Prozesswärmeverbräuche vorliegen.

3 POTENZIALANALYSE

Bei der Potenzialanalyse wird untersucht, wo die Wärme in Bönningstedt in Zukunft herkommen kann. Es wird die obere Potenzialgrenze untersucht. Die Potenziale können in dezentral und zentral eingeteilt werden. Bei den dezentralen Potenzialen wird die Wärme direkt am Gebäude selbst erzeugt. Hingegen wird bei der zentralen Erzeugung die Wärme an einem zentralen Punkt erzeugt und über Wärmenetze zum Gebäude geleitet. In Tabelle 3-1 sind die in der Wärmeplanung betrachteten Potenziale aufgeführt.

Tabelle 3-1: Betrachtete Potenziale innerhalb der Potenzialanalyse

Dezentral	Zentral
Gebäudeenergieeffizienz	Abwasserkanäle
Umgebungsluft	Tiefe Geothermie
Solarthermie (Aufdach)	Industrielle Abwärme
Photovoltaik (Aufdach)	Solarthermie (Freifläche)
Oberflächennahe Geothermie	
Wärmenetze	
Zentral und Dezentral	
Biomasse und Abfall	
Grundwasser	
Umgebungsluft	
Wasserstoff	

3.1 Potenziale zur Energieeinsparung (für Raumwärme, Warmwasser und Prozesswärme)

Es wird davon ausgegangen, dass Bönningstedt keine außergewöhnlichen Potenziale zur Senkung des Wärmebedarfs hat (z.B. in Form einer überdurchschnittlich hohen Sanierungsquote). Nach Agora-Energiewende beträgt eine moderate Sanierungsrate in Deutschland zirka 1,6 %/a, um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 zu erreichen (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut, 2021). Die „Sanierungsstudie 2024“ von B+L Marktdaten zeigt hingegen, dass die Sanierungsquote 2023 bei 0,7 %/a liegt und für 2024 wird eine Sanierungsquote von 0,69 %/a prognostiziert (B+L Marktdaten GmbH, 2024). Die realen Sanierungsquoten liegen damit deutlich unterhalb der Sanierungsquoten nach Agora-Energiewende. Für die Wärmeplanung wird eine realistische, aber ambitionierte Sanierungsquote von 1,25 %/a verwendet. Diese Sanierungsquote setzt voraus, dass Maßnahmen aus der Wärmeplanung (z.B. serielle Sanierung) dazu beitragen, die Sanierungsquote zu erhöhen. Die Sanierungstiefe wird entsprechend der Annahmen in Abbildung 3-1 angenommen.

Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	Öffentlich	Einfamilienhaus	Mehrfamilienhaus	Sonstige Nichtwohngebäude	Industrie
vor 1949	vor 1949	vor 1949	vor 1949	vor 1949	vor 1949
84 %	84 %	60 %	63 %	67 %	59 %
1949-1968	1949-1968	1949-1968	1949-1968	1949-1968	1949-1968
84 %	84 %	70 %	74 %	72 %	59 %
1969-2001	1969-2001	1969-2001	1969-2001	1969-2001	1969-2001
85 %	85 %	68 %	68 %	71 %	62 %
nach 2001	nach 2001	nach 2001	nach 2001	nach 2001	nach 2001
93 %	93 %	97 %	92 %	68 %	86 %
Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt
87 %	87 %	74 %	74 %	75 %	66 %

Abbildung 3-1: Annahmen der Sanierungstiefen über Gebäudeklassen (Die Prozentzahl gibt an, auf welches Niveau saniert werden kann. Beispiel: 84 % bedeuten eine Reduktion des Wärmebedarfs um 16 %.)

Unter den getroffenen Annahmen reduziert sich der Bedarf bis zum Jahr 2030 auf 35 GWh/a und bis zum Jahr 2040 auf 33 GWh/a. Dies entspricht einer Gesamtreduzierung aus dem IST-Zustand um bis zu 10,8 %.

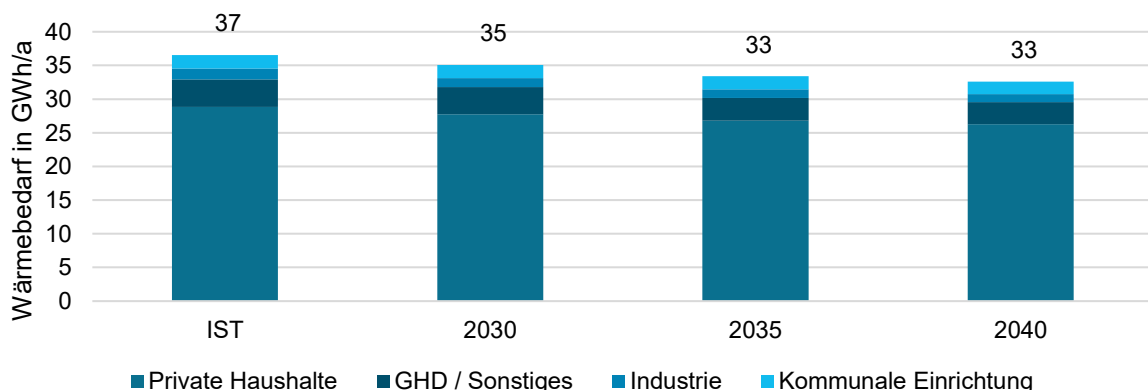


Abbildung 3-2: Raumwärmebedarfe für die betrachteten Stützjahre bis 2040

Um die Sanierung fokussiert unterstützen zu können, ist es wichtig zu wissen in welchen Bereichen besonders viel Potenzial für die energetische Modernisierung gehoben werden könnte.

3.2 Potenziale erneuerbare Energien und Abwärmepotenziale

3.2.1 Solarthermie und Photovoltaik

Freiflächen-Solarthermie

Solarthermische Anlagen sind ein wichtiger Baustein der Wärmewende. Bislang sind in Deutschland nur rund 60 solarthermische Großanlagen mit zusammen 170.000 m² Kollektorfläche installiert, die mit einer Leistung von insgesamt 120 MW jährlich rund 72 GWh Wärme produzieren. Der Anteil von Solarthermie an der Wärmeerzeugung in Deutschland liegt bei unter einem Prozent.

Solarthermietechnologien lassen sich in konzentrierende (CSP, concentrating solar power) und nicht-konzentrierende Kollektoren aufteilen. Nicht konzentrierende Kollektoren nutzen sowohl diffuse als auch direkte solare Strahlung und werden nicht nachgeführt (die Ausrichtung dem täglichen Verlauf der Sonne angepasst), während CSP-Kollektoren nur direkte Strahlung nutzen und nachgeführt werden müssen, um optimale Wirkungsgrade zu erzielen. Flachkollektoren und Vakuumröhrenkollektoren sind nicht-konzentrierende Kollektorarten. Parabolrinnen gehören zu den konzentrierenden Solarkollektoren. Der Fokus der hier durchgeführten Analyse liegt auf nicht-konzentrierenden Kollektoren. Parabolrinnen können sehr hohe Arbeitstemperaturen von bis zu 550 °C bei Direktverdampfung erreichen. In nördlichen Breitengraden mit relativ geringer Direktstrahlung wie Bönningstedt sind jedoch Temperaturen von bis zu 250°C realistisch. Erfahrungswerte zeigen, dass Parabolrinnenkollektoren erst ab Temperaturen über 100°C geeignet sein können.

Flachkollektoren (FK) bestehen aus dem Absorber, dem Kollektorgehäuse, einer Glasabdeckung und einer Wärmedämmung. Das Absorberblech wandelt die Einstrahlung in Wärme um. Eine Beschichtung sorgt dafür, dass möglichst viel Wärme aufgenommen (hohes Absorptionsvermögen) und möglichst wenig Wärme abgestrahlt wird (geringer Emissionsgrad). Die Wärmedämmung auf der Rückseite und den Seitenflächen des Gehäuses verringern die Abstrahlverluste. Vorteile von Flachkollektoren liegen in der einfacheren und wenig störanfälligen Technik und den im Vergleich zu Vakuumröhrenkollektoren niedrigeren Investitionskosten. Der Nachteil von Flachkollektoren im Vergleich zu Vakuumröhrenkollektoren liegt in den höheren Abstrahlungsverlusten und damit geringeren solaren Erträgen, die sich vor allem bei höheren Temperaturen im Kollektorfeld negativ bemerkbar machen.

Unter dem Sammelbegriff Vakuumröhrenkollektoren (VRK) werden verschiedene Technologien und Aufbauten mit teils erheblich abweichenden Eigenschaften zusammengefasst. Gemeinsames Merkmal ist, dass die Isolierung zwischen Absorber und Außenluft durch ein Vakuum hergestellt wird. Bei direkt durchströmten Vakuumröhrenkollektoren zirkuliert der Wärmeträger direkt in einem Glasröhrchen mit dem Absorber. Eine andere Röhrenkollektorbauweise ist der Heatpipe Kollektor. Hier verdampft ein Zwischenmedium im Rohr und sammelt sich am oberen Ende des Rohrs. Dort wird die Energie auf den eigentlichen Wärmeträger übergeben und über den Solarkreislauf abtransportiert. Der Dampf kühlt ab und sammelt sich wieder unten im Rohr.

Beim CPC-Kollektor (Compound Parabolic Concentrator) sind zwei Glasröhren als "Thermoskanne" zur Dewar-Röhre ausgebildet. Das Vakuum befindet sich nur innerhalb des Glasbehältnisses. Durch diese Bauweise wird eine typische Schwachstelle von einwandigen Vakuum-Röhrenkollektoren, die Dichtheit im Glas- und Metallübergang, eliminiert. Die Röhren liegen im CPC-Kollektor vor einem Parabolspiegel beziehungsweise einer Reflektorschicht, die das einfallende Licht auf die Röhren gebündelt zurückwirft und so die Leistung des Röhrenkollektors erhöht. Der Nachteil von

Vakuurröhrenkollektoren liegt in erster Linie in den höheren Investitionskosten. Vorteilhaft sind höhere spezifische Erträge.

Die Solarpotenzialflächen werden mittels Flächenscreening identifiziert und quantifiziert. Dafür wird das Stadtgebiet als Suchraum betrachtet. Mittels Planungsvorgaben werden Kriterien definiert, die für oder gegen eine Nutzung der Fläche als Solarthermie-Standort sprechen. Auf diese Weise werden geeignete Flächen herausgefiltert, die eine hohe Genehmigungswahrscheinlichkeit aufweisen. Das verwendete Priorisierungsschema ist in Abbildung 3-3 dargestellt. Die Prioritätsstufe 1 entspricht den geringsten Genehmigungshemmnissen, während die Prioritätsstufe 4 hohen Genehmigungshemmnissen entspricht. Bei dem verwendeten Schema ist zu beachten, dass die ermittelten Prioritätsflächen von Prio 1 bis Prio 4 übereinander liegen. Das bedeutet, dass Prio 4 („exkl. harte Tabus“) per Definition auch alle Flächen der Prioritäten 1 bis 3 umfasst (siehe Kriterien der einzelnen Prioritäten in Abbildung 3-3). Im Rahmen der Berechnungen wurden die Überlagerungen der jeweiligen Prioflächen abgezogen, so dass sich die Flächen der einzelnen Prios aufsummieren lassen zu einem Gesamtpotenzial.

Fokus: Umweltschutz / Stadtentwicklung



Abbildung 3-3: Priorisierungsschema nach Flächenkategorie

Auf Basis der ausgeführten raumordnerischen Vorgaben wurden folgende Flächen den harten und weichen Tabus zugeordnet:

Harte Tabus

- Wohnflächen
- Straßen
- Wasserschutzgebiete
- Ökokonto
- Kompensationsflächen
- FFH-Gebiete
- Nationalparks
- Naturschutzgebiete
- Weidewirtschaft
- Wiesenvögel
- Waldflächen (Puffer)

Weiche Tabus

- Landschaftsschutzgebiete
- Moorboden
- Naturpark
- Grünlandwirtschaft
- Biosphärenreservat
- ROP - Vorbehaltsgebiet Natur und Landschaft
- ROP – Regionale Grünzüge

Folgende Kriterien wurden als positiv für die Standortbewertung eingestuft:

- Flächen in einer Entfernung von 200 m von Autobahnen sowie überregionalen Schienenwegen
 - Angelehnt an Kriterien des EEG – Flächen bereits durch räumliche Strukturen vorbelastet

Die Ergebnisse des solaren Flächenscreenings zeigen, dass in Bönningstedt keine Flächen der Priorität 1 und keine Flächen der Priorität 2 vorhanden sind. Identifiziert wurden hingegen rund 34 ha an Flächen der Priorität 3 sowie etwa 229 ha an Flächen der Priorität 4. Als wesentliches Hemmnis für die Entwicklung von Freiflächen-Solarthermie erweisen sich insbesondere die in Bönningstedt großflächig ausgewiesenen Trinkwassergewinnungsgebiete.

	Prio 1	Prio 2	Prio 3	Prio 4
Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus • exkl. weiche Tabus • inkl. positive Kriterien 	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus • inkl. positive Kriterien 	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus • exkl. Weiche Tabus 	<ul style="list-style-type: none"> • Exkl. Harte Tabus
Fläche	0 ha	0 ha	34 ha	229 ha

Für das Verhältnis von Grundfläche zu Kollektorfläche wird auf Basis von Branchenkennwerten ein Faktor von 2,25 angenommen. Das Verhältnis ist abhängig von Kollektormodell, Anstellwinkel und Reihenabstand. Je nach Zieltemperatur, Kollektormodell und Einstrahlung variiert der solare Ertrag etwa zwischen 400 kWh/m² und 450 kWh/m². Das theoretisch verfügbare Solarthermiepotenzial liegt bei bis zu 432 GWh/a bei Einbezug aller Prio-Flächen. Unter der Vernachlässigung der Prioritätsflächen 4 liegt das Erzeugungspotenzial bei ca. 64 GWh/a.

Die identifizierten Potenzialflächen befinden sich überwiegend im nördlichen Teil des Gemeindegebiets und damit in einiger Entfernung zu potenziellen Anschlussnehmern. Zwar ergibt sich theoretisch ein hohes thermisches Erzeugungspotenzial, jedoch ist dieses sowohl stark saisonabhängig als auch räumlich weit von den Verbrauchsschwerpunkten entfernt. Die damit verbundenen hohen Investitionskosten für die erforderlichen Wärmenetzleitungen würden einen wirtschaftlichen Betrieb eines solchen Energiesystems voraussichtlich nicht ermöglichen. Aus diesem Grund ist nicht davon auszugehen, dass dieses Potenzial in Bönningstedt eine relevante Rolle spielen wird.

Solarthermie auf Dachflächen

Das theoretische Potenzial für Solarthermie auf Dachflächen beträgt in Bönningstedt ca. 27 GWh/a. Diese Erzeugungsmenge würde erreicht werden, wenn alle Dachflächen in Bönningstedt mit solarthermischen Anlagen bestückt werden.

Nach aktuellem Stand wird davon ausgegangen, dass die Dachflächen mehrheitlich durch PV belegt werden, um Strom für Wärmepumpen und Elektromobilität zu erzeugen. Der Zubau von solarthermischen Dachanlagen wird vermutlich nur in Einzelfällen zur Unterstützung von Biomassekesseln oder verbleibenden Gasheizungen geschehen.

Photovoltaik auf Dachflächen

Für die Installation von PV-Anlagen stehen auch Dachflächen zur Verfügung. Das nutzbare Potenzial der Dachflächen in Bönningstedt wurde auf Basis einer Auswertung der Größe und Ausrichtung der Dachflächen auf den Gebäuden ermittelt. In einem Modell werden alle Dachflächen dargestellt, die sich für eine solare Nutzung eignen. Das Stromerzeugungspotenzial durch PV auf Dachflächen beträgt 32 GWh/a.

3.2.2 Biomasse und Abfall

Für Bönningstedt liegen keine landwirtschaftliche Basisdaten wie Tierbestände und Ertragsmengen vor. Ergänzende Datengrundlagen stammen überwiegend aus Landesstatistiken Schleswig Holsteins und werden proportional auf die Einwohner:innen- und Flächenverhältnisse der Kommune übertragen.

Altholz

Altholz umfasst bereits stofflich genutztes Holz, das am Ende seines Lebenszyklus energetisch verwertet werden kann. Ein Großteil wird bereits in bestehenden Anlagen genutzt; verbleibende Potenziale sind aufgrund von Datenunsicherheiten schwer abschätzbar. Für Bönningstedt ergibt sich ein Potenzial von 14 GWh/a.

Industrierestholz

Industrierestholz entsteht bei der Verarbeitung von Waldholz. Große Anteile werden stofflich genutzt oder direkt in Betrieben energetisch verwertet. Aufgrund von Stoffstromverschiebungen und Import-/Exportbewegungen bestehen deutliche Unsicherheiten. Für Bönningstedt ergibt sich ein Potenzial von 11 GWh/a.

Forstwirtschaftliche Biomasse

Hierunter fallen Waldrestholz und ungenutzter Holzzuwachs, abzüglich ökologisch notwendiger Reserveanteile. Naturschutzflächen bleiben unberücksichtigt. Das technische Potenzial beträgt in Bönningstedt 34 GWh/a.

Stroh

Das nutzbare Strohpotenzial hängt von Anbauflächen, Korn-Stroh-Verhältnissen und Humusbilanzgrenzen ab. Ein nachhaltiges Potenzial ist nur anteilig nutzbar.

Biomethan

Das Biomethanpotenzial ergibt sich aus Bio- und Grünabfällen, tierischen Exkrementen sowie ggf. Energiepflanzen. Insgesamt ergibt sich ein Potenzial von 44 GWh/a, wobei der Hauptteil auf Energiepflanzen zurückzuführen ist (siehe Tabelle 3-2).

Tabelle 3-2: Biomethanpotenziale in Bönningstedt

Bio- und Grünabfälle	0,5 GWh/a
Energiepflanzen	39,5 GWh/a

Tierische Exkremente	4 GWh/a
Insgesamt	44 GWh/a

Einordnung der Biomassenutzung

Die energetische Nutzung von Biomasse steht in Konkurrenz zu anderen Landnutzungen und wird von Umweltverbänden nur eingeschränkt empfohlen. Vorrang haben stoffliche Nutzungen und die Nutzung unvermeidbarer Reststoffe. Für Bönningstedt verbleiben somit nur Potenziale aus Altholz, Bio- und Grünabfällen sowie tierischen Exkrementen. Das Gesamtpotenzial reduziert sich entsprechend auf 30 GWh/a.

Wichtig ist, dass diese Analyse ausschließlich das auf dem Gemeindegebiet von Bönningstedt verfügbare Biomassepotenzial berücksichtigt. Da Biomasse grundsätzlich über Gemeindegrenzen hinweg transportiert werden kann, besteht theoretisch ein erweitertes, nicht klar begrenztes Nutzungspotenzial. Aufgrund der insgesamt begrenzten und standortgebundenen Verfügbarkeit sollte Biomasse jedoch nur in ausgewählten Einzelfällen zur thermischen Nutzung eingesetzt werden – vorzugsweise dort, wo keine technisch oder wirtschaftlich sinnvollen Alternativen bestehen, beispielsweise zur Abdeckung von Spitzenlasten.

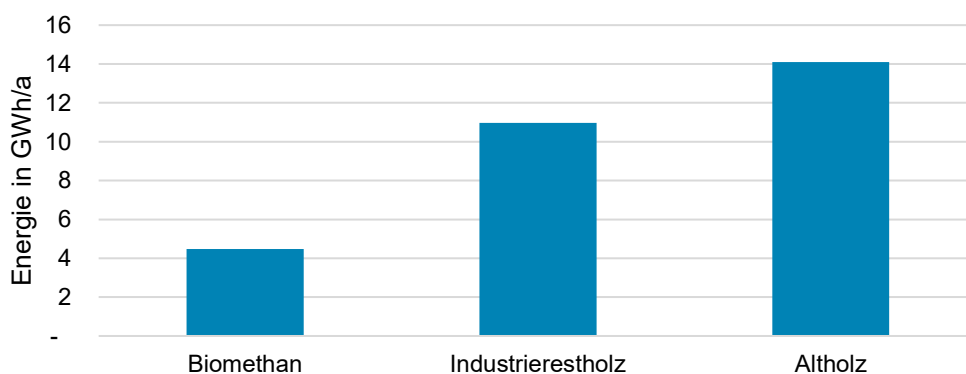


Abbildung 3-4: Nachhaltiges Bioenergiepotenzial in Bönningstedt

3.2.3 Oberflächennahe Geothermie

Oberflächengeothermie bezieht sich auf die Nutzung der gespeicherten Wärmeenergie in den obersten Erdschichten, die bis zu einer Tiefe von 150 Metern reichen. Am häufigsten zum Einsatz kommen vor allem Erdwärmesonden und Erdwärmekollektoren (jeweils in Verbindung mit einer Wärmepumpe): Während Erdwärmesonden tief in den Boden eindringen, um Wärme aufzunehmen, decken Erdwärmekollektoren größere Flächen in geringerer Tiefe ab.

In dieser Analyse wird sich auf das Potenzial von geothermischen Sonden beschränkt. Durch die vergleichsweise geringe Verlegetiefe der Erdkollektoren von 1-1,5 m kann deutlich weniger Fläche im Untergrund genutzt werden als bei Erdsonden. Die Leistung und der Ertrag je Fläche sind dadurch

deutlich geringer und der Platzbedarf steigt gegenüber Erdsonden deutlich. Durch das großflächige Einbringen sind Erdkollektoren vor allem im Neubau eine Option, wenn sowieso größere Erd- oder Erschließungsarbeiten anstehen.

Das Potenzial der oberflächennahen Geothermie wurde nach Landesvorgaben / Leitfäden ermittelt. Demnach sind je nach Sondenlänge 3 m Abstand zur Grundstücksgrenze sowie 6 m zur nächsten Bohrung, um thermische Beeinflussungen so weit wie möglich zu vermeiden. Zu Gebäuden wird pauschal ein Abstand von 2 m angesetzt. Exemplarisch ist das Vorgehen in folgender Abbildung dargestellt. Zu sehen sind die Ausschlussbereiche um die Gebäude und die notwendigen Abstände zu den Nachbargrundstücken. Auf Basis der Ausschlussbereiche und dem notwendigen Abstand der Sonden zueinander sind im gezeigten Beispiel bis zu 2 Sonden realisierbar. Diese Analyse wurde zu jedem Gebäude in Bönningstedt erstellt, um zu ermitteln wie viele Sonden zur Wärmeversorgung zur Verfügung stehen könnten und ob auf Basis der Entzugsleistungen (auf Basis der Wärmeleitfähigkeit) ausreichend Energie über das Jahr zur Versorgung der Gebäude aus dem Erdreich entzogen werden kann.

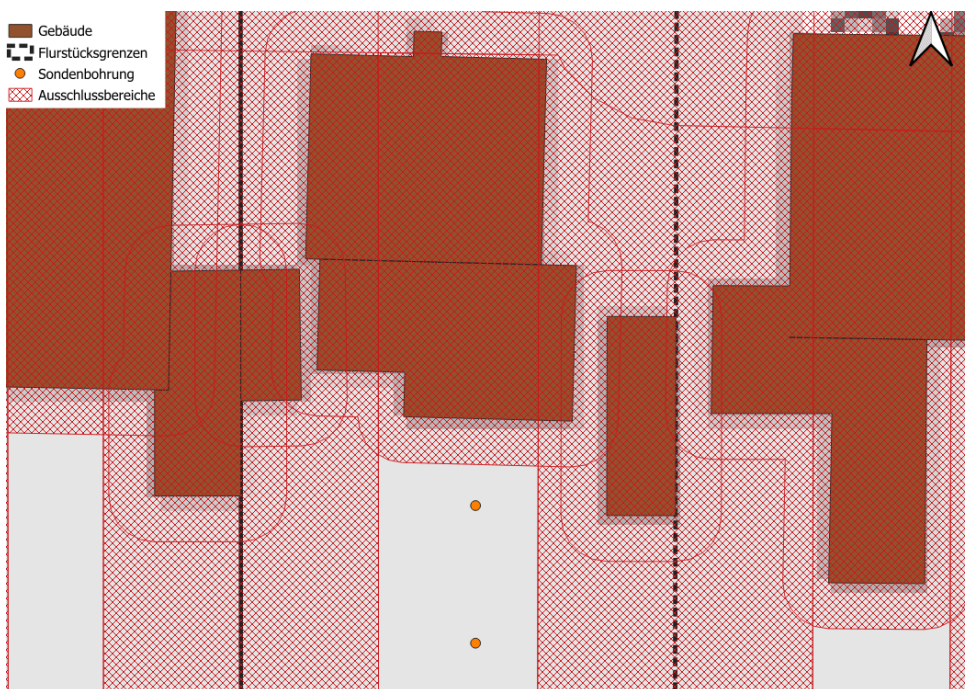


Abbildung 3-5: Beispielhafte Darstellung der geothermischen Potenzialanalyse

Die Wärmeleitfähigkeiten in Bönningstedt sind für eine Tiefe bis zu 100 m in Abbildung 3-6 dargestellt. Die Wärmeleitfähigkeit ist ein Maß dafür, wie gut die Wärme im Boden geleitet bzw. verteilt wird. Bereiche mit hoher Wärmeleitfähigkeit sind vorteilhaft für die Nutzung von Geothermie, da sich der Wärmeentzug der Sonden auf ein größeres Volumen im Untergrund verteilt und dem Boden somit mehr Energie entzogen werden kann bzw. die Sonden mit höherer Leistung betrieben werden können.

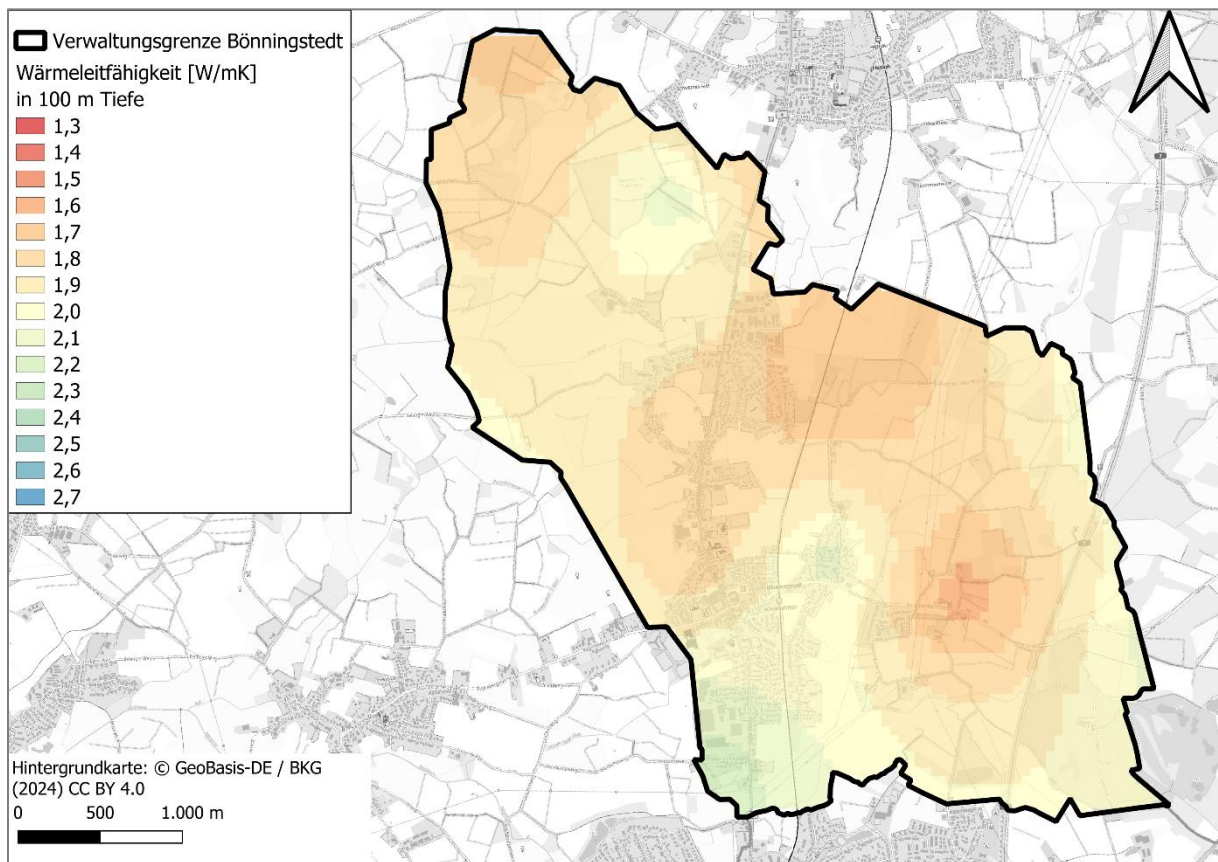


Abbildung 3-6: Wärmeleitfähigkeiten in einer Tiefe bis 100 m in Bönningstedt

Die Potenzialermittlung basiert auf den Rechenvorschriften der VDI 4640. Gemäß der beschriebenen Abstandsflächen wird pro Flurstück die maximal mögliche Anzahl an Sonden angenommen und der Wärmeertrag dieser mit dem Wärmebedarf der Gebäude auf dem Flurstück verschnitten. Wenn durch den Einsatz der Sonden mehr als 50 % des Bedarfs gedeckt werden können, gilt ein Betrachtungsgebiet als bedingt geeignet, es wird eine Detailprüfung empfohlen. Übertrifft der Deckungsbeitrag der Sonden nach der Grobanalyse 100 % des Bedarfs, sind die Flurstücke „vermutlich geeignet“ für Erdwärmesonden. Unter 50 % wird keine Eignung ausgewiesen. Die Ergebnisse bilden eine grobe Einordnung der Verfügbarkeit und Größenordnung ab. Mit steigender Anzahl der Sonden werden neben der Abschätzung noch weitere spezifische Untersuchungen für Sondenfelder auf Basis der Sondenabstände und Bohrtiefen empfohlen. Bei größeren Projekten sollten zudem zu Beginn Geothermal Response Tests durchgeführt werden, um die Annahmen aus dem Untergrundmodell zu prüfen und ggf. rechtzeitig die Auslegung anzupassen.

Der Wärmebedarf der Gebäude innerhalb der vermutlich geeigneten Bereiche summiert sich auf 21 GWh/a. Nahezu das gesamte Gemeindegebiet von Bönningstedt liegt innerhalb ausgewiesener Trinkwassergewinnungsgebiete. Der Betrieb entsprechender Anlagen kann dort zum Schutz der Trinkwasserversorgung untersagt beziehungsweise eingeschränkt werden. In jedem Fall ist eine Einzelfallprüfung durch die zuständige Untere Wasserschutzbehörde erforderlich.

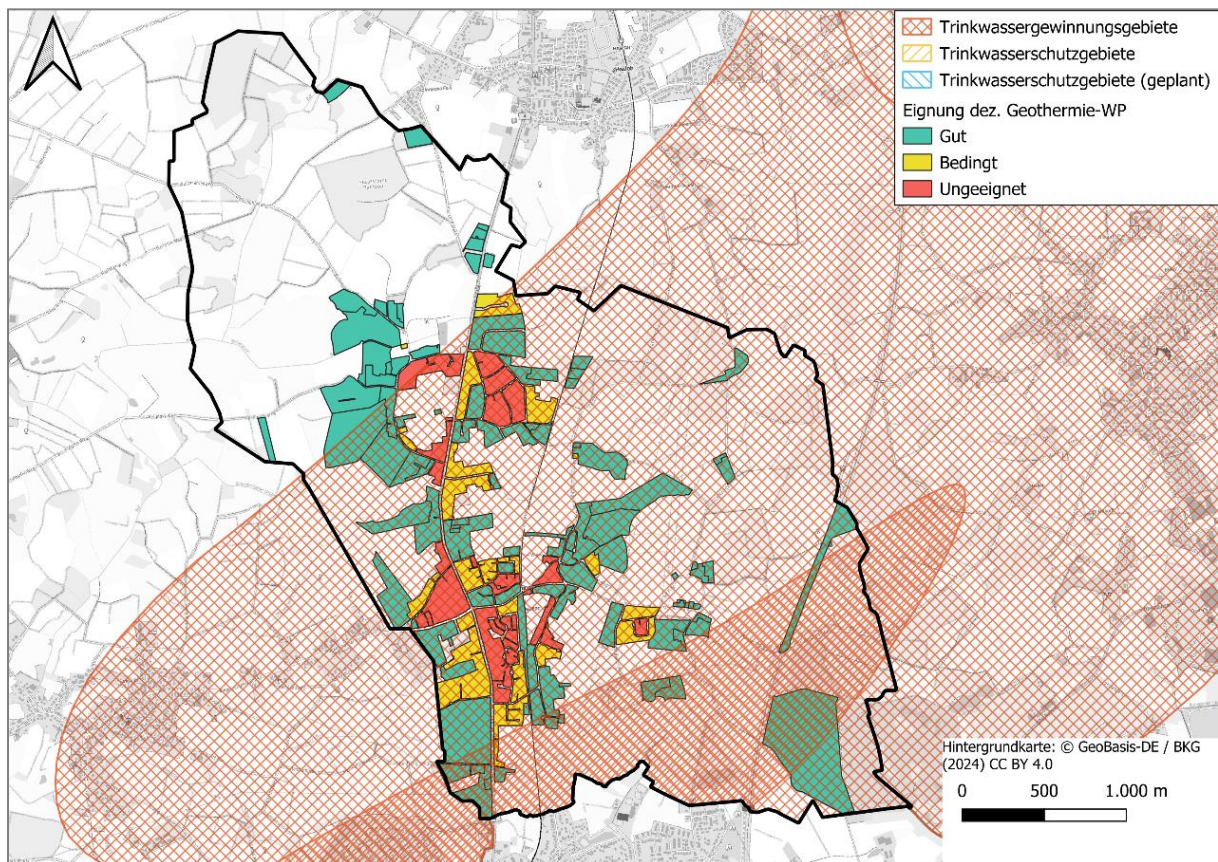


Abbildung 3-7: Durchschnittliche Eignung für oberflächennahe Geothermie auf Baublockebene

3.2.4 Tiefe Geothermie

Es stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, um geothermische Energie zu nutzen. Die Wahl des Verfahrens hängt von den geologischen Gegebenheiten und den Anforderungen des Projekts ab und wird entsprechend der erschlossenen Tiefe unterschiedlich definiert. In Deutschland werden im Allgemeinen Verfahren der tiefen Geothermie (> 400 m Tiefe) von Verfahren der oberflächennahen Geothermie (< 400 m Tiefe) unterschieden. Der Tiefenbereich von 400 m bis etwa 1.000 m wird gelegentlich auch als "Mitteltiefe Geothermie" bezeichnet. Nutzungskonzepte für die Tiefengeothermie umfassen dabei sowohl offene Systeme (hydrothermale und petrothermale Systeme) als auch geschlossene Systeme (tiefe Erdwärmesonden). (Sandrock, Maaß, Weisleder, Westholm, & Schulz, 2020)

Die Eignung eines Verfahrens für die Nutzung der tiefen Geothermie wird durch die Beschaffenheit des Gesteins bestimmt. Insbesondere poröse Sandsteine sowie Karbonatgesteine, die verkarsten können, wie Kalk- und Dolomitsteine, sind hervorragend für die hydrothermale Geothermie geeignet. Bei dieser Methode dient natürlich vorkommendes heißes Wasser als Wärmeträger. Die geeigneten Gesteinsarten für die hydrothermale Geothermie sind idealerweise in Tiefen ab etwa 2 km verfügbar.

Um die potenzielle Wärme des Untergrunds in den Gesteinsschichten nutzen zu können, ist es notwendig, auf heißes Wasser mit einer entsprechenden Temperatur und Fließgeschwindigkeit zu treffen. Um die Wärmeenergie des Reservoirs zu erschließen, bedarf es einer entsprechenden Förderung an die Erdoberfläche über eine Förderbohrung und einer Rückführung durch eine

Injektionsbohrung. (Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2024)

Die Gemeinde Bönningstedt befindet sich im norddeutschen Becken. Es wird ein hydro- und petrothermisches Potenzial vermutet.

Die Potentialermittlung für die hydrothermalen Nutzung erfolgt nach dem Berechnungsverfahren von Jochum et al. (Jochum, et al., 2017). Dafür werden die in Tabelle 3-3 aufgeführten pauschalen Annahmen genutzt, um die in Abbildung 3-8 visualisierten Abhängigkeiten zu ermitteln und eine Potentialabschätzung vorzunehmen.

Tabelle 3-3: Verwendete Annahmen nach Jochum et al. (Jochum, et al., 2017) zur Abschätzung des Wärmemengenpotenzials aus der Nutzung hydrothermalen Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung in Bönningstedt. Die in Klammern aufgeführten Werte werden verwendet, um Sensitivitätsanalysen durchzuführen und einen entsprechenden Lösungsraum an abgeschätzten Potentialen aufzuspannen.

5	Wert	Einheit
Vollaststunden (VLH)	3000 (2000; 4000; 6000)	[-]
Spezifische Wärmekapazität des geförderten Thermalwassers	4000	J/(kg*K)
(Re)Injektionstemperatur des abgekühlten Thermalwassers	65 (60; 70)	°C
Pauschalzuschlag der mittels GeotIS ermittelten Untergrenze der Fördertemperatur des Thermalwassers	15	°C
Vereinfacht angenommener Massenstrom für hydrothermale Nutzung im norddeutschen Becken	35	kg/s

Um eine praxisorientierte Abschätzung vorzunehmen, werden die in Tabelle 3-3 gezeigten Annahmen zum Teil einer Sensitivitätsanalyse unterzogen, um aufzuzeigen, von welchem Potenzialbereich auszugehen ist. Aufgrund mangelnder Datenlage zum hydrothermalen Massenstrom im Gebiet um Bönningstedt wird von dem, nach Jochum et al. (Jochum, et al., 2017) angenommenem Minimalwert für das Norddeutsche Becken ausgegangen. Die im Endeffekt ermittelten Potenziale könnten daher höher ausfallen. Die variierten Annahmen sind dabei durch Zahlenwerte in Klammern kenntlich gemacht. Essenziell dabei ist die Tatsache, dass es sich nur um eine vereinfachte Abschätzung handelt und die tatsächlich zu erwartenden Energiemengen nur durch standortbezogene Probebohrungen verlässlich einzugrenzen sind. Der ermittelte Potentialbereich sollte demnach vor allem als Entscheidungshilfe dienen, die Wärmeengewinnung durch tiefe Geothermie grundsätzlich in Betracht zu ziehen, oder vorweg auszuschließen.

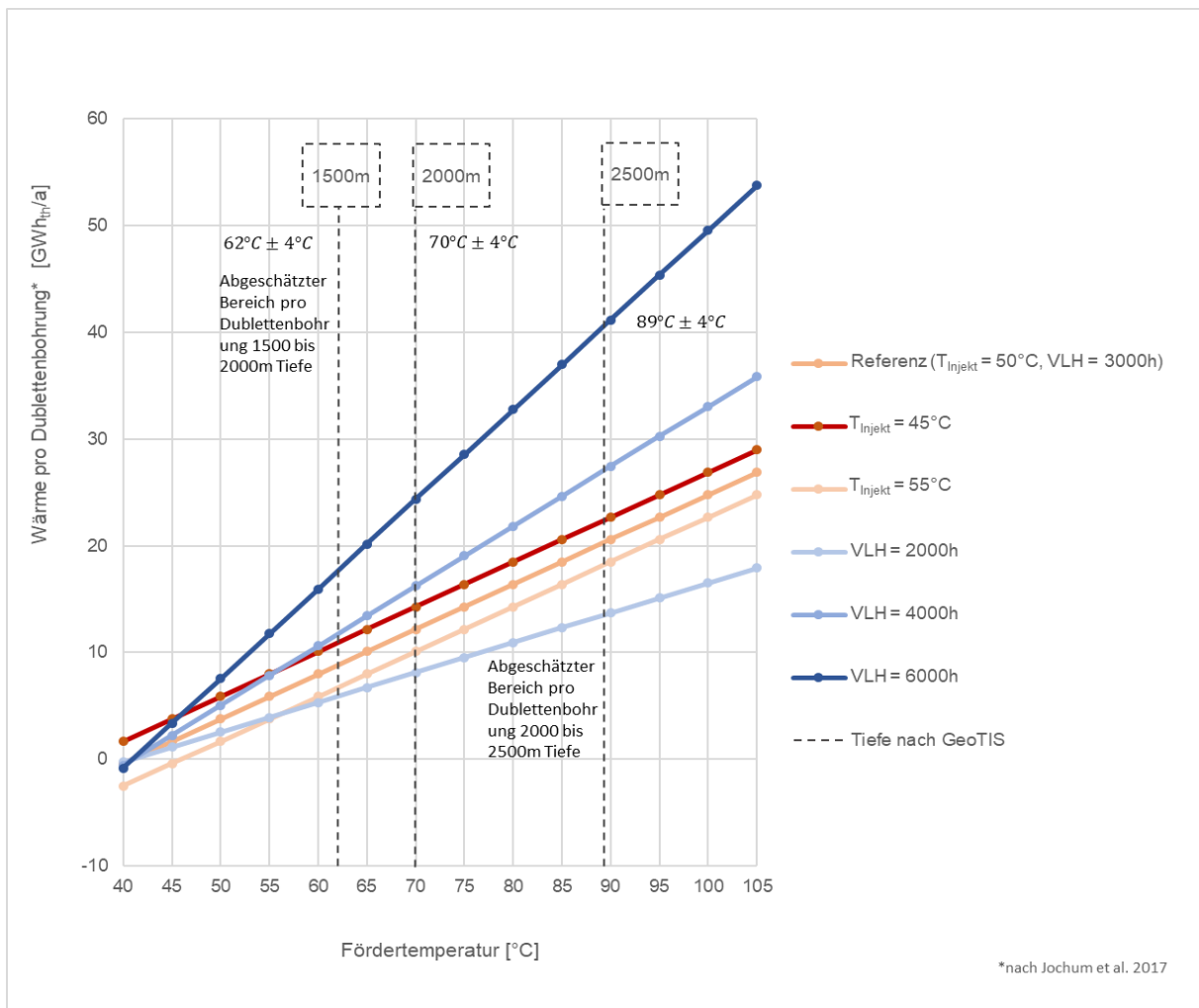


Abbildung 3-8: Ergebnisse der Abschätzung des Wärmemengenpotenzials aus der Nutzung hydrothormaler Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung in Bönningstedt

Die folgenden, wesentlichen Beobachtungen gehen aus Abbildung 3-8 hervor:

1. Der **Einfluss der Volllaststunden** hingegen ist multiplikativ und damit **verhältnismäßig groß**. Bei einer Verdopplung der Volllaststunden verdoppelt sich somit auch das Potential. Da die **Volllaststundenanzahl** der Nutzung hydrothormaler Tiefengeothermie in der Regel **nicht Angebotslimitiert** ist (Heumann & Ernst Huenges, 2017), (Bracke, et al., 2022), (Seibt, Kabus, & Hoth, 24-29 April 2005), (Janczik, 2014) (das Thermalwasser kann potenziell ganzjährig gefördert werden), die Volllaststundenanzahl aber einen sehr großen Einfluss auf das nutzbare Wärmepotenzial sowie die entsprechenden spezifischen Wärmegestehungskosten, ist bei der **grundsätzlichen Entscheidungsfrage zum Einsatz der tiefen Geothermie** ein **ganzheitliches Wärmeversorgungskonzept** zu berücksichtigen, um die ganzjährig verfügbare Wärme möglichst umfassend zu nutzen.
2. Bei einer Bohrtiefe von **1500 m** und einer Thermalwassertemperatur von **64°C** ergibt sich ein ermittelter Potentialbereich von etwa **5 GWh bis etwa 18 GWh pro Jahr und Dublette**.
3. Bei einer Bohrtiefe von **2500 m** und einer Thermalwassertemperatur von **96°C** ergibt sich ein ermittelter Potentialbereich von etwa **13 GWh bis etwa 41 GWh pro Jahr und Dublette**. Nach Thomsen & Liebsch-Dörschner (Thomsen & Dr. Liebsch-Dörschner, 2014) sind die entsprechenden Permeabilitäten in deutlich größeren Tiefen (>2500m) jedoch oft zu gering,

sodass eine vereinfachte Potentialabschätzung i.d.R. nur bis Tiefen von etwa 2500 m sinnvoll ist.

4. **Die ermittelten Potentiale liegen verhältnismäßig weit auseinander.** Dies bestärkt nochmal den Hinweis, dass eine solche Potenzialabschätzung lediglich dazu dienen sollte tiefe Geothermie als Option grundsätzlich ein- oder auszuschließen. Konkrete und detaillierte Voruntersuchen inklusive eventueller Probebohrungen sind deshalb zu empfehlen.

3.2.5 Zentrale Umgebungsluft-Wärmepumpen

Während **zentrale** Umgebungsluft-Großwärmepumpen etwa in Dänemark bereits eine etablierte Technologie sind, ist diese Technologie in Deutschland noch nicht weit verbreitet. Das Prinzip von Umgebungsluft-Großwärmepumpen unterscheidet sich generell nicht von der dezentralen Variante: Aus der Umgebungsluft wird die Wärme entzogen und durch den thermochemischen Kreisprozess auf das notwendige Temperaturniveau angehoben. Abhängig von der Wahl des Kältemittels können Vorlauftemperaturen von bis zu über 115 °C erreicht werden.

Da Umgebungsluft überall frei verfügbar ist, wird das technisch nutzbare Potenzial im Wesentlichen nur durch die vorhandenen Abnehmerstrukturen und die wirtschaftliche Umsetzbarkeit begrenzt. Konkrete potenzielle Abnehmer wurden jedoch erst im Rahmen der Analyse der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete in Abschnitt 5 identifiziert. Daher konnte das Potenzial erst anschließend sachgerecht bewertet werden und greift die finalen Ergebnisse deswegen voraus.

Um das Potenzial der Umgebungsluft- Wärmepumpe zu ermitteln sind die lokalen Temperaturmessungen über ein ganzes Jahr erforderlich. Es wurden die Temperaturen der nächstgelegenen Messstation (Quickborn) genommen. In Abhängigkeit der Umgebungslufttemperatur, den potenziellen Netztemperaturen als auch dem synthetischen Lastgang wurde die thermische Leistung einer Umgebungsluft-Groß-Wärmepumpe, den resultierenden Volllaststunden sowie den EE-Anteilen am Wärmebedarf mittels einer Lastganganalyse untersucht. Die Effizienzermittlung basiert auf der Methodik nach Lorenz. In Abbildung 3-9 ist das Ergebnis der Lastganganalyse aufgetragen.

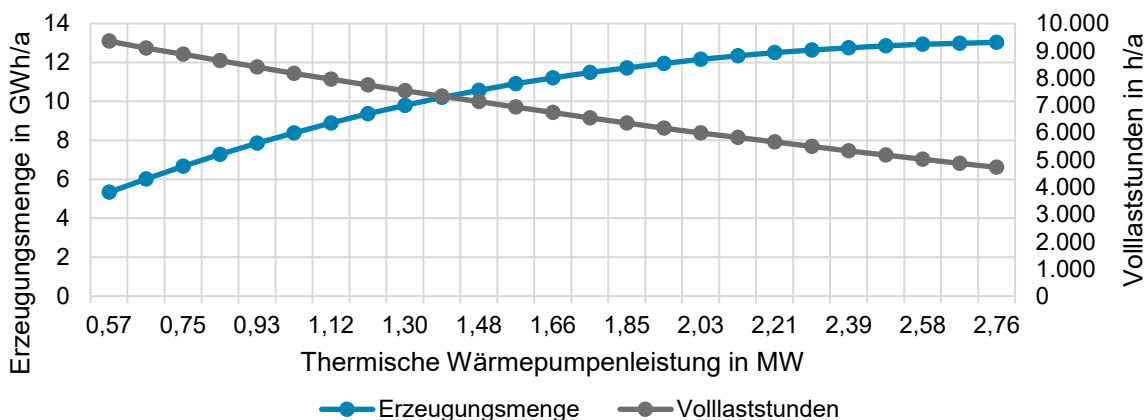


Abbildung 3-9: Thermische Leistung einer Umgebungsluft-Groß-Wärmepumpe für ein Wärmenetz im Zentrum von Bönningstedt.

Aus der Abbildung ist zu erkennen, dass mit zunehmender thermischer Leistung der Wärmepumpe auch die jährlich erzeugte Wärmemenge steigt. Dieser Anstieg verläuft jedoch nicht gleichmäßig (linear), sondern flacht mit zunehmender Leistung ab und nähert sich einer maximal möglichen Erzeugungsmenge für das betrachtete Teilgebiet an.

Der Grund hierfür liegt im Wärmebedarf selbst: Mit einer höheren Leistung kann die Wärmepumpe zwar zunehmend auch hohe Bedarfsspitzen abdecken, diese treten jedoch nur für kurze Zeiträume auf. Der überwiegende Teil des Jahres besteht aus deutlich geringeren Wärmebedarfen. Dadurch wächst die erzeugte Wärmemenge bei steigender Leistung immer langsamer, sodass kein direkt proportionaler Zusammenhang zwischen installierter Leistung und jährlicher Wärmeerzeugung besteht.

Dieser Effekt wird auch anhand der sogenannten Volllaststunden deutlich. Die Volllaststunden geben an, wie viele Stunden pro Jahr eine Anlage theoretisch mit voller Leistung betrieben werden müsste, um die jährliche Wärmeerzeugung zu erreichen. Mit steigender Anlagenleistung sinkt die Anzahl der Volllaststunden, da die Wärmepumpe zwar die kurzfristigen Bedarfsspitzen abdecken kann, im Großteil des Jahres jedoch nur im Teillastbetrieb läuft.

Für die Auslegung einer Wärmeerzeugungsanlage, die überwiegend zur Deckung der Grundlast vorgesehen ist, wird üblicherweise eine jährliche Erzeugungsmenge von 85 bis 90 % als wirtschaftlich angemessen bewertet. Auf dieser Grundlage lässt sich eine installierte Leistung im Bereich von etwa 1,7 bis 1,8 MW als zweckmäßige Größenordnung ableiten, um einen kontinuierlichen und effizienten Anlagenbetrieb sicherzustellen.

Unter Berücksichtigung der erforderlichen technischen Nebenanlagen sowie der notwendigen Infrastruktur zur Abdeckung von Spitzenlasten ergibt sich für eine Anlage dieser Dimension ein Flächenbedarf von ungefähr 1,7 bis 1,8 Hektar. Dieser Wert berücksichtigt sowohl die baulichen Hauptkomponenten als auch ergänzende technische Einrichtungen, die für einen stabilen und verlässlichen Betrieb erforderlich sind.

3.2.6 Dezentrale Umgebungsluft-Wärmepumpen

Luftwärmepumpen entziehen der Umgebungsluft Wärme auf Außenlufttemperaturniveau und heben diese Wärmeenergie auf ein für die Gebäudebeheizung und/oder Trinkwarmwasserbereitstellung nutzbares Temperaturniveau.

Nachteilig an einer Wärmeversorgung mit Luftwärmepumpen sind die niedrigeren Außentemperaturen während der Heizperiode in den Wintermonaten, da bei einem größeren Temperaturunterschied zwischen Ausgangsniveau und gewünschter Heiztemperatur mehr elektrische Energie notwendig ist. Dadurch ist die Effizienz von Luftwärmepumpen an kalten Tagen vermindert (Günther, et al., 2020).

Wärmepumpen bieten sich insbesondere bei niedrigen Ziel- bzw. Heiztemperaturen an, da der Temperaturhub hier besonders gering ausfallen kann. Eine geringe Temperaturspreizung zwischen Quell- und Zieltemperatur wirkt sich positiv auf die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe aus und führt damit zu einem geringeren Stromeinsatz in der Wärmebereitstellung. Durch einen Abgleich der Heizkurve auf den Wärmepumpenbetrieb, also einen Abgleich der Heizungsvorlauftemperatur auf die Außentemperatur bzw. auf die Heizlast, kann die Effizienz der Wärmepumpe erhöht werden.

Der Erfolgsschlüssel beim Rollout von Wärmepumpen im Bestand ist die Abstimmung zwischen Vorlauftemperaturen und individuellen Heizlasten in den Räumen eines jeden Gebäudes. Durch Teilsanierungen bzw. den Austausch einzelner Elemente wie Fenster oder Türen kann die Heizlast und folglich auch die Vorlauftemperatur abgesenkt werden, um einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe zu ermöglichen.

Da die Heizkörperflächen in alten Systemen meistens überdimensioniert sind, kann die Wärmepumpe mit geringeren Vorlauftemperaturen betrieben werden als das alte Kesselsystem. In Einzelfällen müssen einige kritische Heizkörper getauscht werden, die die erforderliche Heizlast nicht mehr liefern

können. Ein Austausch oder eine Umstellung des gesamten Heizkörpersystems kann in der Regel aber vermieden werden (Günther, et al., 2020). Wenn aus bestimmten Gründen, wie z.B. Denkmalschutz, keine (Teil-)Sanierung oder Umstellung der Heizkörper möglich ist, kann auf Hochtemperaturwärmepumpen zurückgegriffen werden, die auch Vorlauftemperaturen über 65 °C erreichen und damit wie konventionelle (fossile) Erzeuger im bestehenden Verteilsystem eingesetzt werden können.

Aus den Ergebnissen breit angelegter Feldtests von Wärmepumpen im Bestand lässt sich ableiten, dass es technisch wenig Begrenzungen für den Einsatz von Wärmepumpen im Bestand gibt. Auch in Gebäuden mit einem Heizenergieverbrauch von 140 kWh/m² (Baujahr 1981 unsaniert) konnte für die Luftwärmepumpe eine Jahresarbeitszahl von 2,7 ermittelt werden. (Günther, et al., 2020).

Neben den niedrigen Effizienzen im Winter kann der Einsatz von Wärmepumpen durch den Schallschutz begrenzt sein, da die Wärmepumpe im Betrieb je nach Last wahrnehmbare Schallemissionen aufweisen. Zur Gewährleistung des Immissionsschutzes wird die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA-Lärm) gemäß Ziffer 6.1 herangezogen. In Bereichen, die als allgemeine Wohngebiete oder Kleinsiedlungen eingestuft sind, gelten bestimmte Lärmgrenzwerte, die tagsüber bei 55 dB(A) und nachts bei 40 dB(A) bezogen auf den Beurteilungspegel liegen. In reinen Wohngebieten sind diese Werte auf 50 dB(A) tagsüber und 35 dB(A) nachts reduziert. Für Kurgebiete sowie Krankenhäuser und Pflegeanstalten sind die niedrigsten Immissionsgrenzwerte vorgesehen, die tagsüber 45 dB(A) und nachts 35 dB(A) betragen. (Bundes-Immissionsschutzgesetz, 2017 Neufassung)

Die Höhe der Schallemissionen lässt sich über die Kennzahl „Schalleistungspegel“ beurteilen. Ein niedriger Schalleistungspegel bedeutet, dass die Luftwärmepumpe eine geringere Schallimmission aufweist. Die genaue Beziehung zwischen den Schallemissionen und der erbrachten Leistung kann von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden, einschließlich der Bauweise und Qualität der Luftwärmepumpe, der Installation, der Umgebungsbedingungen und der Art der Nutzung (Bundesverband Wärmepumpe e.V., 2023).

Die Abschätzung des Potenzials für die dezentrale Wärmeversorgung über Luft-Wärmepumpen erfolgt über einen Vergleich der von einer fiktiven Wärmepumpe verursachten Schallemissionen mit den zulässigen Grenzwerten. Für die Ermittlung wurden fiktive Emissionspunkte rund um jedes Gebäude ermittelt. Für jeden Emissionspunkt wurden Kollisionen in alle Richtungen ermittelt, die auftreten würden, wenn eine Wärmepumpe mit der notwendigen Leistung aufgestellt würde. Die Anzahl der Kollisionen bestimmt den Grad der Machbarkeit der Wärmepumpe an einem einzelnen Emissionspunkt. Für die Bewertung auf Gebäudeebene wurde der Median der Kollisionsbewertung über alle Emissionspunkte des Gebäudes gebildet. Diese Methodik bietet sich an, um in der Gesamtschau eines Gebietes einzelne kritische Teilgebiete zu identifizieren. Auch wenn die Eignung in einem Gebiet als gering geeignet gekennzeichnet ist, bedeutet dies nicht, dass eine Versorgung über eine Luft-Wärmepumpe unmöglich ist. Jedoch sollten ggf. Schallschutzmaßnahmen in Betracht gezogen werden.



Abbildung 3-10: Methodische Darstellung der schalltechnischen Untersuchung von Umgebungsluft-Wärmepumpen (grün: Standplatz geeignet, gelb: Standplatz zu prüfen, rot: Standplatz vermutlich ungeeignet)

In Abbildung 3-11 sind die Ergebnisse der Potenzialabschätzung dargestellt. Je dunkler der Farbton, desto geringer die Eignung von Luft-Wärmepumpen in dem Gebiet. Gebiete, die nicht farblich hervorgehoben sind, weisen grundsätzlich eine positive Eignung auf. Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass Luft-Wärmepumpen im gesamten Gemeindegebiet geeignet sind. In vereinzelt Bereichen, die von Doppelhaushälften und Reihenhäusern dominiert werden, könnten Schallschutzmaßnahmen (förderfähig) notwendig sein.

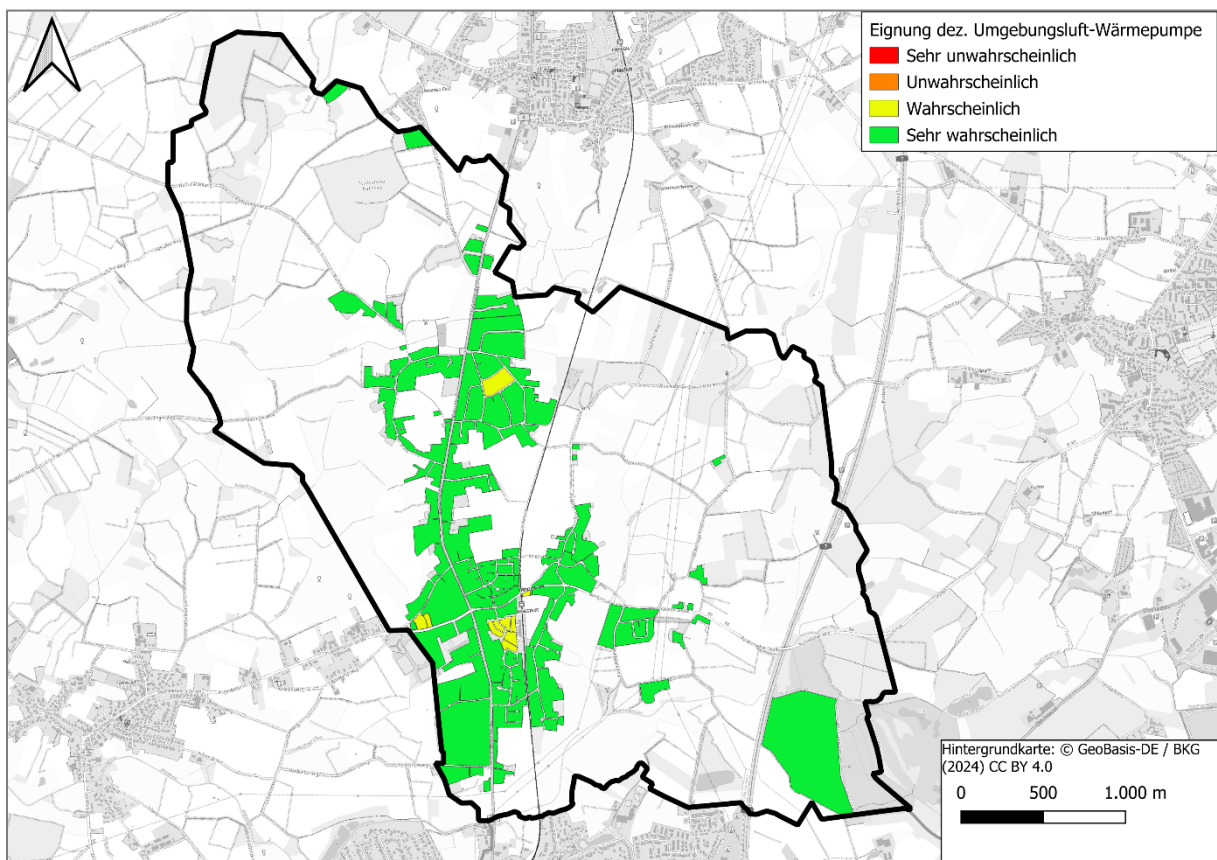


Abbildung 3-11: Schalltechnische Eignung von Umgebungsluft-Wärmepumpen (Baublock)

3.2.7 Grundwasser

Grundwasser-Wärmepumpen verwenden Brunnen, um das Grundwasser zu fördern. Ein Förderbrunnen pumpt das Wasser an die Oberfläche, wo es durch einen Wärmetauscher geleitet wird. Eine Wärmepumpe wird genutzt, um das Temperaturniveau weiter zu erhöhen. Anschließend wird das abgekühlte Wasser über einen Schluckbrunnen wieder in den Untergrund zurückgeführt. Diese Entnahme- und Rückführungsprozesse gewährleisten, dass das natürliche Gleichgewicht des Grundwassers nicht gestört wird. Generell können Grundwasser-Wärmepumpen dezentral in Haushalten oder für die zentrale Wärmeerzeugung für Wärmenetze eingesetzt werden.

Da sich das Gemeindegebiet nahezu komplett in einem Trinkwassergewinnungsgebiet befindet, ist für den Betrieb einer solchen Anlage in jedem Fall eine wasserrechtliche Erlaubnis notwendig. Die Wahrscheinlichkeit der Genehmigung der thermischen Nutzung des Grundwassers in einem Trinkwassergewinnungsgebiet sind gering.

3.2.8 Abwasser

Die Temperatur von Abwasser schwankt ganzjährig lediglich in einem Bereich zwischen 10 und 20 °C. Dadurch kann es ganzjährig als eine zuverlässige Wärmequelle für eine Wärmepumpe dienen. Die Wärme aus dem Abwasser lässt sich dabei dezentral im öffentlichen Kanalnetz oder zentral an einer Kläranlage gewinnen. Bei der zentralen Variante wird die Wärme aus dem gereinigten Abwasser hinter einer Kläranlage entnommen und bei der dezentralen Variante wird ein großer Wärmeübertrager in die Kanalisation eingebracht, wodurch die Wärme direkt aus dem Abwasser der Kanalisation entzogen wird. Die Erschließungsoptionen sind abhängig von dem Durchmesser und der davon abhängigen Durchflussmenge des Abwassers. Im Folgenden wird das Potenzial bei den Abwasserkanälen und beim Ablauf der Kläranlage gesondert betrachtet.

Abwasserkanäle

Im Gemeindegebiet von Bönningstedt liegen keine Abwasserkanäle mit einem Nenndurchmesser größer DN800 vor. Aufgrund der bestehenden Dimensionierungen kann daher kein relevantes thermisches Nutzungspotenzial identifiziert werden. Erst ab einem Nenndurchmesser von DN800 wäre eine technische Umrüstung der Abwasserkanäle für eine thermische Nutzung grundsätzlich möglich.

Kläranlagen

Auf dem Gemeindegebiet in Bönningstedt liegt keine Kläranlage vor.

3.2.9 Abwärme

Industrielle und gewerbliche Abwärme stellt eine bedeutende Energiequelle dar, die häufig ungenutzt bleibt. In zahlreichen Produktionsprozessen und gewerblichen Anwendungen entsteht Wärme, die in die Umgebung abgegeben wird und dadurch verloren geht. Diese Abwärme, die in Form von heißem Wasser, Dampf oder Abgasen auftreten kann, bietet jedoch ein erhebliches Potenzial zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung. Demgegenüber steht ein Adressrisiko, welches zum spontanen Ausfall einer Quelle führen kann. Ein Beispiel dafür wäre eine Insolvenz. Generell sollte jedes Unternehmen nach der folgenden Reihenfolge mit einer Abwärme umgehen:

1. Abwärmevermeidung
2. Interne Verwertung
3. Externe Auskopplung

Erst wenn untersucht wurde, ob die Abwärme vermieden werden oder diese innerhalb der internen Prozesse genutzt werden kann, sollte eine externe Auskopplung der Abwärme in ein Wärmenetz Berücksichtigung finden.

Die *Plattform für Abwärme* weist für das Gemeindegebiet Bönningstedt keine nutzbaren thermischen Abwärmepotenziale aus. Die Plattform ist ein bundesweites Register zur Erfassung potenzieller Abwärmequellen, das im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE) entwickelt und von der Deutschen Energie-Agentur (dena) betrieben wird. Sie sammelt unter anderem Meldungen von Unternehmen und Netzbetreibern, um mögliche Abwärmequellen transparent darzustellen und für kommunale Wärmeplanungen zugänglich zu machen. (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, 2026)

Da für Bönningstedt zudem keine RLM-Messdaten (registrierende Lastgangmessung) vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass im Gemeindegebiet keine industriellen oder größeren gewerblichen Prozesse bestehen, aus denen relevante Abwärme ausgekoppelt werden könnte. Entsprechend ist nicht mit nennenswerten, wirtschaftlich erschließbaren Abwärmepotenzialen zu rechnen.

3.2.10 Wärmenetze

Wärmenetze bestehen aus einem Netz von Rohrleitungen, durch das heißes Wasser oder Dampf von einem zentralen Wärmeerzeuger hinzu den Endverbrauchern transportiert wird. Als zentrale Wärmeerzeuger dienen aktuell in den meisten Fällen zentrale Heizkraftwerke, die mit Erdgas befeuert werden. In erneuerbaren Systemen erfolgt die zentrale Erzeugung über Großwärmepumpen, grüne Gasen oder industrieller Abwärme. Die thermische Quelle der Großwärmepumpen ist dabei abhängig von den örtlichen Gegebenheiten und kann z.B. das Abwasser eines Klärwerks sein, die Abwärme eines Flusses oder direkt die Umgebungsluft.

Bei Wärmenetzen steht eine potenziell günstigere Wärmeerzeugung den Kosten für den Leitungsbau und den Wärmeverlusten gegenüber. Deswegen sollten Wärmenetze nur in Straßenzügen betrieben werden, in denen eine hohe Wärmeliniendichte vorliegt. Die Wärmeliniendichte gibt an, wieviel Wärme pro Meter abgenommen werden kann. Je höher die Wärmeliniendichte ist, desto besser können die Kosten für die zentrale Erzeugung verteilt werden. Dadurch werden die spezifischen Kosten (ct/kWh) gesenkt und damit auch der Preis für die Wärmebezug über eine Wärmenetz gesenkt. Gemäß dem „Leitfaden Wärmeplanung“, kann ein Wärmenetz ab einer Wärmeliniendichte von 2 MWh/m*a gebaut werden (Ortner, et al., 2024). Der Wert von 2 MWh/m*a gilt jedoch für voll erschlossene Straßenzüge. Besonders in weniger zentral gelegenen Regionen liegt die Anschlussquote deutlich unterhalb dieses Wertes. Deswegen wird eine Wärmeliniendichte von 2 MWh/m*a als bedingt geeignet bezeichnet und ab einer Wärmeliniendichte von 4 MWh/a liegt eine gute Eignung vor. In Bönningstedt sind Gebäude mit einem Wärmebedarf von **19,7 GWh/a** bedingt oder gut geeignet, davon **6,6 GWh/a** mit einer guten Eignung.

Die durchgeführte Analyse zeigt die potenzielle obere Erschließungsgrenze auf Basis der Wärmeliniendichte auf. Neben diesem zentralen Indikator sind jedoch weitere Faktoren relevant, darunter insbesondere die Verfügbarkeit alternativer Versorgungslösungen, wie etwa Wärmepumpen. Diese und weitere qualitative Einflussgrößen werden in der Entwicklung der Zielszenarien systematisch berücksichtigt, um letztlich eine fundierte Einschätzung der potenziellen Erschließungsgebiete für Wärmenetze in Bönningstedt zu ermöglichen.

3.2.11 Zusammenfassung Potenzialanalyse

In Abbildung 3-12 sind die ermittelten Potenziale dem Wärmebedarf gegenübergestellt. Der schraffierte Balken unter „Bedarf – Raumwärme + WW¹“ stellt das Sanierungspotenzial dar. Wärmenetze sind in der Abbildung als dezentral gekennzeichnet müssen jedoch über eine zentrale Erzeugung gespeist werden. Dementsprechend liegt an der Stelle eine Kopplung vor. Im Folgenden sind die thermischen Erzeugungspotenziale zusammengefasst dargestellt:

Gebäudeenergieeffizienz: Durch Sanierungsaktivität können in Bönningstedt bis zu 4 GWh/a eingespart werden.

Tiefe Geothermie: Bönningstedt liegt grundsätzlich in einem Gebiet, in dem sowohl hydro- als auch petrothermische Geothermie möglich sein könnte. Ob tatsächlich nutzbare Wärme im Untergrund vorhanden ist, müssten jedoch erst Probebohrungen bestätigen. Für Tiefen bis etwa 2.500 m wird ein theoretisches Wärme-potenzial von rund 41 GWh pro Jahr angenommen. Trotzdem ist eine Erschließung in Bönningstedt wenig wahrscheinlich. Grund dafür sind das hohe geologische Risiko und die sehr hohen Kosten von Tiefengeothermie. Solche Investitionen lohnen sich nur, wenn es viele potenzielle Wärmeabnehmer gibt. Diese große Nachfrage besteht in Bönningstedt jedoch nicht.

Industrielle Abwärme: Sowohl die Plattform für Abwärme als auch ein Abgleich mit realen Verbrauchsdaten zeigen kein wesentlichen Abwärmepotenziale in Bönningstedt.

Biomasse und Abfall: Die technische Potenzialanalyse für Biomasse und Abfall basiert auf landes- und stadtweiten Daten, die auf die Stadtgröße und Bevölkerungszahl runtergerechnet wurden. Es ergibt sich ein nachhaltiges Potenzial von 30 GWh/a. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit sollte Biomasse nur in Einzelfällen oder zur Spitzenlastdeckung zum Einsatz kommen.

Grundwasser: Nahezu das gesamte bewohnte Gemeindegebiete befindet sich in einem Trinkwassergewinnungsgebiet. Resultierend daraus ist die Genehmigungswahrscheinlichkeit der thermischen Nutzung von Grundwasser-Wärmepumpen gering.

Oberflächennahe Geothermie: Auf Basis der Größe der Flurstücke und dem darauf befindlichen Wärmebedarf, wurde untersucht, ob über eine Sondenlösung der Wärmebedarf gedeckt werden kann. Geeignete Bereiche summieren sich auf 21 GWh/a. Aufgrund des vorliegenden Trinkwassergewinnungsgebiets kann der Betrieb jedoch untersagt werden.

Solarthermie (Freifläche): Auf Basis eines Flächenscreenings wurden Flächen identifiziert, die für solarthermische Anlagen geeignet sein könnten. Das solarthermische Potenzial aller Prioritätsstufen summiert sich auf 432 GWh/a. Unter der Vernachlässigung der untersten Prioritätsflächen verbleibt ein Potenzial von ca. 64 GWh/a. Da die ermittelten Flächen fernab von Abnehmerstrukturen sind und die Solarthermie in der Konkurrenz zur Photovoltaik steht, wird das gesamte Potenzial als unsicher betrachtet. In der Abbildung 3-12 ist das Potenzial der untersten Prioritätsfläche vernachlässigt.

Solarthermie (Dachfläche): Das Potenzial für Solarthermie auf dem Dach wurde mittels des Gebäudemodells auf Basis der Dachfläche und -neigung ermittelt. Das Potenzial beläuft sich auf 27 GWh/a. Da die Solarthermie in der Konkurrenz zur Photovoltaik steht, wird das gesamte Potenzial als unsicher betrachtet.

Dezentrale Umgebungsluft-Wärmepumpe: Bei der Potenzialbewertung wurde jedes Gebäude auf Eignung hinsichtlich der Aufstellorte und Schallemissionen untersucht. Der summierte Wärmebedarf

¹ WW: Warmwasser

aller geeigneten Gebäude beläuft sich auf 36 GWh/a. Nahezu jedes Gebäude in Bönningstedt kann mit einer Umgebungsluft-Wärmepumpe betrieben werden. Detailprüfung und eine umfassende Beratung sind in jedem Fall notwendig.

Zentrale Umgebungsluft-Wärmepumpe: Das Potenzial der zentralen Umgebungsluft-Wärmepumpe wurde auf Basis des potenziellen Wärmenetzgebiets im Zentrum von Bönningstedt evaluiert. Ein thermisches Erzeugungspotenzial von bis zu 11,5 GWh/a auf Grundlage des Wärmebedarfs des Teilgebiets erscheinen realistisch.

Wärmenetze: Wärmenetze können dort zum Einsatz kommen, wo eine hohe Wärmeliniendichte vorliegt. Als ungeeignet gelten Gebiete mit einer Wärmeliniendichte $< 2 \text{ MWh/m}^2\text{a}$. Bedingt geeignet sind Gebiete mit einer Wärmeliniendichte $> 2 \text{ MWh/m}^2\text{a}$ und gut geeignet sind Gebiete mit einer Wärmeliniendichte von $> 4 \text{ MWh/m}^2\text{a}$. In Bönningstedt sind Gebäude mit einem Wärmebedarf von **19,7 GWh/a** bedingt oder gut geeignet, davon **6,6 GWh/a** mit einer guten Eignung.

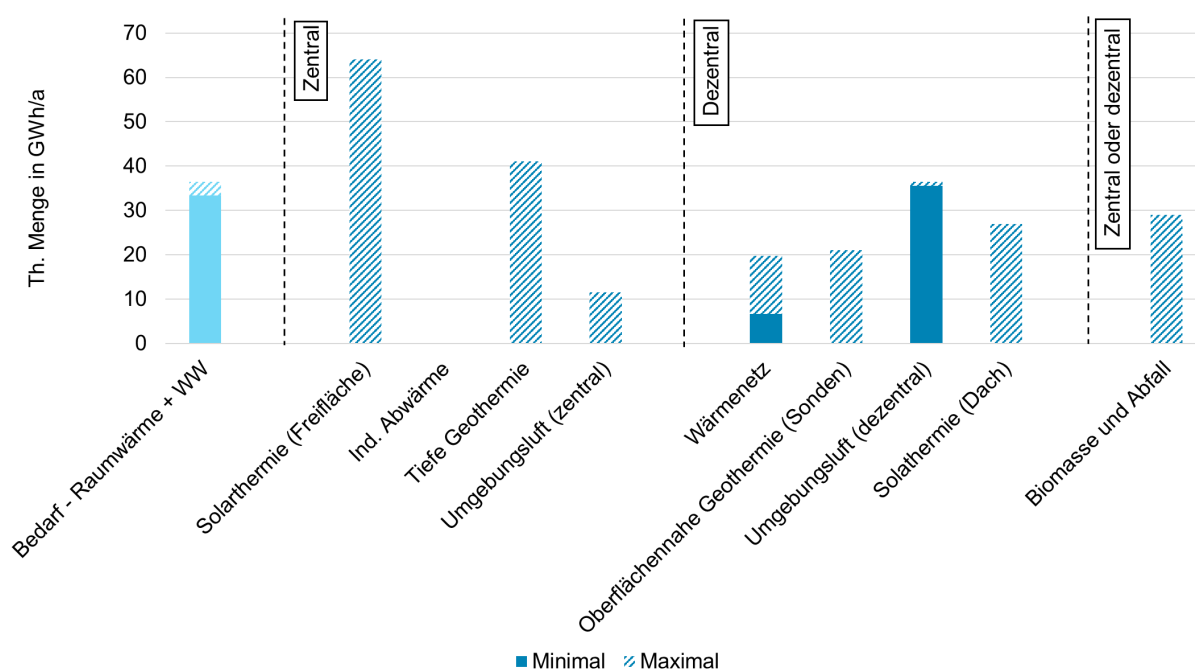


Abbildung 3-12: Gegenüberstellung der Potenziale mit dem Wärmebedarf in Bönningstedt (WW: Warmwasser)

4 WIRTSCHAFTLICHKEIT

4.1 Energiepreisszenarien

Die Energiepreisszenarien basieren auf dem Technikkatalog Wärmeplanung (Version 1.1) als methodischer Grundlage (Ortner, et al., 2024). Für alle Berechnungen wird ein kalkulatorischer Zinssatz von 3,5 % angesetzt. Die zugrunde gelegten Energiepreise orientieren sich am Heizkostenvergleich von ARIADNE sowie an Analysen des Umweltbundesamtes (Meyer, Fuchs, Thomsen, Herkel, & Kost, 2024; Umweltbundesamt, 2025). Sämtliche Energiepreisannahmen wurden auf das aktuelle Preisniveau sowie die lokalen Rahmenbedingungen normiert, um eine konsistente Vergleichbarkeit sicherzustellen. Die Auswertung erfolgt ohne Berücksichtigung von Inflationseffekten (reale Preise).

4.2 Methodik und Annahmen

Die Bewertung erfolgt als technologieübergreifender Vergleich zwischen Umgebungsluft-Wärmepumpen, Wärmenetzlösungen sowie einem Referenzfall mit Erdgaskessel. Die Analyse stützt sich auf vier repräsentative Referenzgebäude, welche die örtlichen Gebäudetypologien und Laststrukturen abbilden. Eine Aussage zu dem Sanierungsstand eines Gebäudes kann über das Verhältnis des Wärmeverbrauchs zur Wohnfläche getroffen werden. Die Division durch die Wohnfläche dient dafür als Vergleichsgröße zwischen unterschiedlichen Gebäuden. In Tabelle 4-1 sind die Charakteristika der vier Referenzgebäude dargestellt.

Tabelle 4-1: Charakteristische Eigenschaften der betrachteten Referenzgebäude im Vollkostenvergleich

	WG1	WG2	WG3	WG4
Gebäude-typ	Einfamilienhaus (EFH)	Einfamilienhaus (EFH)	Reihenhaus (RH)	Mehrfamilienhaus (MFH)
Baualters-klasse	1964	2006	1994	1964
Beheizte Fläche [m²]	132	146	104	2.137
Sanierungsstand [kWh/m²]	131 Energieklasse E	110 Energieklasse D	121 Energieklasse D	118 Energieklasse D

Für die betrachteten Technologien werden die relevanten Wirkungsgrade bzw. Leistungszahlen hinterlegt und in Tabelle 4-2 dargestellt. In Abbildung 4-1 sind die Förderanteile nach Bundesförderung für effiziente Gebäude in Abhängigkeit des Anschaffungsjahres aufgetragen. Für Erdgaskessel wird die höchste Unsicherheit angenommen, die sich besonders aus dem schwer einschätzbaren Preiskomponenten CO₂-Preis, Biomethanpreis und Netzentgelten zusammensetzen.

Tabelle 4-2: Annahmen zu Effizienzen, Lebensdauern und Unsicherheiten der betrachteten Heiztechnologien

Wärmeerzeuger	Effizienz	Lebensdauer	Unsicherheit
Umgebungsluft-Wärmepumpe	Abhängig von dem Sanierungsstand des Gebäudes 50 kWh/m ² : 334 % 100 kWh/m ² : 278 % 150 kWh/m ² : 245 %	18 Jahre	Investitionskosten: <ul style="list-style-type: none">• +-20 % Betriebskosten: <ul style="list-style-type: none">• +10 % (2,5 % steigend zum nächst höchsten Betrachtungszeitraum)• -5 % (konstant)
Wärmenetz	99 %	25 Jahre	Investitionskosten: <ul style="list-style-type: none">• +-20 % Betriebskosten: <ul style="list-style-type: none">• +5 % (2,5 % steigend zum nächst höchsten Betrachtungszeitraum)• -5 % (konstant)
Erdgaskessel	94 %	20 Jahre	Investitionskosten: <ul style="list-style-type: none">• +-20 % Betriebskosten: <ul style="list-style-type: none">• +15% (2,5 % steigend zum nächst höchsten Betrachtungszeitraum)• -5 % (konstant)

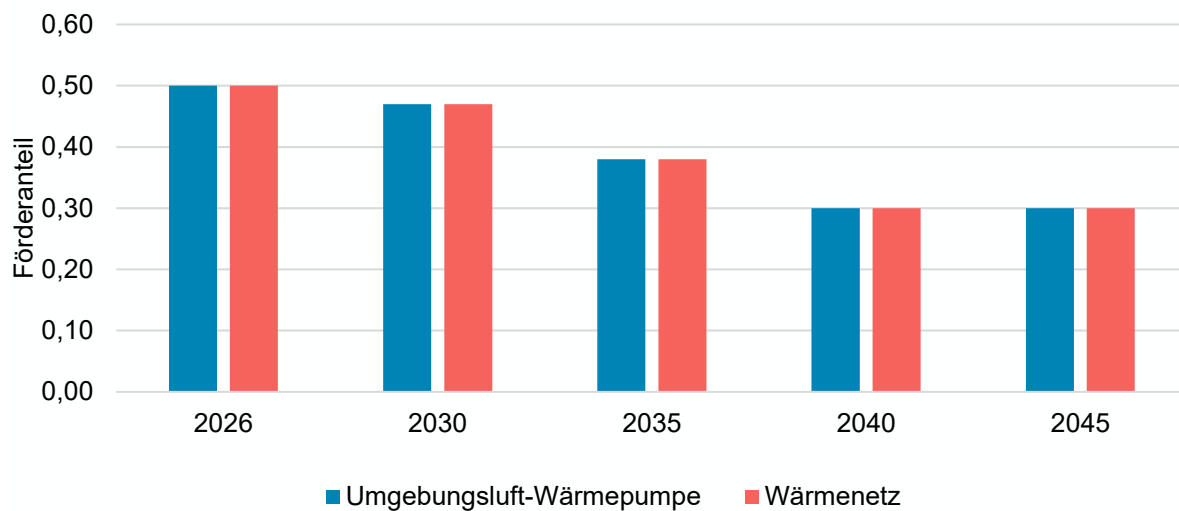


Abbildung 4-1: Förderanteile zu den Heiztechnologien nach der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) aufgetragen über die Anschaffungsjahre

Im Zentrum steht die Analyse der Wärmegestehungskosten (LCOH) als maßgebliches Kriterium zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Die LCOH werden nach der Annuitätenmethode ermittelt:

- Investitionskosten werden über die technische Lebensdauer als konstante jährliche Annuität mit dem oben genannten Diskontsatz von 3,5 % verteilt.
- Betriebs- und Wartungskosten werden über den Betrachtungszeitraum diskontiert, sodass ihr heutiger Wert in die Berechnung eingeht.
- Es wird eine konstante jährliche Wärmemenge angenommen, die nicht diskontiert wird.

Damit ergeben sich die LCOH als Quotient aus der diskontierten Summe der jährlichen Kosten (Annuität der Investition zuzüglich abgezinster Betriebskosten) und der konstant angenommenen Jahreswärmeerzeugung. Dieser Ansatz gewährleistet eine technologie- und objektübergreifende Vergleichbarkeit der spezifischen Wärmegestehungskosten und bildet die Grundlage für die anschließende Bewertung der wirtschaftlich sinnvoll zu erschließenden Optionen.

Die potenziell erforderlichen Sanierungskosten zur Einhaltung der für Umgebungsluft-Wärmepumpen notwendigen Vorlauftemperaturen wurden nicht berücksichtigt. Wie Abschnitt 3.2.6 zeigt, ist eine energetische Sanierung für den effizienten Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe in aller Regel **nicht notwendig** und stellt lediglich in seltenen Ausnahmefällen eine Voraussetzung dar. Unabhängig davon kann eine energetische Sanierung grundsätzlich sinnvoll sein, um langfristig Betriebskosten zu senken.

4.3 Ergebnisdarstellung Wirtschaftlichkeit

Für jedes Referenzgebäude werden die Wärmegestehungskosten sowie die Investitionskosten der jeweils betrachteten Heiztechnologien ausgewiesen.

Wärmegestehungskosten

- Die dargestellten Zeiträume (z. B. 2030 bis 2055) beziehen sich auf einen angenommenen Heizungsträgerwechsel im Jahr 2030. In die Berechnung fließen sämtliche Betriebs- und Wartungskosten der Jahre 2030 bis 2055 ein.
- Liegt die technische Lebensdauer einer Heiztechnologie unter dem betrachteten Zeitraum von 20 Jahren, werden Ersatzinvestitionen berücksichtigt, um eine vergleichbare Bewertung sicherzustellen.
- In den Grafiken sind die Betriebskostenanteile hell und die Investitionskostenanteile dunkel dargestellt.

Investitionskosten

- Für alle untersuchten Heizungssysteme werden die Investitionskosten für drei unterschiedliche Anschaffungsjahre dargestellt.
- Das jeweilige Jahr gibt an, wann der Heizungsträger angeschafft wurde.
- Da die Förderquoten in den kommenden Jahren sinken, reduziert sich entsprechend auch der in den Darstellungen schraffiert gekennzeichnete Förderanteil.

Interpretation

- Über alle Referenzgebäude hinweg (Ausnahme: Mehrfamilienhauses Baujahr 1964) weisen **Erdgaskessel die höchsten Wärmegestehungskosten** auf. Unter Einbeziehung der Unsicherheiten im Kostenpfad des Erdgases liegen die Wärmegestehungskosten des Erdgaskessels im Zeitraum 2030 bis 2055 auf einem höheren Niveau wie die eines Wärmenetzes. Sollte die Anschaffung nach 2030 geschehen, so ist die Tendenz, dass die Variante mit dem Erdgaskessel deutlich teurer sein wird.
- **Umgebungsluft-Wärmepumpen** erzielen über alle betrachteten Gebäudetypen hinweg die **niedrigsten Wärmegestehungskosten**. Mit abnehmendem energetischen Sanierungsstand verringern sich jedoch die Kostenabstände zwischen Umgebungsluft-Wärmepumpen und den übrigen untersuchten Wärmeerzeugern.
- In allen Referenzgebäuden verursachen **Umgebungsluft-Wärmepumpen die höchsten Investitionskosten**, auch unter Berücksichtigung der Bundesförderung. Diese höheren Anfangsinvestitionen führen jedoch zu deutlich geringeren Betriebs- und Gesamtkosten, was sich in den niedrigen Wärmegestehungskosten widerspiegelt.

Fazit

Auf Grundlage des Vollkostenvergleichs ist aufgrund der hohen langfristigen Kosten und der damit verbundenen erheblichen Preisunsicherheiten ausdrücklich von der Investition in einen Erdgaskessel abzuraten. Der Anschluss an ein Wärmenetz verursacht in der Regel höhere Wärmegestehungskosten als der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe, bietet jedoch bestimmte Komfortvorteile, wie einen geringen Platzbedarf sowie das Entfallen von Schallemissionen. Sollten für den effizienten Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe umfassende Sanierungsmaßnahmen notwendig sein, was, wie Abschnitt 3.2.6 zeigt, nur in sehr seltenen Ausnahmefällen zutrifft, kann eine Kostenparität mit einem Wärmenetzanschluss entstehen. Vor jeder Investitionsentscheidung sollte daher zwingend eine neutrale, objektive Einzelfallberatung in Anspruch genommen werden.

4.3.1 Referenzgebäude 1 – Einfamilienhaus 1964

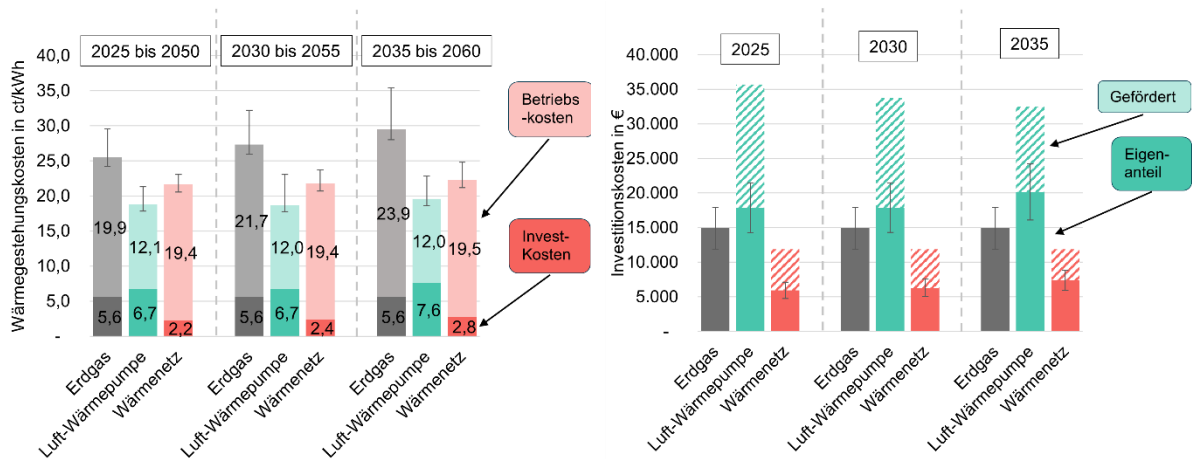


Abbildung 4-2: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 1.

Abbildung 4-3: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 1.

4.3.2 Referenzgebäude 2 – Einfamilienhaus 2006

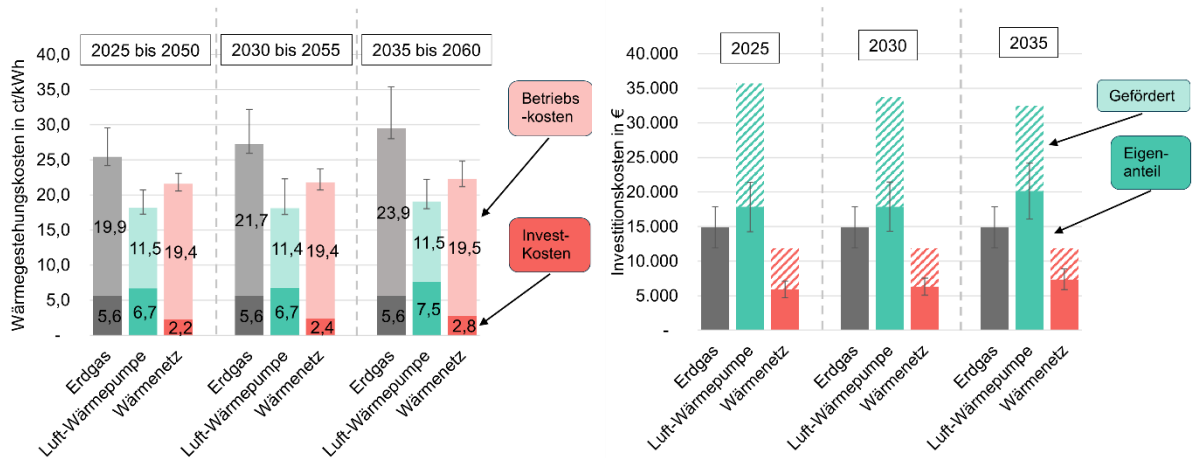


Abbildung 4-4: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 2.

Abbildung 4-5: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 2.

4.3.3 Referenzgebäude 3 – Reihenhaus 1994

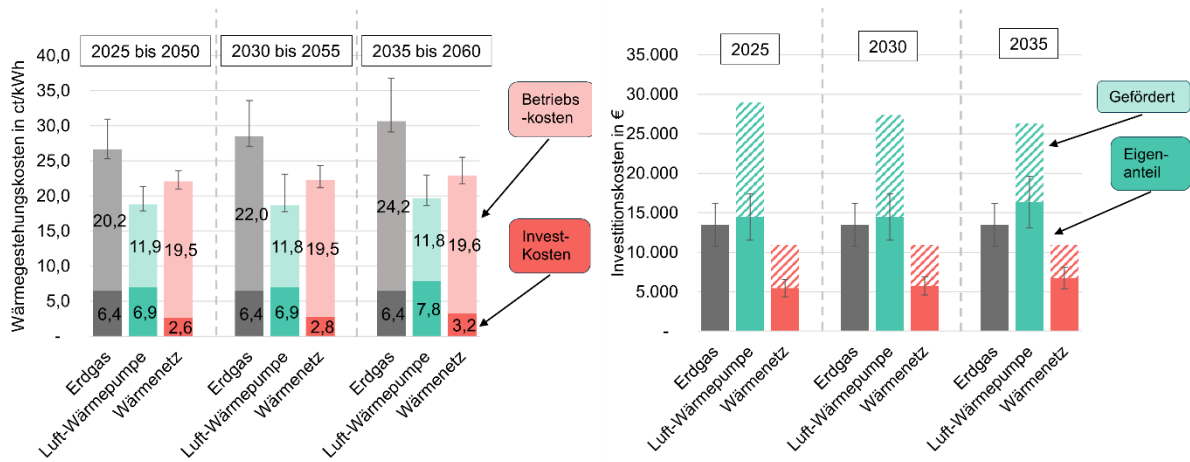


Abbildung 4-6: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 3.

Abbildung 4-7: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 3.

4.3.4 Referenzgebäude 4 – Mehrfamilienhaus 1964

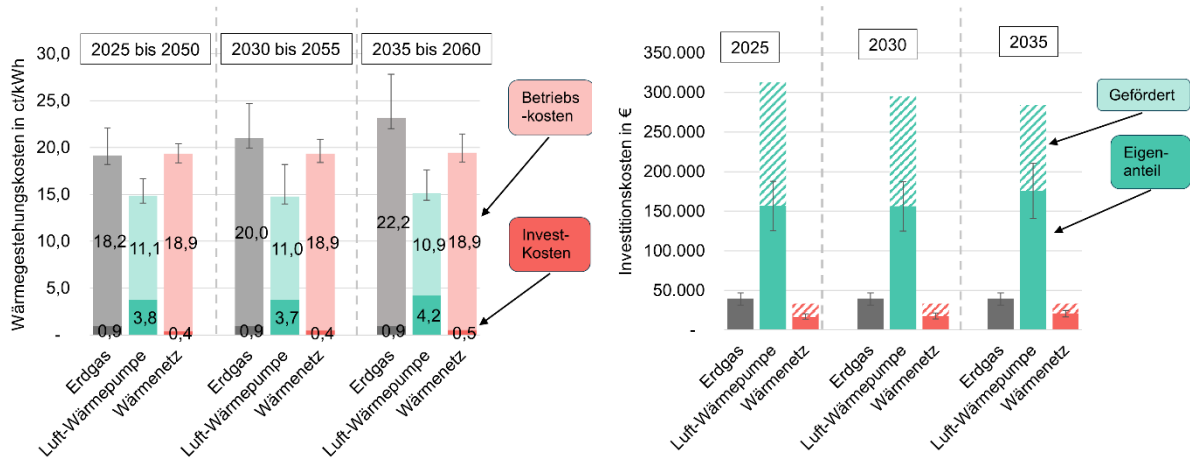


Abbildung 4-8: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 4.

Abbildung 4-9: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 4.

5 ZIELSZENARIO

Innerhalb des Zielszenarios werden die Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse verzahnt, um daraus ein Zielszenario abzuleiten. Zudem wird das Planungsgebiet in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete eingeteilt.

5.1 Versorgungsvarianten

Das Wärmeplanungsgesetz (WPG) schreibt die Einteilung der Teilgebiete in folgende Versorgungsoptionen vor:

- Wärmenetzgebiet
- Dezentrales Versorgungsgebiet
- Wasserstoffnetzgebiet
- Prüfgebiet

In **Wärmenetzgebieten** sind Wärmenetze die präferierte Versorgungsoption. Wärmenetze bestehen aus einem Netz von Rohrleitungen, durch das heißes Wasser oder Dampf von einem zentralen Wärmeerzeuger hinzu den Endverbrauchern transportiert wird. Als zentrale Wärmeerzeuger dienen aktuell in den meisten Fällen zentrale Heizkraftwerke.

Dezentrale Versorgungsgebiete sind Teilgebiete, in denen eine dezentrale Versorgungsoption über zum Beispiel dezentrale Wärmepumpen bevorzugt wird.

Wasserstoffnetzgebiete sind Teilgebiete, in denen die Versorgung mittels leitungsgebundenem Wasserstoff präferiert wird. Wasserstoffnetze wurden nicht weiter betrachtet, da nach aktuellem Kenntnisstand ein wirtschaftlicher Betrieb von Wasserstoffkesseln in absehbarer Zeit nicht realistisch erscheint. Ausschlaggebend hierfür sind die hohen Energiekosten für grünen Wasserstoff, der zudem im Wettbewerb mit industriellen Anwendungen steht, sowie die erheblichen Investitionskosten für den Aufbau einer entsprechenden Wasserstoffinfrastruktur. Bestehende Erdgasnetze können außerdem nicht ohne umfangreiche Anpassungsmaßnahmen für den Transport von Wasserstoff genutzt werden.

Prüfgebiete sind Gebiete, bei denen nach aktuellem Wissenstand keine finale Entscheidung über die voraussichtliche Wärmeversorgung getroffen werden kann. Die Prüfgebiete müssen in der Fortschreibung der Wärmeplanung erneut evaluiert werden und sind nach aktuellem Stand noch nicht sicher für eine Wärmeversorgung über ein Wärmenetz vorzusehen.

Die Einordnung der Teilgebiete in die voraussichtlichen Wärmeversorgungsvarianten dient als **strategisches Planungsinstrument**. Es handelt sich um eine Prioritätensetzung mit strategischem Blick und langfristiger Perspektive, durch die die Wahrscheinlichkeit des Baus eines Wärmenetzes erheblich erhöht wird. Unabhängig von der Festlegung in der kommunalen Wärmeplanung bleibt der Einbau einer dezentralen Option stets möglich. Für dezentral versorgte Teilgebiete lässt sich hingegen feststellen, dass die Wahrscheinlichkeit für den Bau eines Wärmenetzes gegen null tendiert.

Der Einbau von Heizsystemen mit **fossilen Energieträgern** (z. B. Erdgas-Kessel) sollte selbst in den Übergangsfristen (bis 30.06.2028) des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) vermieden werden. Die Nachteile überwiegen die vermeintlichen Vorteile im Komfort deutlich. Heizungssysteme mit fossilem Energieträger, die in der Übergangsfrist eingebaut werden, müssen folgende Anteile an Biomasse oder Wasserstoff beinhalten:

- Bereits geltend in Schleswig-Holstein: Mindestens 15 Prozent (Gebäude älter als 2009)
- Ab 01.01.2029: Mindestens 15 Prozent (Alle Gebäude)
- Ab 01.01.2035: Mindestens 30 Prozent

- Ab 01.01.2040: Keine fossilen Energieträger mehr erlaubt

Die Perspektive des leitungsgebundenen Gasbezugs ist zunehmend von erheblichen wirtschaftlichen Risiken geprägt, da sich die Betriebskosten aufgrund verschiedener regulatorischer und marktbasierter Entwicklungen deutlich erhöhen. Der steigende CO₂-Preis, die verpflichtende Erhöhung des Anteils erneuerbarer Gase sowie wachsende Netzentgelte führen bereits heute zu spürbaren Belastungen für Endverbraucher und lassen künftig weiter steigende Kosten erwarten. Mit der Ausweitung des CO₂-Handels ab 2028 erhöhen sich die Gaspreise zusätzlich, da der CO₂-Preis künftig marktbasierend ermittelt wird und somit ein beträchtliches Preisrisiko entsteht. Parallel dazu müssen die erneuerbaren Gasanteile schrittweise ausgeweitet werden, was gegenwärtig überwiegend bilanziell über Biomethan erfolgt. Da Biomethan jedoch nur in begrenzten Mengen verfügbar ist und die Nachfrage voraussichtlich weiter steigt, ist mit deutlichen Preissteigerungen zu rechnen, während das Angebot weitgehend konstant bleibt.

Zusätzlich verschärfen sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für Gasnetze durch steigende Netzentgelte. Mit jedem weiteren Haushalt, der sich vom Gasnetz trennt, verteilt sich die Finanzierung der Infrastrukturkosten auf eine sinkende Zahl von Anschlussnehmern, sodass die Kosten pro Haushalt kontinuierlich zunehmen. Dieser Trend beeinträchtigt die Wirtschaftlichkeit des Netzbetriebs zunehmend und kann langfristig dazu führen, dass einzelne Netzabschnitte nicht mehr kostendeckend betrieben werden können. In solchen Fällen ist eine Stilllegung ganzer Netzbereiche möglich, die in der Regel mit einem zeitlichen Vorlauf von etwa 10 Jahren angekündigt wird. Es ist davon auszugehen, dass das Gasnetz ab dem Jahr 2040 nicht mehr in der Form existieren wird, wie es heute ist.

5.2 Methodischer Ansatz

Gemäß §18 WPG soll die Einteilung der voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebiete unter Berücksichtigung der folgenden Stichpunkte geschehen:

- Geringe Wärmegestehungskosten
- Geringe Realisierungsrisiken
- Hohes Maß an Versorgungssicherheit
- Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen

Die Einteilung der Gebiete erfolgte im engen Austausch mit der Arbeitsgruppe Wärme in einem iterativen Prozess. Für die Einteilung wurde eine Matrix-Punkte-Bewertung verwendet. Im Folgenden werden die Einflüsse auf die Bewertungsmethodik erläutert.

5.2.1 Geringe Wärmegestehungskosten

Geringe Wärmegestehungskosten sind der wohl ausschlaggebendste Punkt für Investitionsentscheidungen. Dabei müssen zum einen die Investitionskosten aber auch die laufenden Kosten für den Betrieb der Heizungsanlage berücksichtigt werden. Besonders die Quantifizierung der laufenden Kosten über die Lebensdauer der Heizungsanlage ist herausfordernd und mit Unsicherheit versehen. Deswegen sollte die Einordnung des beplanten Gebiets nie alleine auf Basis der Wärmegestehungskosten geschehen.

5.2.2 Geringe Realisierungsrisiken und hohes Maß an Versorgungssicherheit

Die Evaluierung der Realisierungsrisiken und der Versorgungssicherheit sind schwer voneinander zu trennen und werden zusammen bewertet. Folgende Größen werden zur Bewertung herangezogen:

- Wärmeliniendichte
- Anzahl der Großverbraucher/Mehrfamilienhäuser
- Potenzialanalyse Umgebungsluft-Wärmepumpe
- Spezifischer Wärmebedarf
- Abstand zum zentralen Wärmenetz

Wärmeliniendichte: Die Wärmeliniendichte gibt an, wieviel Wärme pro Meter abgenommen werden kann. Je höher die Wärmeliniendichte ist, desto besser können die Kosten für die zentrale Erzeugung verteilt werden. Eine hohe Wärmeliniendichte ermöglicht somit den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes. Gemäß dem „Leitfaden Wärmeplanung“, kann ein Wärmenetz ab einer Wärmeliniendichte von 2 MWh/m*a gebaut werden (Ortner, et al., 2024). Die Wärmeliniendichte wird in einem räumlichen Teilgebiet auch in 20 Jahren annähernd identisch bleiben.

Anzahl der Großverbraucher/Mehrfamilienhäuser: Die Anzahl der Großverbraucher beziehungsweise Mehrfamilienhäuser ist ein zentraler Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes. Für den Aufbau oder die Erweiterung eines Netzes sind verbindliche Zusagen der zukünftigen Abnehmer essenziell, um das Investitionsrisiko zu reduzieren. Aus Sicht des Wärmenetzbetreibers ist es besonders attraktiv, große Wärmemengen an eine vergleichsweise geringe Zahl von Kunden liefern zu können. Eine solche konzentrierte und gut planbare Abnahmebasis erhöht die Versorgungssicherheit, verbessert die Auslastung der Erzeugungsanlagen und steigert insgesamt die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Projektrealisierung.

Potenzialanalyse Umgebungsluft-Wärmepumpe: Im Rahmen der Potenzialanalyse für Umgebungsluft-Wärmepumpen wurde jedes Gebäude auf die Eignung hinsichtlich der Schallemissionen für Umgebungsluft-Wärmepumpen bewertet. Teilgebiete mit einer

durchschnittlich hohen Eignung (Gebiete mit viel Abstand zu den Nachbarn) sind besser geeignet für die Versorgung über dezentrale Umgebungsluft-Wärmepumpen als Gebiete mit einer geringen Eignung (dicht bebaute Gebiete).

Spezifischer Wärmebedarf: Der spezifische Wärmebedarf liefert einen ersten Anhaltspunkt dafür, ob Umgebungsluft-Wärmepumpen in Bezug auf die Vorlauftemperaturen in einem Teilgebiet geeignet sind. Ein hoher spezifischer Wärmebedarf deutet auf einen schlechten Sanierungszustand hin, wodurch die Versorgung mittels einer Umgebungsluft-Wärmepumpe weniger effizient ist. Resultierend daraus wurden Gebiete mit einem durchschnittlich hohen spezifischen Wärmebedarf als ungeeigneter für die dezentrale Versorgung bewertet als Gebiete mit einem durchschnittlich niedrigen spezifischen Wärmebedarf.

Abstand zum zentralen Wärmenetz: Ein niedriger Abstand zum zentralen Wärmenetz erweist sich als vorteilhaft für die Wärmeversorgung mittels eines Wärmenetzes. Dadurch ist die Wahrscheinlichkeit geringer, dass ein zusätzlicher zentraler Erzeuger für ein Wärmenetz benötigt wird. Die Wahrscheinlichkeit ist erhöht, dass das Teilgebiet in das zentrale Wärmenetz integriert werden kann.

5.2.3 Geringe kumulierte Treibhausgasemissionen

Die kommunale Wärmeplanung zielt auf eine langfristige Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) ab, die für alle Verbraucher:innen möglichst kostengünstig gestaltet wird. Gemäß dem Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWKG) in Schleswig-Holstein müssen alle bereits bestehenden und neuen Wärmenetze stufenweise bis zum Jahr 2040 anteilig zu 100 % aus erneuerbaren Energien, unvermeidbarer Abwärme oder einer Kombination aus beiden gespeist werden.

Die Ziele zur Transformation des Stromsektors sind im EEG festgelegt. Gemäß des §1 EEG 2023 müssen bis 2030 80 % des Brutto-Stromverbrauchs aus erneuerbaren Energien kommen. Auf Basis der Zielsetzung nach dem Bundes-Klimaschutzgesetz, wird davon ausgegangen, dass der Stromsektor bis 2045 THG-neutralen Strom liefert. Wasserstoff ist ebenfalls THG-neutral, sofern dieser aus erneuerbaren Energien erzeugt wird. Da alle Versorgungsoptionen in der langfristigen Perspektive THG-neutral agieren und dieses Ziel zum gleichen Zeitpunkt erreichen, wurde das Kriterium der kumulierten THG-Emissionen nicht berücksichtigt.

5.3 Auswertung und Interpretation der Bewertungsmatrix

Die kommunale Wärmeplanung zielt auf eine langfristige Treibhausgasneutralität (THG-Neutralität) ab, die für alle Verbraucher:innen möglichst kostengünstig gestaltet wird. In Tabelle 5-1 ist die Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Wärmenetz dargestellt.

Neben der dargestellten Punkte-Matrix-Bewertung wurde zusätzlich noch ein Szenario berechnet, bei dem die Vollkosten keinen Einfluss haben. Die Gewichtunganteile verteilen sich gleichmäßig auf die restlichen Kategorien. Ein solches Szenario ist sinnvoll, da die Prognose der Vollkosten mit großen Unsicherheiten belegt ist. Zudem zeigt sich, dass teilweise mit dem Komfort eines Wärmenetzes eine höhere Zahlungsbereitschaft einhergeht.

Tabelle 5-1: Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Wärmenetz

Kategorie	Einheit	1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.	Gewichtung
Wärmelinienendichte	MWh/m*a	1	1,5	2	3	0,55
Anteil der Gebäude mit geringsten Wärmegestehungskosten für Wärmenetz	%	20	40	60	80	0,225
Wärmebedarf pro Gebäude	MWh/Geb.	10	20	30	40	0,225

In Tabelle 5-2 ist die Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Umgebungsluft-Wärmepumpe dargestellt.

Tabelle 5-2: Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Umgebungsluft-Wärmepumpe

Kategorie	Einheit	1 Pkt.	2 Pkt.	3 Pkt.	4 Pkt.	Gewichtung
Spezifischer Wärmebedarf	kWh/m ²	150	100	75	50	0,35
Wärmebedarf pro Gebäude	MWh/Geb.	40	30	20	10	0,25
Eignung Umgebungsluft-Wärmepumpe (Potenzialanalyse)	Niedrig (schlecht) Hoch (gut)	1	2	3	4	0,3
Anteil der Gebäude mit geringsten Wärmegestehungskosten für Wärmepumpen	%	20	40	60	80	0,1

Im Rahmen der Abbildung 5-1 und Abbildung 5-4 werden die kartografischen Resultate der Punkte-Matrix-Bewertungen dargestellt, die anschließend in Wahrscheinlichkeiten überführt wurden. Einer Punktzahl zwischen null und eins wurde die Kategorie sehr unwahrscheinlich zugeordnet, zwischen eins und zwei die Kategorie unwahrscheinlich, zwischen zwei und drei die Kategorie wahrscheinlich und zwischen drei und vier die Kategorie sehr wahrscheinlich. Diese Wahrscheinlichkeiten dienen ausschließlich als erste indikative Einschätzung und stellen weder ein verbindliches Zusage- noch ein Ausschlusskriterium dar. Ergänzend wurden qualitative Einflussfaktoren berücksichtigt, die sich im Rahmen der Punkte-Matrix-Bewertung nicht quantifizieren lassen, jedoch für die Gesamteinschätzung von Relevanz sind. Die finale Einteilung der Gebiete erfolgte im engen Austausch mit dem politischen Kreis in einem iterativen Prozess und ist in Abbildung 5-5 dargestellt.

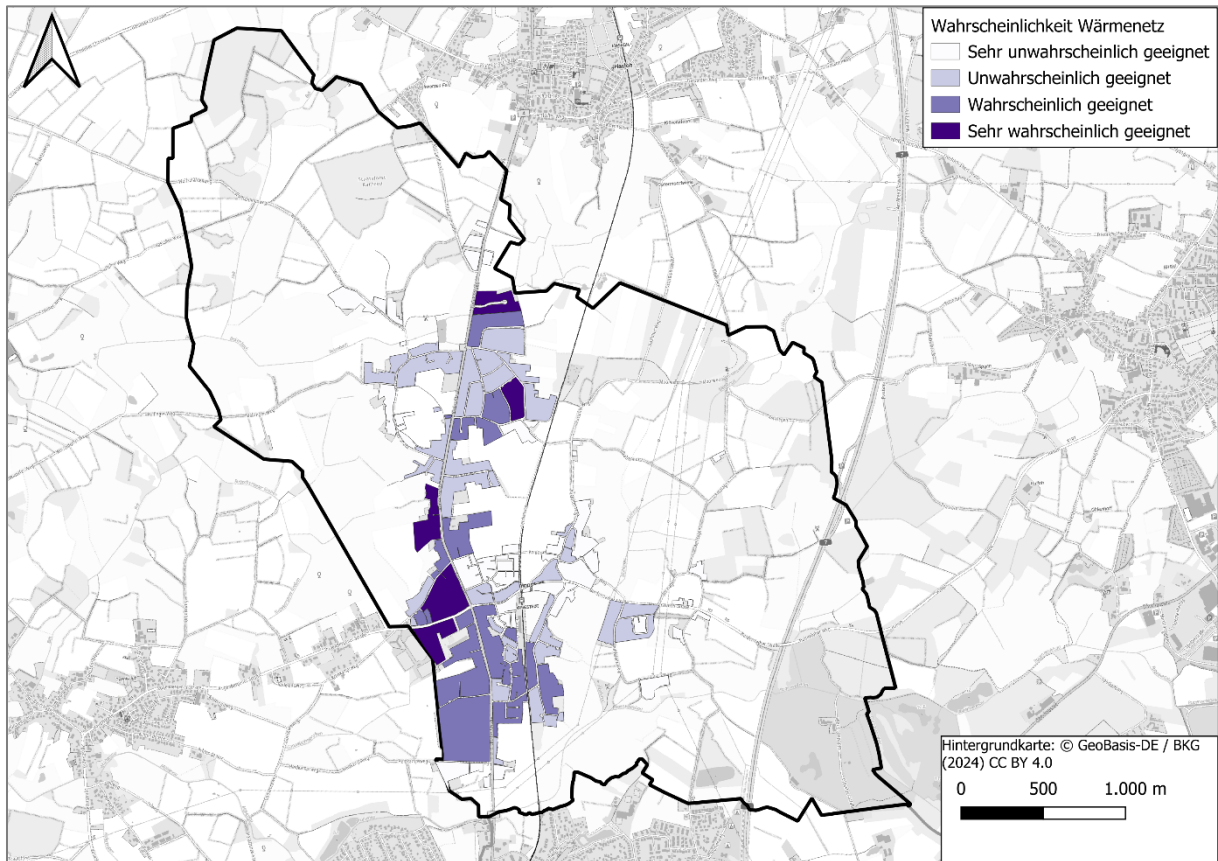


Abbildung 5-1: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels Wärmenetz versorgt werden zu können (Unter Berücksichtigung der potenziellen Wärmegestehungskosten)

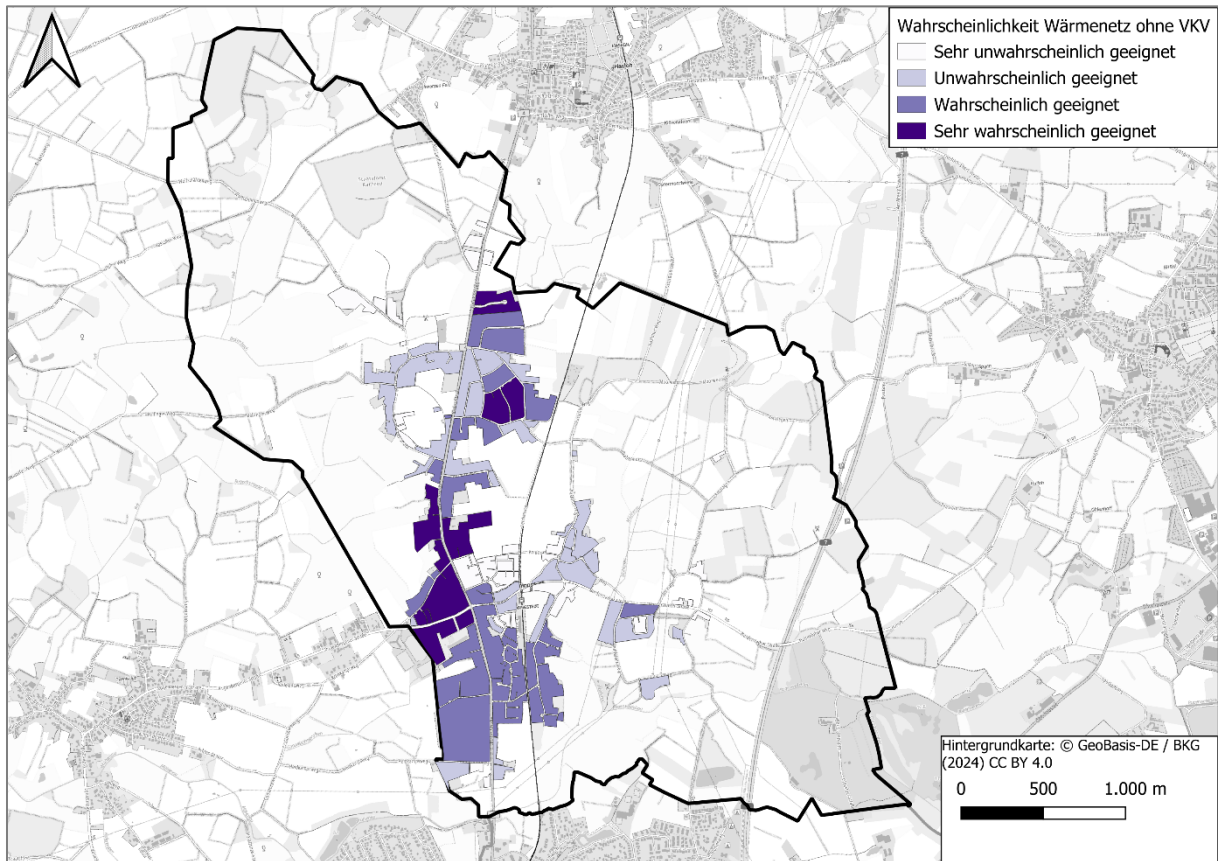


Abbildung 5-2: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels Wärmenetz versorgt werden zu können (Unter Vernachlässigung der potenziellen Wärmegestehungskosten)

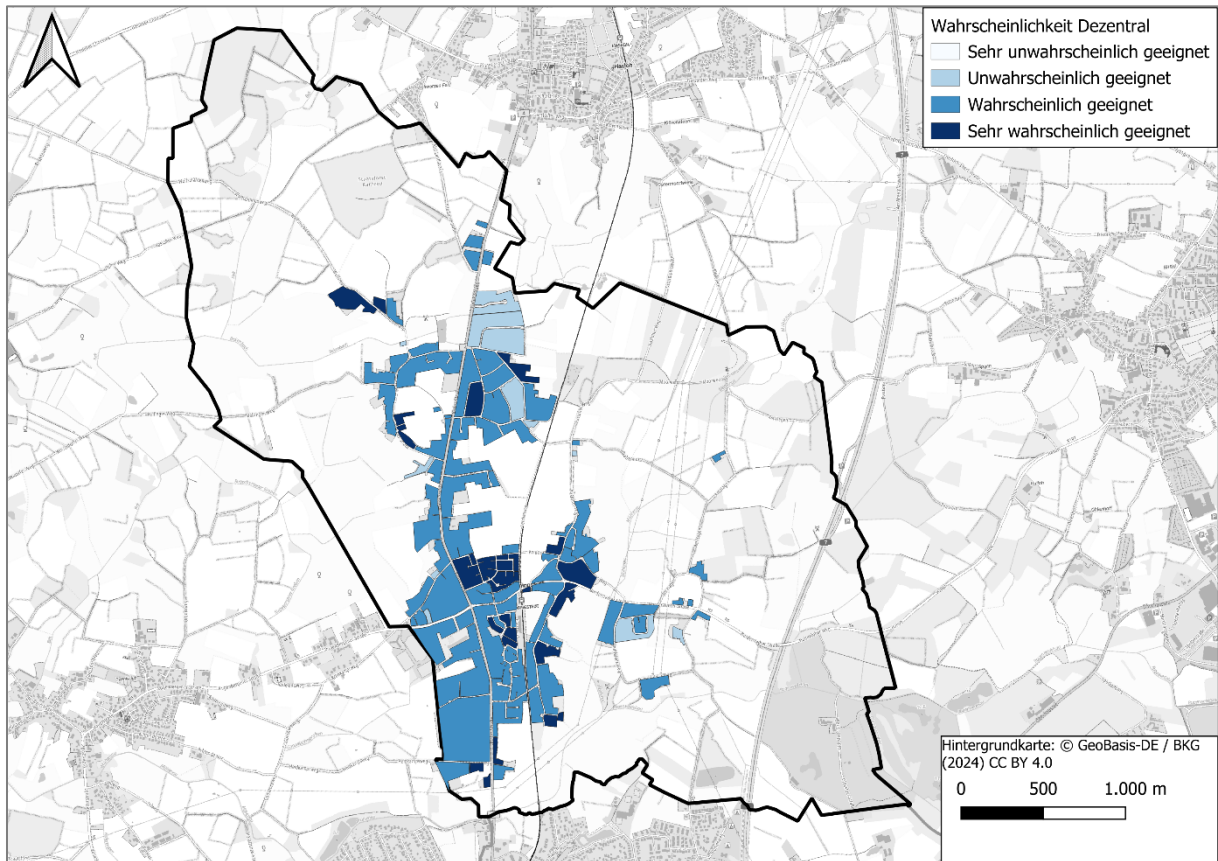


Abbildung 5-3: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels dezentraler Varianten versorgt werden zu können

(Dezentrale Versorgung kann nahezu überall eine Option sein. Einzelfallprüfung trotz dargestellter Wahrscheinlichkeiten grundsätzlich notwendig. Auch in Unwahrscheinlich gekennzeichneten Bereichen ist der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe nicht kategorisch ausgeschlossen. Schallschutzmaßnahmen können jedoch notwendig sein. Potenzielle Wärmegestehungskosten wurden berücksichtigt.)

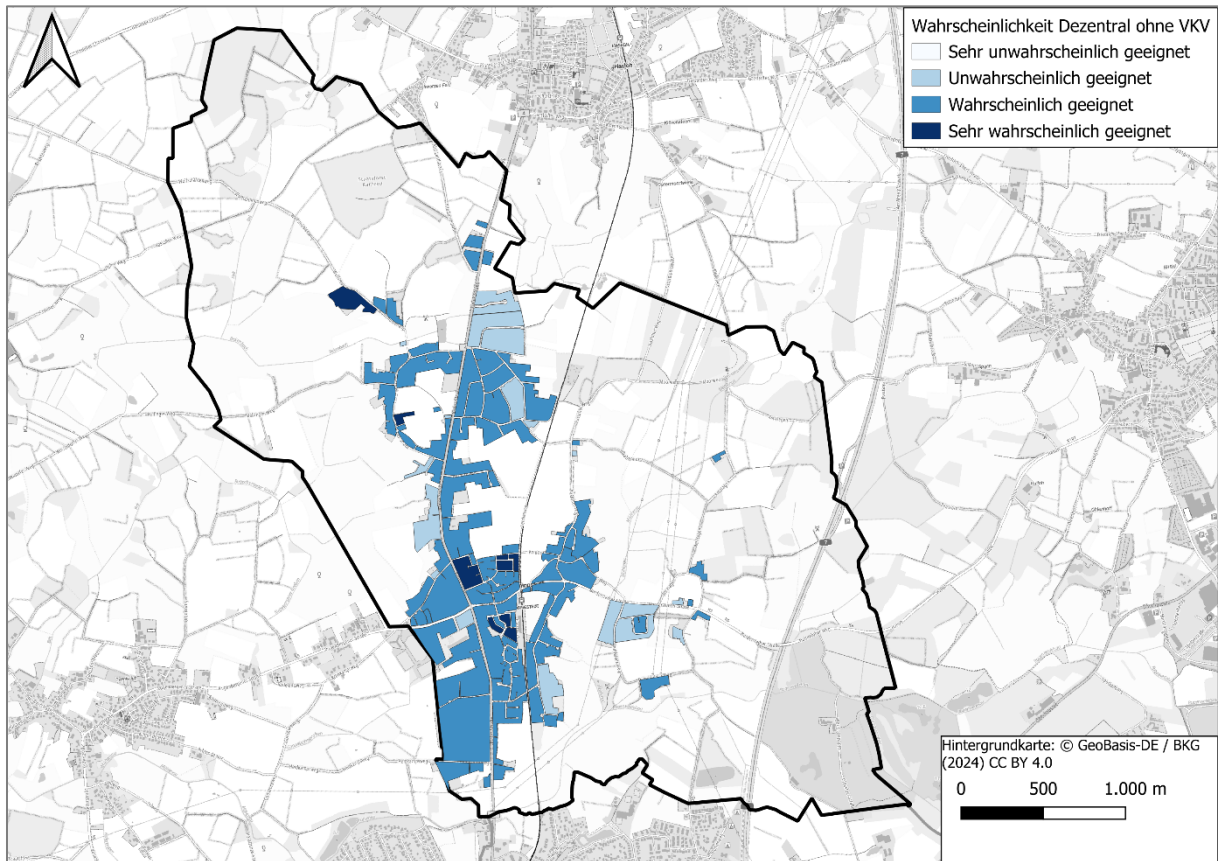


Abbildung 5-4: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels dezentraler Varianten versorgt werden zu können

(Dezentrale Versorgung kann nahezu überall eine Option sein. Einzelfallprüfung trotz dargestellter Wahrscheinlichkeiten grundsätzlich notwendig. Auch in Unwahrscheinlich gekennzeichneten Bereichen ist der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe nicht kategorisch ausgeschlossen. Schallschutzmaßnahmen können jedoch notwendig sein. Potenzielle Wärmegestehungskosten wurden nicht berücksichtigt.)

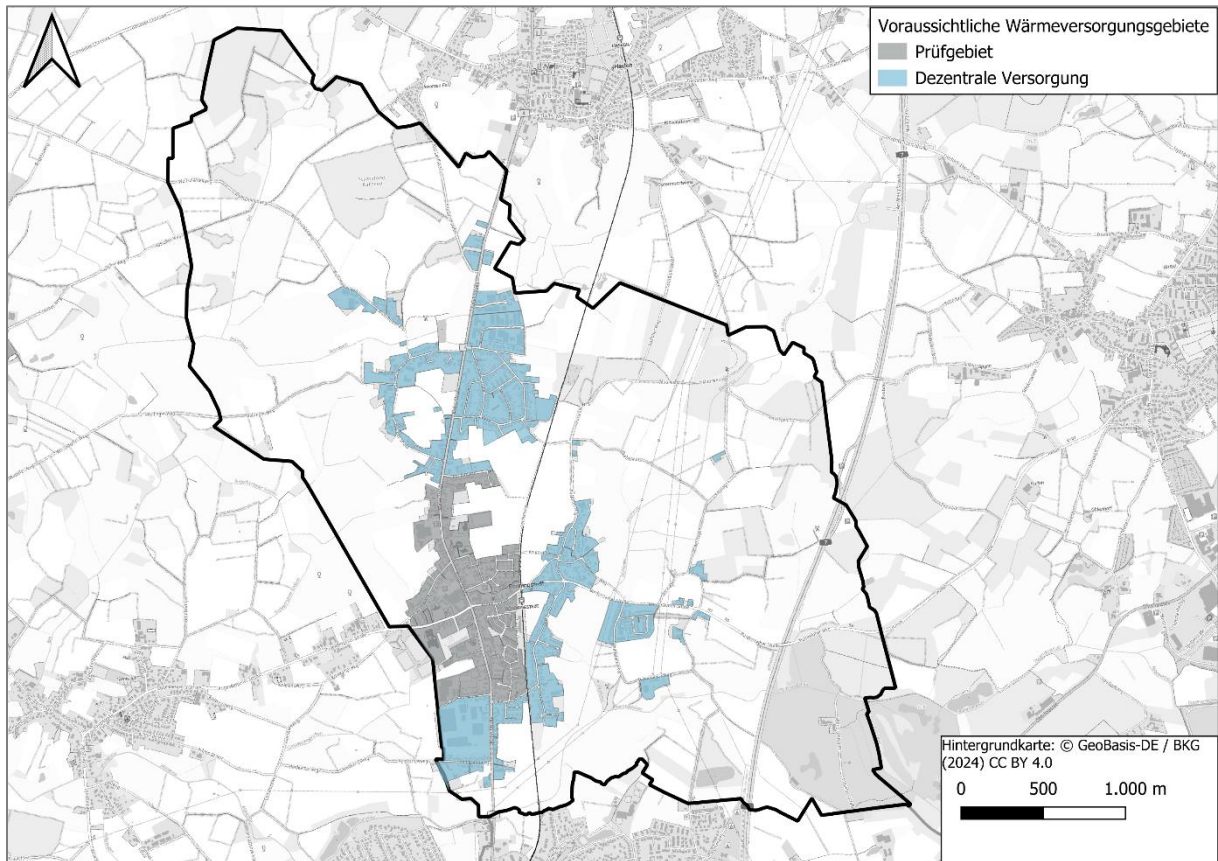


Abbildung 5-5: Einteilung der Teilgebiete in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete

5.4 Endenergie- und Treibhausgasbilanz

In Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7 sind die Endenergiebedarfe für Raumwärme bis 2040 nach Energieträger und im Zieljahr 2040 zusätzlich nach Sektor dargestellt. Der Endenergiebedarf entspricht der Menge an Energie, die der Heizanlage zugeführt werden muss, um den Bedarf zu decken, bei einer Gastherme die Menge an Erdgas und bei einer Wärmepumpe die Menge an Strom. Bei Prüfgebieten (im Bereich des Gemeindezentrums) ist offen, ob ein Wärmenetz oder eine dezentrale Versorgung besser geeignet ist. Um diese Frage zu beantworten werden weiterführende Untersuchungen im Anschluss der Wärmeplanung durchgeführt (s. Maßnahme 3).

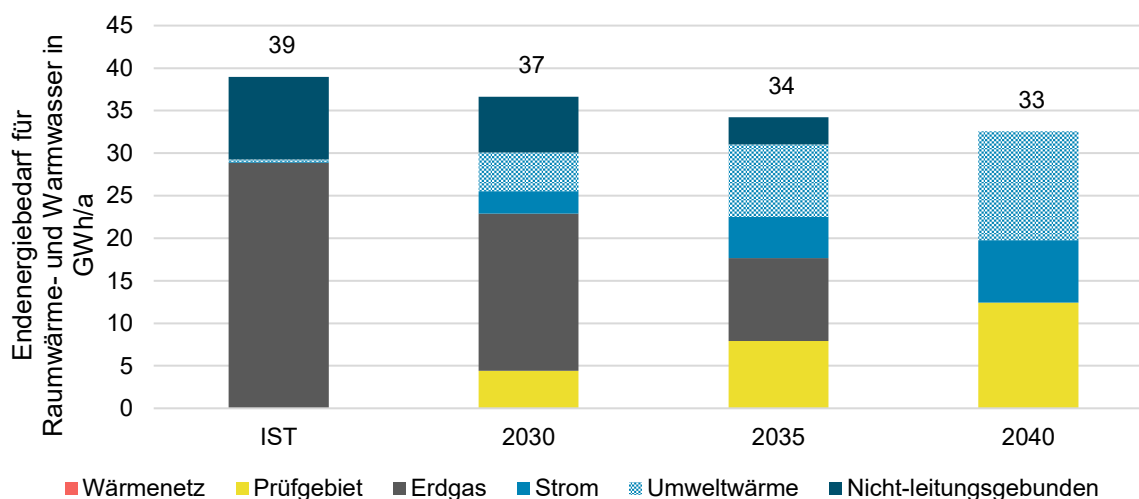


Abbildung 5-6: Endenergiebedarfe für Raumwärme nach Energieträger bis zum Zieljahr 2040

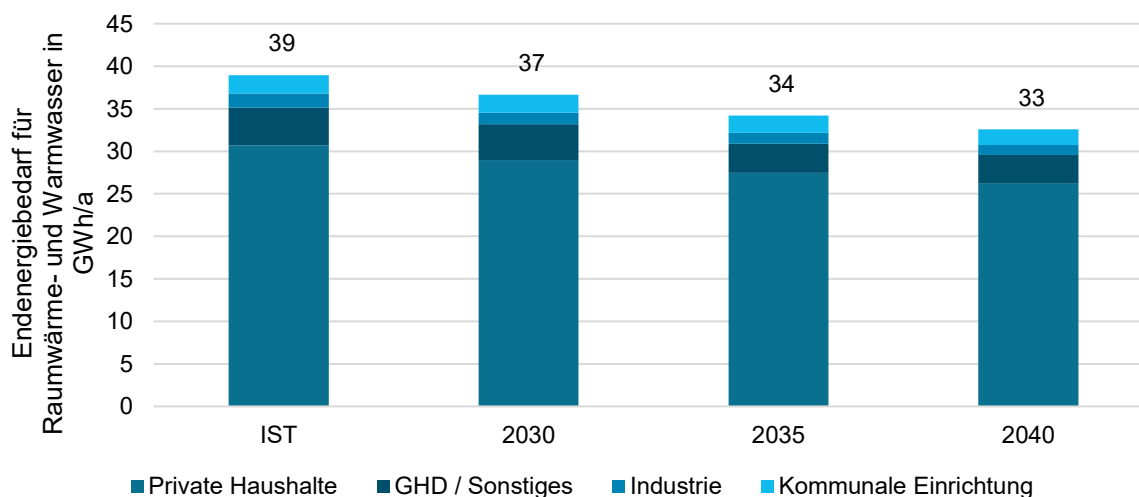


Abbildung 5-7: Endenergiebedarfe für Raumwärme nach Sektor bis zum Zieljahr 2040

In Abbildung 5-8 sind die Treibhausgasemissionen nach Endenergieträger und in Abbildung 5-9 die Treibhausgasemissionen nach Sektoren im Jahr 2040 abgebildet. Die Emissionen sinken bis 2040 auf einen Sockelbetrag von 339 t/a, was vor allem durch die Substitution von Erdgaskesseln mit Wärmenetzanschlüssen oder dezentralen Wärmepumpen erreicht wird. Durch die Erreichung der THG-Neutralität sowohl im Stromnetz als auch in den bestehenden Wärmenetzen können die verbleibenden Emissionen auf einen Sockelbetrag (u.a. auf Grund der Vorkettenemissionen) reduziert werden.

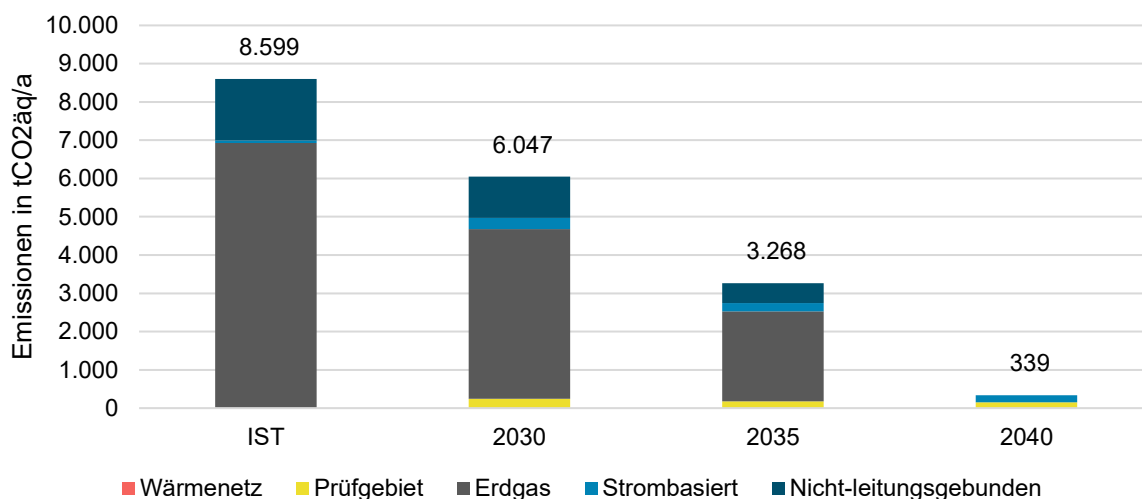


Abbildung 5-8: Treibhausgasemissionen der Energieträger in tCO₂äq/a bis 2040

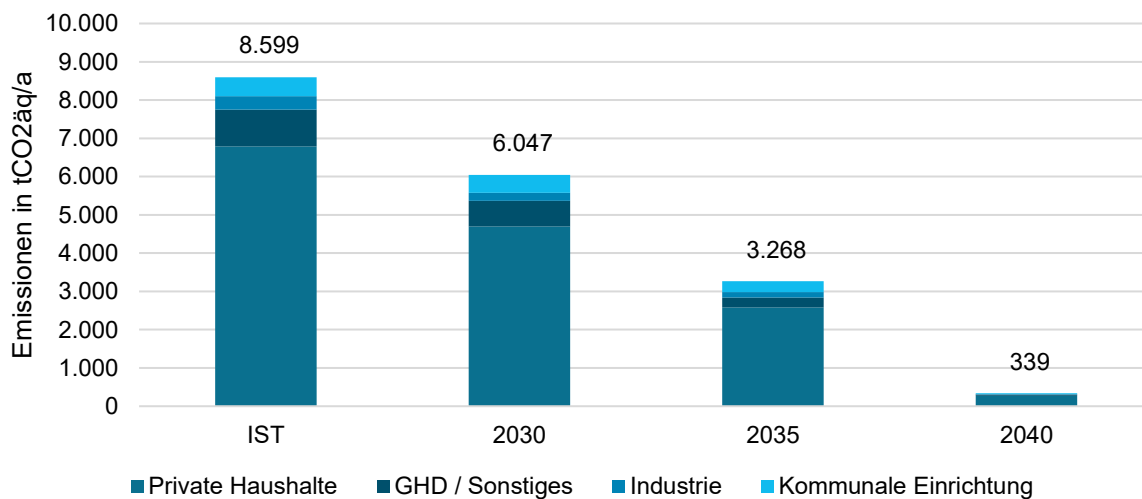


Abbildung 5-9: Treibhausgasemissionen der Sektoren und Energieträger in tCO₂äq/a in 2040

5.5 Gebietssteckbriefe für die voraussichtliche Wärmeversorgung

Ab hier folgen Gebietssteckbriefe mit Hilfe derer deutlich wird, was die Ergebnisse der kommunalen Wärmeplanung für einzelne Teilgebiete bedeuten. In den Gebietssteckbriefen sind die Teilgebiete aus Abbildung 5-5 detailliert dargestellt. Die Darstellung umfasst generelle Aspekte, wie die Anzahl der Gebäude, Angaben zur voraussichtlichen Wärmeversorgung sowie Maßnahmen, die für ein Teilgebiet angedacht sind.

Alle Karten dienen nur der Darstellung und entsprechen keiner Ausweisung von Gebieten nach Wärmeplanungsgesetz. Die Darstellung eines Gebiets bedingt keinen Anspruch auf den Anschluss an ein Wärmenetz, sondern macht deutlich, in welchen Bereichen Wärmenetzbetreiber in den kommenden Jahren detaillierte Untersuchungen zur Machbarkeit eines Wärmenetzes anstoßen. Die Entscheidung, ob und wann ein Wärmenetz in den dargestellten Bereichen gebaut wird, steht noch aus. Ein Anspruch auf Realisierung lässt sich daraus nicht ableiten.

Es sind alle Teilgebiete mit der Zuordnung „Wärmenetz“ oder „Prüfgebiete“ sowie einzelne Teilgebiete mit der Zuordnung „Dezentrale Versorgung“, die ein besonderes Augenmerk benötigen.

Gebietsnummer	Bezeichnung
1	Zentrum Bönningstedt
2	Dezentrale Versorgungsgebiete

Zentrum Bönningstedt

Gebiet-Nr. 1



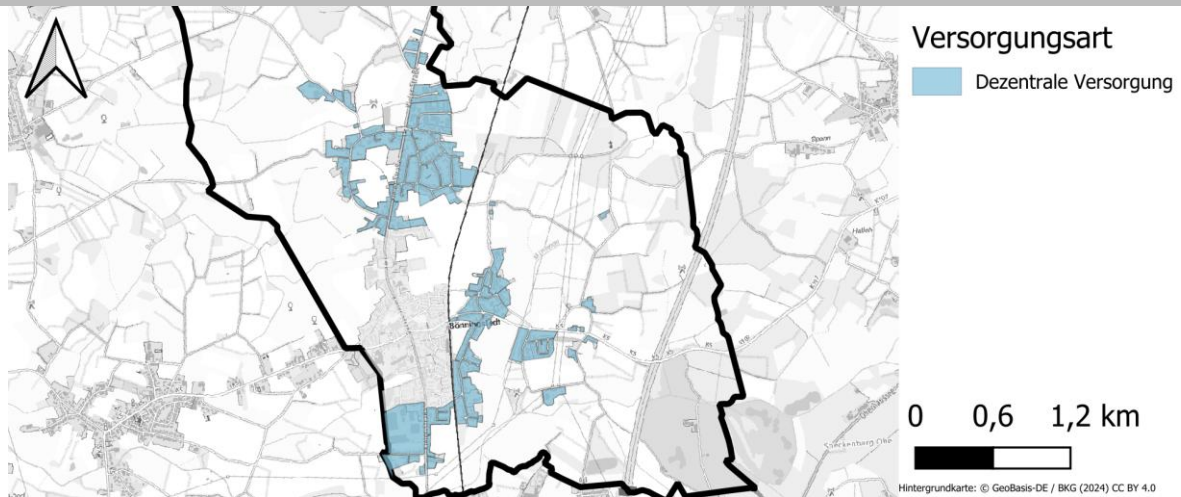
Beschreibung: Das Teilgebiet gliedert sich in **vier** durch die Kieler Straße, die Ellerbeker Straße/Bahnhofstraße und die Bahnschienen voneinander abgegrenzte **Quadranten**. Im **nordwestlichen Quadranten** dominieren Wohngebäude aus den Jahren 1949 bis 1968, ergänzt durch verschiedene Gewerbebetriebe wie das Dehner Gartencenter, einen Lidl-Markt, die Polizeistation sowie weitere Unternehmen im Gebäude Kieler Straße 107. Der **nordöstliche Quadrant** besteht überwiegend aus einem nach 2001 entstandenen, homogenen Wohngebiet. Hinzu kommen die Grundschule mit Sporthalle sowie das Gemeindezentrum mit REWE-Markt, Apotheke und gastronomischen Angeboten. Im **südöstlichen Quadranten** finden sich vor allem Gebäude der Baualtersklasse 1969 bis 2001, einige Einfamilienhäuser sowie die Reihenhaussiedlung in der Seafordkehre. Gewerblich prägen eine Tankstelle, ein DM-Drogeriemarkt, ein ALDI und mehrere Bäckereien diesen Bereich. Der **südwestliche Quadrant** umfasst Wohngebäude aus der Baualtersklasse 1969 bis 2001 sowie mehrere soziale und sportliche Einrichtungen, darunter die Sportanlagen, die Gemeinschaftsschule Rugenbergen und „Kids & Play“.

Wärmeliniendichte:	2,49 MWh/m
Anzahl Gebäude:	597
Gesamter Wärmebedarf:	13.218,0 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	22,1 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	99 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	6.612 kW
Th. Leistung (Median):	6 kW
Sanierungspotenzial:	5,6 %

Fazit: Das Gebiet umfasst mehrere räumlich eng beieinanderliegende Areale mit einer hohen Dichte kommunaler Ankerkunden, welche ein erhebliches Potenzial für den Aufbau eines Wärmenetzes bieten. Vertiefte Prüfungen sind notwendig, um diese These zu bestätigen. Die heterogene Ausgestaltung der vier Teilbereiche eröffnet zugleich vielfältige Möglichkeiten zur Erzeugung von Synergien, um eine integrierte, zusammenhängende und städtebaulich harmonisierte Quartiersstruktur zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund wird die Erstellung eines integrierten Quartierskonzepts gemäß **KfW-432** angestrebt.

Dezentrale Versorgung

Gebiet-Nr. 2



Beschreibung: Umfasst alle Bereiche außerhalb des ersten Teilgebiets.

Wärmelinienichte:	1,96 MWh/m
Anzahl Gebäude:	852
Gesamter Wärmebedarf:	22.508,7 MWh
Wärmebedarf pro Gebäude:	26,4 MWh/Geb.
Spez. Wärmebedarf:	116 kWh/m ²
Th. Leistung (Summe):	10.966 kW
Th. Leistung (Median):	9 kW
Sanierungspotenzial:	9,9 %

Fazit: Die Analyse ergibt, dass in den untersuchten Teilbereichen keine ausreichenden technischen oder wirtschaftlichen Voraussetzungen für den Aufbau eines umfassenderen Wärmenetzes bestehen. Lediglich der Bereich entlang der Berliner Straße weist ein begrenztes Potenzial auf. Da jedoch auch dort eine dezentrale Versorgung ohne Einschränkungen möglich ist und die Umsetzungskapazitäten der Gemeinde Bönningstedt begrenzt sind, wurde auf eine weiterführende Prüfung eines Wärmenetzes verzichtet. In allen betrachteten Bereichen wird daher der Einsatz dezentraler Wärmeversorgungssysteme empfohlen, wobei insbesondere Luft-Wärmepumpen als vorrangige Lösung infrage kommen. Alternativ können Erdsonden-Wärmepumpen eingesetzt werden, wobei innerhalb des bestehenden Trinkwassergewinnungsgebietes vereinzelt Nutzungseinschränkungen auftreten können. Ergänzend stehen sämtliche weiteren Erfüllungsoptionen des Gebäudeenergiegesetzes zur Verfügung. Für die Auswahl der jeweils geeigneten Lösung ist eine unabhängige fachliche Beratung erforderlich. Je nach Gebäudesituation können zusätzliche Sanierungs- oder Schallschutzmaßnahmen notwendig sein, die durch Bundesförderprogramme unterstützt werden. Eine erste Orientierung bietet die Erstberatung der Verbraucherzentrale oder die Beratungsmöglichkeit von Haus & Grund.

6 WÄRMEWENDESTRATEGIE MIT MAßNAHMENKATALOG

Im Folgenden werden die Maßnahmen, die gebraucht werden, um die Ziele der Szenarienrechnung zu erreichen, in Form von Steckbriefen dargestellt. In den Maßnahmenblättern werden die Maßnahmen beschrieben und über Kennzahlen quantitativ eingeordnet. Maßnahmen mit sehr hoher Priorität sollten unverzüglich umgesetzt werden, da diese in der Regel das Fundament für die Umsetzung weiterer Maßnahmen und Projekte bilden.

Es handelt sich dabei um gutachterliche Empfehlungen von HIC Consulting, welche den notwendigen Handlungsbedarf aufzeigen. Die Maßnahmen wurden vor einem wissenschaftlichen Hintergrund kategorisiert und priorisiert. Bei den Personalbedarfen und Kosten handelt es sich um indikative Schätzungen. Somit können Abwägungen und Beschlüsse vorbereitet werden. Im weiteren Vorgehen wären dann noch zusätzliche Recherchen und Prüfungen erforderlich.

Einige der Maßnahmen befinden sich bereits in Umsetzung oder Vorbereitung und werden somit durch die kommunale Wärmeplanung bestätigt. Der Maßnahmenkatalog sollte nicht als „in Stein gemeißelt“ betrachtet werden, sondern vielmehr „lebendig“ bleiben. Durch Veränderungen von Rahmenbedingungen, die oft auch auf übergeordneter Ebene eintreten können sich neue Potenziale zur Emissionsminderung ergeben. Daher sollten die Rahmenbedingungen stets beobachtet, neue Potenziale ermittelt und der Maßnahmenplan entsprechend angepasst werden.

Nachsteuerungsbedarf ergibt sich ggf. auch aus dem Monitoring der Maßnahmenumsetzung.

Nr.	Bezeichnung	Priorität
1	Verstetigung des Kommunikationskonzepts zur kommunalen Wärmeplanung	Sehr hoch
2	Weiterentwicklung und Fortschreibung der Wärmeplanung	Sehr hoch
3	Integriertes Quartierskonzept inkl. Sanierungsmanagement nach KfW-432	Sehr hoch
4	Flächenbedarf in Flächennutzungs- und Bauleitplanung grundsätzlich integrieren	Hoch
5	Kommunale Liquiditätsbrücke & Förderprogramm Heizungsumstellung in Bönningstedt	Mittel
6	Aufbau Zukunfts-Netzwerk für Unternehmen	Hoch
7	Aufbau einer Veranstaltungsreihe und Intensivierung des Dialogs zwischen Energieversorgern und Bürger:innen	Mittel
8	Prüfung eines Bürger:innen Fond	Mittel
9	Kommunale Liegenschaften und Gebäude der Wohnungswirtschaft als Ankerkunden für Wärmenetze	Hoch

Maßnahmennummer: 1	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Sehr hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Verstetigung des Kommunikationskonzepts zur kommunalen Wärmeplanung				
<p>Beschreibung: Um die kommunale Wärmeplanung in Bönningstedt dauerhaft sichtbar, verständlich und handlungsleitend zu machen, wird eine eigene, kontinuierlich gepflegte Website (inkl. verknüpfter Kommunikationskanäle) aufgebaut. Die Plattform bündelt alle Ergebnisse der Wärmeplanung und erklärt konkrete Schritte für Eigentümer:innen und Mieter:innen bei Heizungsentscheidungen in Abhängigkeit vom Standort und Zeithorizont. Sie integriert FAQ, Kontaktformulare, Veranstaltungskalender, Fördermittelübersichten, DIY-Energiesparhinweise und Quartiersinformationen.</p> <p>Die Plattform nutzt bestehende Kanäle von Stadtwerke Südholstein (Netz) und der Gemeinde Bönningstedt sowie die verwaltungsseitige Unterstützung der Stadt Quickborn für IT/ÖA. Ziel ist die Verstetigung des Kommunikationskonzepts: klare Zuständigkeiten (Redaktion), ein Redaktionsplan, verständliche Visualisierungen (z. B. Karten der Eignungsgebiete, Zeitachsen), sowie regelmäßige Updates zu Baufortschritten, Anschlussoffensiven und Beratungsangeboten.</p> <p>Als inhaltliche Vorbilder dienen u. a. FAQ-Formate wie bei den Stadtwerken Konstanz sowie DIY-Energiespartipps zur niederschweligen Aktivierung der Bürgerschaft. Dadurch werden Anschlussquoten erhöht, Planungs- und Investitionssicherheit geschaffen und Fehlentscheidungen (z. B. Einzel-WP in zukünftigen Fernwärmeerschließungsgebieten) reduziert. Die Maßnahme ist eine Schlüsselvoraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in Bönningstedt.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure: Beratungsunternehmen, Verbraucherzentrale, Schornsteinfeger-Innung				
Maßnahmentyp/Instrument: Information und Beratung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Content-Produktion				
Wirkungsindikator: regelmäßige Veröffentlichungen rund um das Thema Wärme; regelmäßige öffentliche Informationen zur Umsetzung der Wärmeplanung				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: gering				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 2	Einführung der Maßnahme: Mittelfristig (4-7 Jahre),	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Sehr hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Weiterentwicklung und Fortschreibung der Wärmeplanung				
<p>Beschreibung: Um die Umsetzung der kommunalen Wärmeplanung in Bönningstedt wirksam zu steuern, wird ein regelmäßiges Monitoring mit Zwischenevaluierung und Fortschreibung etabliert – mindestens WPG-konform und unter Berücksichtigung der Landesvorgaben Schleswig-Holstein.</p> <p>Dazu wird die Arbeitsgruppe Wärme genutzt (ggf. mit externer Unterstützung). Sie bereitet Entscheidungsgrundlagen vor (z. B. Anpassung von Erschließungszeitpunkten, Priorisierung von Bauabschnitten, Quartiersmodule), gleicht Ist-Fortschritte mit Planwerten ab (Anschlussquote, Netzlänge, erneuerbare Wärmemenge, Vorlauftemperaturen), pflegt GIS-Karten und Indikatoren, und legt Beschlussvorlagen für Gemeindegremium vor. Ergebnisse werden transparent über die Gemeindekommunikation bereitgestellt, um Fehlinvestitionen zu vermeiden und Förderfenster rechtzeitig zu nutzen.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure: Externe Beratungsunternehmen mit GIS-Erfahrung				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Etablierung Monitoringzyklus; Abgleich Ist/Plan; Beschlussvorlagen; Transparente Veröffentlichung				
Wirkungsindikator: Anzahl veröffentlichter Fortschreibungen, aktualisierte Karten und Indikatoren				
Personalaufwand: 0,2 VZÄ				
Sachkosten: 15.000 €				
Finanzierungsansatz: Kommunaler Haushalt, Fördermittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 3	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Sehr hoch	Gebiete: 1
Maßnahmen-Titel: Integriertes Quartierskonzept inkl. Sanierungsmanagement nach KfW-432				
<p>Beschreibung: In den Prüfgebieten in Bönningstedt wird ein integrierter Quartiersansatz etabliert, der die kommunale Wärmeplanung in konkrete Projektpfade übersetzt und weitere Sektoren (Strom, Mobilität, Grün-/Freiraum, Klimaanpassung, soziale Infrastruktur, Digitalisierung) einbindet. Das Konzept umfasst die Erhebung des Gebäudebestands (Typologien, Baualtersklassen, Sanierungsstand), die Analyse von Wärme- und Stromversorgung (inkl. Nahwärme, Abwärme, Wärmepumpen, PV/Mieterstrom, Speicher, Flexibilität), Mobilitäts-/Ladeinfrastruktur, Grün-/Blau-Potenziale sowie soziale und digitale Quartiersaspekte.</p> <p>Ein Sanierungs-/Quartiersmanagement koordiniert Beratung, Fördermittelinformationen, Antragshilfe und bündelt die Umsetzung (z. B. serielle Sanierungspakete, gebündelte PV-/Wärmepumpen-/Speicherbeschaffung, Ladepunkte, Quartiersspeicher). Energie- & Klima-Rundgänge sichern Transparenz und Akteursbeteiligung.</p> <p>Ergebnis ist ein Endbericht mit Karten, Energie-/THG-Bilanz, Potenzialanalyse, strategischen Zielen und einem priorisierten Maßnahmen- und Umsetzungspfad mit Zeitplan, Verantwortlichkeiten und Monitoring. Die Finanzierung der Konzept- und Managementleistungen erfolgt über KfW 432; investive Bausteine werden über geeignete Förderprogramme und Contracting/Genossenschaftsmodelle ergänzt.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Quartierslösung				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure: Verwaltung, Externes Beratungsunternehmen				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Ausschreibung; Erstellung der Studie; Verstetigung über Sanierungsmanagement				
Wirkungsindikator: Abschluss und Veröffentlichung des Quartierskonzept; Errichtung Anlaufstelle Sanierungsmanagement; Veröffentlichung des Angebots auf den Kanälen der Gemeinde; Durchführung erster Energieeffizienzberatung;				
Personalaufwand: 0,2 VZÄ				
Sachkosten: 80.000–140.000				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen, Fördermittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 4	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Flächenbedarf in Flächennutzungs- und Bauleitplanung grundsätzlich integrieren				
Beschreibung: Umsetzung der Maßnahmen aus zukünftigen Machbarkeitsstudien: Ein zentrales Thema für die Transformation in der Wärmeversorgung ist die Notwendigkeit der Bereitstellung von Flächen für Erzeugung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Wärme. Dazu wird die Wärmeplanung in bestehenden und zukünftigen städtebaulichen Prozessen berücksichtigt, insbesondere bei der Ausweisung von Flächen für erneuerbare Energien und Wärmespeicher im Flächennutzungsplan, deren Berücksichtigung bei B-Plänen oder bei informellen Planungsinstrumenten wie Entwicklungskonzepten sowie bei städtebaulichen Verträgen.				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt Akteure: Steuerungsgruppe				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Vorhabenbezogene Prüfung der Flächen im Gemeindeeigentum und Verankerung des Flächenbedarfs in die Planungsverfahren Wirkungsindikator: Nutzung von Flächen				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ) Sachkosten: Es können indirekt Kosten entstehen, indem Flächen zur Verfügung gestellt werden und dadurch für eine andere Nutzung (z.B. Bebauung) nicht zur Verfügung stehen Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 5	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: 3-5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Kommunale Liquiditätsbrücke & Förderprogramm Heizungsumstellung in Bönningstedt				
<p>Beschreibung: Bönningstedt prüft die Einrichtung eines kommunalen Förderprogramms mit Liquiditätsbrücke für Heizungsumstellungen, damit Eigentümer:innen keinen Bankkredit aufnehmen müssen, obwohl Bundes-/Landesförderungen (BAFA/KfW) erst nachträglich ausgezahlt werden. Kern der Prüfung sind: ein revolvingender Fonds zur Vorschusszahlung an Fachunternehmen, ein Abtretungsmodell (Rückfluss der Fördermittel an die Gemeinde), Treuhand-/Zahlungswege, Missbrauchsschutz, sowie die rechtliche Machbarkeit.</p> <p>Gleichzeitig werden Erweiterungsbausteine geprüft: Serien-Energieberatung, serielle Sanierungen gleicher Gebäudetypen, aggregierte Beschaffungen (PV/Wärmepumpe) und kleine Quartierswärmenetze. Die Prüfung bewertet die Verzahnung mit dem Quartiersmanagement nach KfW-432, sowie die Auswirkungen möglicher BEG-Änderungen. Ergebnis ist eine Beschlussvorlage (Start, Umfang, Budget, Risiken).</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure:				
Maßnahmentyp/Instrument: Förderung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Prüfung und Festlegung der Ressourcen; Konzeptentwicklung; Beschlussvorlage				
Wirkungsindikator: Förderung von Ausarbeitungen zur Umsetzung von Gemeinschaftsprojekten				
Personalaufwand: 0,1 VZÄ (für die Prüfung)				
Sachkosten: Abhängig von dem Förderrahmen				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 6	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Aufbau Zukunfts-Netzwerk für Unternehmen				
Beschreibung: Aufbau eines Netzwerks für Unternehmen (Gewerbe und Industrie) zu den Themen Energieeffizienz, Ressourcenschonung, unabhängiger Energieversorgung und Klimaschutz. Durch den Erfahrungsaustausch über das Netzwerk werden die Grundlagen für Investitionen in einen effizienteren, klimaschonenden und nachhaltigen Energieeinsatz gebildet. Hierfür sollte das Netzwerk mit einem ersten Kreis an Interessenten etabliert und beworben werden, um weitere Mitglieder zu gewinnen. Ziel ist die Entwicklung praxisnaher Lösungen, die Unternehmen direkt umsetzen können. Das Netzwerk soll als Plattform für den Austausch von Informationen, Erfahrungen und Lösungen dienen. Es sollen konkrete Umsetzungsbeispiele aus der Region geteilt werden, um Erfahrungen, Kosten und Qualitäten übertragbar und planbar zu machen.				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt Akteure: Unternehmen / Handwerk				
Maßnahmentyp/Instrument: Kooperation				
Handlungsschritte und Zeitplan: 1. Interessensumfrage 2. Aufsetzen geeigneter Formate 3. Zielsetzung 4. Regelmäßige Austauschformate Wirkungsindikator: Regelmäßiger Austausch im Netzwerk				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ) Sachkosten: interne Personalkosten Finanzierungsansatz: Eigenmittel				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Mittel				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 7	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Aufbau einer Veranstaltungsreihe und Intensivierung des Dialogs zwischen Energieversorgern und Bürger:innen				
<p>Beschreibung: Eine Veranstaltungsreihe zum Dialog der Bürger:innen sollte aufgebaut werden, insbesondere in den kommenden zwei Jahren. Es bietet sich an, gezielte Informationsveranstaltungen durchzuführen, die sich an den Bedarfen der verschiedenen Eignungsgebiete orientieren. In Gebieten mit dezentralen Wärmeversorgungslösungen können "Wärmepumpengipfel" durchgeführt werden, bei denen Gebäudeeigentümer:innen in den Kontakt mit Fachleuten (z.B. aus dem Handwerk) kommen. In Wärmenetzgebieten (inkl. Prüfgebiete) können "Wärmenetz" die Bürger:innen über die geplanten Erschließungszeitpunkte sowie über das Angebot von Interimslösungen durch die Energieversorger informieren. Zudem können durch "Nahwärmegipfel" lokale Akteure bei der Umsetzung dezentraler Nahwärmenetze in Bereichen unterstützt werden, die von den Energieversorgern nicht priorisiert werden.</p>				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure: Handwerker:innen				
Maßnahmentyp/Instrument: Information und Beratung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Identifizierung geeigneter Gebiete; Konzept für Veranstaltungen; Durchführung				
Wirkungsindikator: Durchführung von Dialogveranstaltungen				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: ggf. Plakate oder Flyer				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 8	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Mittel	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Prüfung eines Bürger:innen Fond				
Beschreibung: Prüfung eines Fonds, analog zu „heidelberg KLIMA-INVEST“. Dadurch können Bürger:innen direkt in den Ausbau von erneuerbaren Energien, den Bau des Wärmenetzes oder Sanierungsmaßnahmen investieren. So können Bürger:innen einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und gleichzeitig finanziell davon profitieren. Ebenfalls wird die Akzeptanz der Wärmewende durch die Möglichkeit der Teilhabe gefördert.				
Räumliches Handlungsfeld: Gemeindeweit				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure:				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Recherche zu weiteren Beispielprojekten, Erarbeitung einer möglichen Ausgestaltung				
Wirkungsindikator: Entscheidung für oder gegen Fond ist möglich				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: 15.000 € Konzeptstudie				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Gering				
Hinweise:				

Maßnahmennummer: 9	Einführung der Maßnahme: Kurzfristig (0-3 Jahre)	Dauer der Maßnahme: > 5 Jahre	Priorität: Hoch	Gebiete:
Maßnahmen-Titel: Kommunale Liegenschaften und Gebäude der Wohnungswirtschaft als Ankerkunden für Wärmenetze				
Beschreibung: Kommunale Liegenschaften und andere öffentliche Gebäude können vorteilhaft als Ausgangspunkt oder Ankerkunden für neue Wärmenetze dienen. Die Wärmebedarfe dieser Liegenschaften sind oft erheblich und können die Wirtschaftlichkeit neuer Wärmenetz-Infrastrukturen positiv beeinflussen. Nach einer systematischen Prüfung, welche Liegenschaften sich in den für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung geeigneten Gebieten für eine Rolle als Ankerkunden eignen, sollte ein politischer Beschluss angestrebt werden, der als Richtlinie für die Umsetzung dieser Maßnahme dient.				
Räumliches Handlungsfeld: Wärmenetz (inkl. Prüfgebiete)				
Initiatoren: Gemeinde Bönningstedt				
Akteure:				
Maßnahmentyp/Instrument: Strategie/Umsetzung				
Handlungsschritte und Zeitplan: Berücksichtigung in laufenden Planungen				
Wirkungsindikator: Anschluss der kommunalen Liegenschaften an einem Wärmenetz				
Personalaufwand: gering (<0,1 VZÄ)				
Sachkosten: keine weiteren Kosten				
Finanzierungsansatz: in künftigen Haushalten bereitzustellen				
Klima-Wirksamkeit (qualitativ): Hoch				
Hinweise:				

7 MONITORINGKONZEPT

7.1 Einführung Monitoring

Das Monitoring ist Teil des Controlling-Prozesses und umfasst eine Vielzahl von eigenen Prozessen zur Sammlung und Überprüfung von quantitativen und qualitativen Daten. Ziel ist hierbei das permanente Überprüfen des Maßnahmenfortschritts. Beim Monitoring wird zwischen zwei verschiedenen Grundprinzipien unterschieden: **Top-down und Bottom-up**. Das Top-down-Monitoring erfolgt über erhobene Statistiken, durch welche Rückschlüsse auf einzelne Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete gezogen werden. Es werden z.B. Energieverbräuche oder Verkaufszahlen von Geräten betrachtet. Ein Blick auf den Erfolg der Wärmepfanung in seiner Gesamtheit bietet das Top-down Monitoring über einen THG-Bericht, welcher die Emissionen erfasst und den Fortschritt der Emissionsminderungen innerhalb des Wärmesektors im Zeitverlauf darstellt. Das Bottom-up-Monitoring erfolgt auf der Ebene der Maßnahme, indem die durch sie eingetretene Emissionsminderung möglichst quantifiziert bzw. indirekt durch Indikatoren qualitativ dargestellt wird. Beispielsweise erfolgt bei einer Maßnahme, welche die Umsetzung einer Wärmenetzlösung beinhaltet, eine qualitative und/oder quantitative Erfassung, der hieraus entstehenden THG-Emissionsminderungen und beschreibt somit die Wirkung der Maßnahme.

7.2 Zentrale Aspekte des Monitoringkonzeptes

Das Monitoringkonzept in der Wärmeplanung setzt sich aus der Umsetzungs- und Wirkungskontrolle der Maßnahmen zusammen auf der Ebene des Bottom-up-Monitorings.

Die Umsetzungskontrolle betrachtet den Umsetzungsstand der jeweiligen Maßnahme, z.B. anhand von Meilensteinen oder definierten Aufgaben. Sie gibt einen Hinweis darauf, ob es zu Verzögerungen bei der Zielerreichung kommen kann.

Die Wirkungskontrolle betrachtet explizit die Wirkung der Maßnahme in Bezug auf THG-Emissionen bzw. -Einsparungen. Sie dient der Erfassung und Analyse der Effektivität einer Maßnahme hinsichtlich der beabsichtigten Wirkung, hier der THG-Emissionsminderung. Der Blick ist hier explizit darauf gerichtet, was die Maßnahme initiiert, und nicht was der Maßnahme nachträglich thematisch zuzuordnen ist. Zu beachten ist, dass eine Wirkungskontrolle erst ab einem bestimmten Zeitpunkt der Umsetzung möglich ist.

Nicht alle Klimaschutz-Maßnahmen haben eine direkte Emissionsminderung zur Folge. Vor allem bei vorbereitenden Maßnahmen, welche die notwendigen Rahmenbedingungen für eine signifikante Emissionsminderung schaffen, manifestiert sich eine Emissionsminderung oft erst im späteren Verlauf mittels der Maßnahmen, die die vorbereitende Maßnahme erst ermöglicht (betrifft häufig Maßnahmen, die z.B. die Instrumente Strategie, Ordnungsrecht oder Qualifikation nutzen). Des Weiteren können Sondereffekte (wie z.B. die Auswirkungen der Corona-Pandemie) die kurzfristige Aussagekraft der Emissionsdaten über Klimaschutz-Fortschritte begrenzen oder verfälschen. Als Grundlage für eine bessere Erfolgskontrolle und eine effektivere Steuerung der Emissionsminderungsziele wird empfohlen, Frühindikatoren einzusetzen. Frühindikatoren sind Indikatoren für Wirkung der Maßnahmen(pakete) und liefern damit Hinweise auf den Fortschritt/Nachsteuerungsbedarf der Maßnahmen. Sie sorgen für Transparenz und reduzieren Unsicherheiten, indem sie den Zeitverzug zwischen Erkenntnis und Gegensteuern entscheidend reduzieren. Gleichzeitig ermöglichen Frühindikatoren, die Erkenntnisse aus Top-down und Bottom-up-Monitoring gezielter zu verbinden. Sie werden aus Indikatoren der Maßnahmen-Wirkungskontrolle abgeleitet, erfolgen jedoch statistisch (z.B. Zahl der neu angemeldeten Wärmepumpen). Somit helfen Frühindikatoren bei der Auswertung

der Energie- und THG-Bilanz in Bezug auf die Analyse möglicher Planabweichungen und bei der Lösungssuche.

Die Empfehlung von HIC Consulting ist eine Kombination des Top-down-Monitorings über die Energie- und THG-Bilanz und eines Bottom-up-Monitorings über die Umsetzungskontrolle sämtlicher und die Wirkungskontrolle ausgewählter Maßnahmenaspekte (siehe Abbildung 7-1). Die Einordnung der Ergebnisse des Top-down-Monitorings ergibt sich über festgelegte Zwischenziele (Zielerreichungsgrad auf dem Weg der Klimaneutralität). Dies beinhaltet konkret die THG-Emissionsminderung des gesamten Wärmesektors und Erdgas im Speziellen sowie die wachsenden Anteile von Wärmenetzen und Stromnutzung. Ein Bindeglied zwischen Top-down und Bottom-up-Ansätzen bilden die Frühindikatoren. Abseits davon gilt es, die Neubewertung sämtlicher Potenziale vorzunehmen, indem kontinuierlich die vorhandenen Potenziale beobachtet und geprüft werden. Entsprechend folgt daraus die Anpassung von Maßnahmen sowie von Zielwerten und Erfolgskennzahlen für das Monitoring.



Abbildung 7-1: Darstellung des Monitoringkonzeptes

7.3 Ausgestaltung des Monitoringkonzeptes

THG-Bilanz

Aus der Energie- und THG-Bilanz (siehe Kapitel 2) werden sämtliche Informationen den Wärmesektor betreffend entnommen. Hierzu zählen die Emissionen des gesamten Wärmesektors sowie deren Aufteilung der Emissionen auf die einzelnen Energieträger. Daten die generell ebenfalls von Interesse sind, sind der Gesamtanteil von Wärmenetzen und Stromnutzung an der Wärmeversorgung.

Anhand der festgelegten Zwischenziele lässt sich in einem ersten Schritt durch das Top-down Monitoring einordnen, ob der sichtbare Trend sich mit den angestrebten Zielwerten deckt, und somit die Maßnahmen in ihrer Gesamtheit effektiv sind. Festgehalten werden kann der zeitliche Verlauf in Abgleich mit den festgelegten Zwischenzielen beispielsweise in einer Excel-Tabelle.

Umsetzungskontrolle

Auf Basis der benannten „Handlungsschritte und Zeitplan“ im Maßnahmenplan kann die Umsetzungskontrolle durchgeführt werden.

Die Umsetzungskontrolle setzt sich aus einer qualitativen und einer Form der quantitativen Beschreibung zusammen. Sofern zutreffend, sollte die qualitative Beschreibung folgende Aspekte thematisieren:

- Welche Umsetzungsschritte wurden bis jetzt vollzogen? Welche Meilensteine sind erreicht?
- Ist die Maßnahme im geplanten Zeitrahmen?
 - Bei Verzug: Warum (personelle/finanzielle Engpässe etc.)? Welche Maßnahmen wurden dagegen ergriffen?
 - Bei frühzeitigerer Umsetzung von Meilensteinen: Gibt es hieraus Learnings für andere Maßnahmen?

Die sich hieraus ergebenden Erkenntnisse sollten an die relevanten Akteurinnen und Akteure kommuniziert werden.

Neben der qualitativen Beschreibung des Umsetzungsstandes wird eine Kategorisierung vorgenommen, die eine schnelle Übersicht über alle Maßnahmen ermöglicht. Hierfür werden folgende Kategorien empfohlen:

- 0 = Neu/nicht begonnen
- 1 = Zuordnung der Zuständigkeit (innerhalb der Verwaltung)
- 2 = In Planung
- 3 = Bereit zur Umsetzung
- 4 = In Umsetzung
- 5 = Abgeschlossen

Die Umsetzungskontrolle sollte häufiger als die Wirkungskontrolle erfolgen, um ein schnelleres Nachsteuern bei Verzug zu ermöglichen. HIC Consulting empfiehlt für zeitkritische und priorisierte Maßnahmen ein kurzes Kontrollintervall zu definieren (z.B. vierteljährlich), und ansonsten jährlich die Umsetzungskontrolle durchzuführen. Die Ergebnisse der Umsetzungskontrolle können als Bericht und/oder als Excel-Tabelle (z.B. integriert in den Maßnahmenplan) aufbereitet werden.

Wirkungskontrolle

Die Aufbereitung der Ergebnisse der Wirkungskontrolle kann in unterschiedlichen Formen erfolgen: In tabellarischer Form, oder in Berichtsform. Auch die Anschaffung oder Entwicklung eines Tools, in dem die Wirkungskontrolle dokumentiert, dargestellt und weiterverarbeitet werden kann, stellt eine Option dar. Das Zeitintervall der Wirkungskontrolle orientiert sich an den definierten Zwischenzielen zur THG-Minderung.

Für die Wirkungskontrolle der Maßnahmen wurde im Maßnahmenkatalog eine Spalte ergänzt, in der Vorschläge für Wirkungsindikatoren für die jeweilige Maßnahme gelistet werden bzw. ein Hinweis, wenn die Wirkungskontrolle nachgelagert erfolgt und somit, abhängig von der weiteren Ausgestaltung der Maßnahme oder des Maßnahmenergebnis, zu einem späteren Zeitpunkt Wirkungsindikatoren festgelegt werden müssen. Dies betrifft insbesondere vorbereitende Maßnahmen. Es ist zu beachten, dass, abhängig vom Aufbau der Gesamtmaßnahme, aufgeführte Wirkungsindikatoren ggf. nur Teilaspekte erfassen.

Für bestimmte Maßnahmen kann das Monitoring recht zeit- und kostenintensiv sein und dennoch wenig Aussagekraft haben, weshalb das Bottom-up-Monitoring nicht für jeden Maßnahmenbaustein geeignet ist. Es gilt ggf. abzuwägen, für welche Maßnahmen eine Wirkungskontrolle nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zielführend durchzuführen bzw. wenig aussagekräftig ist. Bei den Indikatoren zur Wirkungskontrolle ist es wichtig, die konkrete Zielgruppe und den Zielgruppenumfang

von Anfang an zu dokumentieren, um entsprechende Ziele festzusetzen und die Ergebnisse des Monitorings einzuordnen.

Neubewertung von Potenzialen

Die regelmäßige Überprüfung von Minderungspotenzialen der THG-Emissionen ist wichtig, um Zielverfehlungen oder Verzug bei Maßnahmen auszugleichen. Eine Neubewertung beinhaltet den Blick auf Veränderungen politischer, rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmenbedingungen sowie technologischen Fortschritt. Diese Neubewertung betrifft sämtliche Themen, die bereits in der Potenzialanalyse betrachtet wurden. Beispiele hierfür sind die Anpassung von Förderprogrammen, technologische Potenziale und Innovation, Änderungen des regulatorischen Rahmens auf EU-, Bundes- und Landesebene, Änderung in der Flächennutzung und Änderungen in den Kostenstrukturen von Technologie und/oder Energieträgern.

Empfehlung der Frühindikatoren

Folgende Frühindikatoren eignen sich zum Top-down-Monitoring der Wärmeplanung (gerundet):

Tabelle 7-1: Frühindikatoren für das Top-down-Monitoring

Frühindikator	Datenquelle	Ziel 2030	Ziel 2040
Erdgasverbrauch	Daten Stadtwerke Südholstein	18 GWh/a	0 GWh/a
Anzahl der gemeldeten Wärmepumpen	Daten Stadtwerke Südholstein	290 oder 480 (Wenn Prüfgebiet komplett „Dezentral“)	850 oder 1.400 (Wenn Prüfgebiet komplett „Dezentral“)
Endenergiebedarf Wärme (inkl. Prozesswärme)	THG Bilanz	32 GWh/a (exkl. Umweltwärme)	20 GWh (exkl. Umweltwärme)

Nächste Schritte

Es empfiehlt sich, zunächst die Umsetzungskontrolle in die Maßnahmentabelle zu integrieren und dadurch den Fortschritt der Maßnahmen gut sichtbar zu halten. Konkret bedeutet dies, dass jede der Maßnahmen in eine der vorgeschlagenen Kategorien des Umsetzungsstandes eingeordnet und bei Bedarf eine qualitative Beschreibung hinzugefügt wird (Ergänzung um 2 Tabellenspalten).

Des Weiteren muss spätestens zum Start der Wirkungskontrolle abgewogen werden, ob diese für jegliche Maßnahmen durchgeführt wird, abhängig von dem Verhältnis von Aufwand zu Nutzen.

Um ein fortschreitendes Monitoring zu gewährleisten, empfiehlt es sich, zeitnah einen Zeitplan anhand der genannten Empfehlungen und der individuellen Gegebenheiten festzulegen. Das schriftliche und/oder grafische Dokumentieren des Zeitplans bietet eine umfassende Übersicht und fundierte Grundlage für das Organisieren von weiteren Schritten. Wichtig ist das gemeinsame Verständnis, welche Konsequenzen sich aus dem Monitoring (Umsetzungs-, Wirkungskontrolle und Frühindikatoren) ergeben und zu welchem Zeitpunkt Maßnahmen überarbeitet oder stärker priorisiert werden müssen. Die Umsetzungskontrolle und die Frühindikatoren zeigen, wenn vorhanden, den

Nachsteuerungsbedarf beim Controlling an. Die Wirkungskontrolle und die Frühindikatoren geben Hinweise darauf, ob eine Maßnahme insgesamt Überarbeitungsbedarf hat bzw. effektiv ist und in der Form weitergeführt werden sollte.

8 AUSBLICK

Die Wärmeplanung ist der Startschuss der Wärmewende in Bönningstedt. Es wurde ein digitaler Zwilling erarbeitet und gemeinsam mit einer Potenzialanalyse wurde ein Zielszenario mit voraussichtlichen Wärmeversorgungsgebieten identifiziert. Abschließend wurde ein Monitoringkonzept sowie Maßnahmen entwickelt, damit die Wärmeplanung in die Umsetzung kommt.

Unabhängig von der Art der voraussichtlichen Wärmeversorgung, werden **Investitionen** für die Transformation notwendig sein. Die Investitionen werden vom Bund (über Förderung) sowie den Bürgerinnen und Bürgern getätigt und sollten stets den Kosten des fossilen Referenzsystems gegenübergestellt werden. Wie der Vollkostenvergleich des Heizspiegels zeigt, sind bereits im Jahr 2025 die Kosten mit der Erdgasversorgung in vielen Fällen am höchsten². Zudem sorgen Investitionen in die Wärmewende für eine zunehmende lokale Wertschöpfung, neue Formen von Beteiligungsformaten sowie einer Resilienz gegenüber Preisschwankungen durch Diversifikation.

Wärmenetze können eine relevante Bedeutung für die Wärmeversorgung in Bönningstedt einnehmen. Der Ausbau der Wärmenetze ist mit hohen Investitionskosten verbunden, welche jedoch nicht auf einmal, sondern über einen Zeitraum von 40 Jahren über alle Netzabnehmer verteilt werden. Dadurch werden die Kosten in kleinere und planbare Anteile aufgeteilt und sinken mit steigender Anzahl an Netzabnehmern. Ergänzend unterstützt der Bund bei den Investitionen, sodass die finanziellen Lasten über mehrere Schultern verteilt werden.

Wärmenetze als auch dezentrale Systeme werden in Zukunft vermehrt auf Wärmepumpen setzen. Um den Betrieb der Wärmepumpen sicherzustellen, muss das **Stromnetz** gestärkt werden. Dieser Entwicklungsprozess geschieht nicht innerhalb der Wärmeplanung, sondern wird aufbauend auf der Wärmeplanung innerhalb der [Netzausbauplanung](#) durchgeführt. Die Ergebnisse der Wärmeplanung fließen entsprechend in den Netzplanungsprozess ein, wodurch sichergestellt wird, dass die notwendigen Netzkapazitäten vorhanden sein werden.

Da die Wärmeplanung ein strategisches Planungsinstrument ist, liegt **keine bindende Wirkung** vor. Für alle Bürgerinnen und Bürger gilt, dass ab dem 01. Juli 2028 die Vorschriften des GEG wirken. Die einzige Ausnahme stellt die Ausweisung eines Teilgebiets gemäß §§ 26, 27 WPG. Dann gelten die Vorschriften des GEG schon ab dem Zeitpunkt der Ausweisung.

Wie Anfangs erwähnt, ist die Wärmeplanung der Startschuss der Wärmewende in Bönningstedt und entsprechend als ein **fortlaufender Prozess** zu interpretieren, welcher gemäß § 25 WPG ohnehin mindestens alle fünf Jahre aktualisiert werden muss. Dabei können zusätzliche Erkenntnisse oder veränderte (politische) Randbedingungen zu Anpassungen der Ergebnisse führen. Unabhängig davon fußt diese Wärmeplanung auf den aktuellsten wissenschaftlichen Erkenntnissen und bildet damit die bestmögliche Grundlage für die Wärmewende in Bönningstedt.

² [Heizkosten pro m²: Fernwärme / Zentralheizung \(Rechner\) | Heizspiegel](#)

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Verwaltungsgrenze Bönningstedt	2
Abbildung 2-2: Darstellung der dominierenden Baualtersklasse auf Baublockebene in Bönningstedt ...	3
Abbildung 2-3: Darstellung des dominierenden Sektors auf Baublockebene in Bönningstedt	4
Abbildung 2-4: Endenergieverbrauch der verschiedenen Sektoren nach Energieträger in Bönningstedt (GHD: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen)	5
Abbildung 2-5: Emissionen der verschiedenen Sektoren nach Energieträger in Bönningstedt (GHD: Gewerbe, Handel und Dienstleistungen).....	6
Abbildung 2-6: Kartografische Darstellung der Wärmebedarfsdichte auf Baublockebene in Bönningstedt.....	7
Abbildung 2-7: Kartografische Darstellung der Wärmelinien in Bönningstedt.....	8
Abbildung 2-8: Kartografische Darstellung der Hauptenergieträger baublockbezogen in Bönningstedt ..	9
Abbildung 2-9: Versorgungsbereich der Gasnetze / Lage des Gasnetzes in Bönningstedt	10
Abbildung 3-1: Annahmen der Sanierungstiefen über Gebäudeklassen (Die Prozentzahl gibt an, auf welches Niveau saniert werden kann. Beispiel: 84 % bedeuten eine Reduktion des Wärmebedarfs um 16 %.)	13
Abbildung 3-2: Raumwärmebedarfe für die betrachteten Stützjahre bis 2040	13
Abbildung 3-3: Priorisierungsschema nach Flächenkategorie	15
Abbildung 3-4: Nachhaltiges Bioenergiepotenzial in Bönningstedt.....	18
Abbildung 3-5: Beispielhafte Darstellung der geothermischen Potenzialanalyse	19
Abbildung 3-6: Wärmeleitfähigkeiten in einer Tiefe bis 100 m in Bönningstedt	20
Abbildung 3-7: Durchschnittliche Eignung für oberflächennahe Geothermie auf Baublockebene	21
Abbildung 3-8: Ergebnisse der Abschätzung des Wärmemengenpotenzials aus der Nutzung hydrothermaler Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung in Bönningstedt	23
Abbildung 3-9: Thermische Leistung einer Umgebungsluft-Groß-Wärmepumpe für ein Wärmenetz im Zentrum von Bönningstedt.	24
Abbildung 3-10: Methodische Darstellung der schalltechnischen Untersuchung von Umgebungsluft-Wärmepumpen (grün: Standplatz geeignet, gelb: Standplatz zu prüfen, rot: Standplatz vermutlich ungeeignet).....	27
Abbildung 3-11: Schalltechnische Eignung von Umgebungsluft-Wärmepumpen (Baublock)	27
Abbildung 3-12: Gegenüberstellung der Potenziale mit dem Wärmebedarf in Bönningstedt (WW: Warmwasser).....	31
Abbildung 4-1: Förderanteile zu den Heiztechnologien nach der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) aufgetragen über die Anschaffungsjahre	34
Abbildung 4-2: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 1.	36
Abbildung 4-3: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 1.	36

Abbildung 4-4: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 2.	36
Abbildung 4-5: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 2.	36
Abbildung 4-6: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 3.	37
Abbildung 4-7: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 3.	37
Abbildung 4-8: Wärmegestehungskosten (LCOH) der betrachteten Heizungstechnologien über drei Betrachtungszeiträumen des Referenzgebäudes 4.	37
Abbildung 4-9: Investitionskosten der Heizungstechnologien über drei Anschaffungszeitpunkte des Referenzgebäudes 4.	37
Abbildung 5-1: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels Wärmenetz versorgt werden zu können (Unter Berücksichtigung der potenziellen Wärmevervollkosten).....	43
Abbildung 5-2: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels Wärmenetz versorgt werden zu können (Unter Vernachlässigung der potenziellen Wärmevervollkosten)	44
Abbildung 5-3: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels dezentraler Varianten versorgt werden zu können (Dezentrale Versorgung kann nahezu überall eine Option sein. Einzelfallprüfung trotz dargestellter Wahrscheinlichkeiten grundsätzlich notwendig. Auch in Unwahrscheinlich gekennzeichneten Bereichen ist der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe nicht kategorisch ausgeschlossen. Schallschutzmaßnahmen können jedoch notwendig sein. Potenzielle Wärmevervollkosten wurden berücksichtigt.).....	45
Abbildung 5-4: Wahrscheinlichkeiten der Teilgebiete, mittels dezentraler Varianten versorgt werden zu können (Dezentrale Versorgung kann nahezu überall eine Option sein. Einzelfallprüfung trotz dargestellter Wahrscheinlichkeiten grundsätzlich notwendig. Auch in Unwahrscheinlich gekennzeichneten Bereichen ist der Betrieb einer Umgebungsluft-Wärmepumpe nicht kategorisch ausgeschlossen. Schallschutzmaßnahmen können jedoch notwendig sein. Potenzielle Wärmevervollkosten wurden nicht berücksichtigt.)	46
Abbildung 5-5: Einteilung der Teilgebiete in voraussichtliche Wärmeversorgungsgebiete.....	47
Abbildung 5-6: Endenergiebedarfe für Raumwärme nach Energieträger bis zum Zieljahr 2040.....	48
Abbildung 5-7: Endenergiebedarfe für Raumwärme nach Sektor bis zum Zieljahr 2040	48
Abbildung 5-8: Treibhausgasemissionen der Energieträger in tCO ₂ äq/a bis 2040	49
Abbildung 5-9: Treibhausgasemissionen der Sektoren und Energieträger in tCO ₂ äq/a in 2040	49
Abbildung 7-1: Darstellung des Monitoringkonzeptes	64

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 3-1: Betrachtete Potenziale innerhalb der Potenzialanalyse.....	12
Tabelle 3-2: Biomethanpotenziale in Bönningstedt.....	17
Tabelle 3-3: Verwendete Annahmen nach Jochum et al. (Jochum, et al., 2017) zur Abschätzung des Wärmemengenpotenzials aus der Nutzung hydrothormaler Tiefengeothermie für die Wärmeversorgung in Bönningstedt. Die in Klammern aufgeführten Werte werden verwendet, um Sensitivitätsanalysen durchzuführen und einen entsprechenden Lösungsraum an abgeschätzten Potentialen aufzuspannen.	22
Tabelle 4-1: Charakteristische Eigenschaften der betrachteten Referenzgebäude im Vollkostenvergleich.....	32
Tabelle 4-2: Annahmen zu Effizienzen, Lebensdauern und Unsicherheiten der betrachteten Heiztechnologien	33
Tabelle 5-1: Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Wärmenetz.....	42
Tabelle 5-2: Punkte-Matrix-Bewertung für die Versorgungsvariante Umgebungsluft-Wärmepumpe ...	42
Tabelle 7-1: Frühindikatoren für das Top-down-Monitoring	66

11 LITERATURVERZEICHNIS

- B+L Marktdaten GmbH. (2024). *Sanierung 2024 Deutschland*.
- Bracke, R., Huenges, E., Acksel, D., Amann, F., Bremer, J., Bruhn, D., . . . Will, H. (2022). *Roadmap Tiefe Geothermie für Deutschland | Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft für eine erfolgreiche Wärmewende*. Bochum.
- Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. (2026). *Plattform für Abwärme*. Von https://www.bfee-online.de/BfEE/DE/Effizienzpolitik/Plattform_fuer_Abwaerme/plattform_fuer_abwaerme_node.html abgerufen
- Bundes-Immissionsschutzgesetz. (2017 Neufassung). *Abschnitt 6.1 -Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm-TA Lärm*.
- Bundesverband Wärmepumpe e.V. (2023). *Schallrechner*. Abgerufen am 06 2023 von <https://www.waermepumpe.de/schallrechner/>
- Günther, D., Wapler, J., Lagner, R., Helmig, S., Miara, M. D.-I., Fischer, D. D.-I., . . . Wille-Hausmann, B. D.-I. (2020). *WPsmart im Bestand: Wärmepumpenfeldtest - Fokus Bestandsgebäude und smarter Betrieb*.
- Heumann, A., & Ernst Huenges. (2017). *Technologiebericht 1.2 Tiefengeothermie innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende*. Potsdam: Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum.
- Janczik, S. (2014). *Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichts 2014 gemäß § 65 EEG im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Vorhaben IIb: Stromerzeugung aus Geothermie - Wissenschaftlicher Bericht*. Hamburg: Technische Universität Hamburg-Harburg Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft.
- Jochum, P., Lawrenz, J., Stelter, D., Krenz, T., Mellwig, P., Pehnt, M., . . . Hertle, H. (2017). *Anlagenpotenzial: Ableitung eines Korridors für den Ausbau der erneuerbaren Wärme im Gebäudebereich*. Berlin, Heidelberg: Beuth Hochschule für Technik Berlin und ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.
- Meyer, R., Fuchs, N., Thomsen, J., Herkel, S., & Kost, C. (2024). *Heizkosten und Treibhausgasemissionen in Bestandsgebäuden – Aktualisierung auf Basis der GEG-Novelle 2024*. Potsdam: Kopernikus-Projekt Ariadne.
- Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen. (2024). *Masterplan Geothermie*. Düsseldorf: MWIKE. Von https://www.wirtschaft.nrw/system/files/media/document/file/masterplan_geothermie_langfassung.pdf abgerufen
- Ortner, S., Paar, A., Johannsen, L., Wachter, P., Hering, D., Pehnt, M., . . . Bartsch, A. (2024). *Leitfaden Wärmeplanung*.
- Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut. (2021). *Klimaneutrales Deutschland 2045 (Zusammenfassung). Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann*. Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende. Abgerufen am 2024. Januar 11 von <https://www.agora-energiewende.de/publikationen/klimaneutrales-deutschland-2045-zusammenfassung>
- Sandrock, M., Maaß, C., Weisleder, S., Westholm, H., & Schulz, W. (2020). *Kommunaler Klimaschutz durch Verbesserung der Effizienz in der Fernwärmeversorgung mittels Nutzung von*

*Niedertemperaturwärmequellen am Beispiel tiefgeothermischer Ressourcen:
Abschlussbericht.* Umwelt Bundesamt.

Seibt, P., Kabus, F., & Hoth, P. (24-29 April 2005). *The Neustadt-Glewe Geothermal Power Plant – Practical Experience in the Reinjection of Cooled Thermal Waters into Sandstone Aquifers.* Antalya, Turkey: Proceedings World Geothermal Congress 2005.

Thomsen, C., & Dr. Liebsch-Dörschner, T. (2014). *Geologische Potenzialanalyse des tiefen Untergrundes Schleswig-Holstein.* Flintbek: Geologischer Dienst - Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein.

Umweltbundesamt. (2025). *Endverbrauchspreise der Energieträger für die Treibhausgas-Projektionen 2025.*

KONTAKT

Nico Jaeschke

HIC Consulting GmbH
Paul-Neumann-Platz 5
22765 Hamburg

Tel.: +49 (0)40-39106989-63

jaeschke@hamburg-institut.com

www.hic-consulting.com