

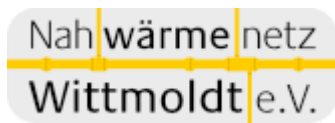


Machbarkeitsstudie – Verein Nahwärmenetz Wittmoldt e.V.

„Prüfauftrag Nahwärmenetz Wittmoldt und Alternativen“

Oktober 2024

Auftraggeber



Nahwärmenetz Wittmoldt e.V.

Ansprechpartner:

Dr. Dirk Schmücker
Am Lustholz 1
24306 Wittmoldt

Auftragnehmer

OCF Consulting

Dr.-Ing. Manuel Gottschick
Osterstraße 124
20255 Hamburg

Konzepterstellung

Björn Brunner (Projektleitung)
Dr.-Ing. Manuel Gottschick

Unter Mitarbeit von:

Anna-Lena Stauzebach
Lena Pina Pires
Hannah Bahr
Katharina Klindworth
Ulrike Busch
Thomas Müller
Lena Knoop

Förderung

IB.SH
Ihre **Förderbank**



Richtlinie für die Vergabe von Zuwendungen aus dem Sondervermögen Bürgerenergie.SH

Fertigstellung

Oktober 2024

Titelfoto

Quelle: www.wittmoldt.de

INHALT

INHALT	3
1 Einleitung	5
1.1 Rahmenbedingungen für die Wärmewende	5
1.2 Datengrundlagen und Projektablauf	6
2 IST-Analyse des Untersuchungsgebietes	7
2.1 Gebäudebestand im Prüfgebiet	7
2.2 Wärmebedarfe und Wärmelinienichte	8
2.2.1 Wärmebedarfe	8
2.2.2 Wärmelinienichte	8
2.3 Bestehende Wärmeversorgungsstruktur	11
3 Potentialermittlung erneuerbarer Energien und Abwärme	12
3.1 Senkung des Wärmebedarfs	12
3.2 Solarthermie	13
3.3 Geothermie	15
3.3.1 Oberflächennahe Geothermie	15
3.3.2 Mitteltiefe und Tiefe Geothermie	21
3.4 Umweltwärme	21
3.4.1 Umgebungsluft in Verbindung mit Wärmepumpen	21
3.4.2 Oberflächengewässer	22
3.4.3 Grundwasser	23
3.4.4 Abwasser.....	23
3.5 Biomasse	23
3.6 Abschließende Bewertung der Potenziale	24
4 SOLL-Analyse	25
4.1 Betrachtete Varianten der Wärmeversorgung	25
4.2 Prüfgebiet Dorf Wittmoldt	27
4.3 Prüfgebiet Gut Wittmoldt	32
4.4 Dezentrale Wärmeversorgung	33
4.4.1 Mustergebäude - Hauptweg 31/33	34
4.4.2 Mustergebäude - Hauptweg 20.....	35
4.4.3 Mustergebäude - Am Lütten Diek 8.....	36

4.4.4	Mustergebäude - Am Lustholz 1.....	37
4.4.5	Stromnetzstabilität.....	38
5	Kostenrahmen.....	40
5.1	Prüfgebiet Dorf Wittmoldt.....	40
5.2	Prüfgebiet Gut Wittmoldt.....	45
6	Pfad zur Treibhausgasneutralität.....	47
6.1	Startwerte, Annahmen und Zielwerte des Zielszenarios.....	47
6.2	Wärmebedarf nach Wärmeversorgungsart bis 2045.....	48
6.3	Wärmebedarf nach Energieträgern bis 2045.....	49
6.4	THG-Emissionen nach Energieträgern bis 2045.....	50
	Abkürzungsverzeichnis.....	51

1 Einleitung

Der Verein „Nahwärmenetz Wittmoldt e. V.“ verfolgt das Ziel, die Nahwärmeversorgung in der Gemeinde Wittmoldt auf Basis erneuerbarer Energien zu fördern. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Gutachterteam von OCF Consulting GmbH damit beauftragt, eine Machbarkeitsstudie zu erstellen. Diese soll eine transparente Entscheidungsgrundlage für den Verein Nahwärmenetz Wittmoldt e. V. und weitere Beteiligte (potenzielle Betreiber:innen, Anschlussnehmende) herstellen. Der vorliegende Bericht stellt das Ergebnis dieser Untersuchung dar. Das Gutachterteam prüfte:

1. ob und in welcher Konstellation ein Nahwärmenetz, bestehend aus (a) zentraler Wärmeerzeugung auf Basis erneuerbarer Energien und (b) Wärmeverteilung, in der Gemeinde Wittmoldt geplant und betrieben werden kann (Teil 1) und
2. welche anderen zukunftsfähigen und wirtschaftlichen Wärmeversorgungsmöglichkeiten für die Haushalte in Wittmoldt bestehen (Teil 2).

Die Machbarkeitsstudie wurde durch Mittel aus dem Sondervermögen Bürgerenergie.SH gemäß der entsprechenden Förderrichtlinie finanziert. Sie muss die Anforderungen dieses Förderprogramms sowie des Moduls 1 der „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW) erfüllen.

Die Machbarkeitsstudie gliedert sich wie folgt:

- Kapitel 1: Einleitung,
- Kapitel 2: Ist-Analyse des Untersuchungsgebietes,
- Kapitel 3: Potentialermittlung erneuerbarer Energien und Abwärme,
- Kapitel 4: Soll-Analyse,
- Kapitel 5: Kostenrahmen,
- Kapitel 6: Pfad zur Treibhausgasneutralität.

1.1 Rahmenbedingungen für die Wärmewende

Die aktuellen äußeren Rahmenbedingungen für die Wärmewende ergeben sich u. a. aus der Entwicklung der Energiepreise, den Kosten für Investitionen in die Wärmeinfrastruktur, der Verfügbarkeit von Ressourcen zur Planung und Umsetzung baulicher Maßnahmen sowie der Bereitschaft der lokalen Akteur:innen, in ihre Infrastruktur zu investieren. Weitere Rahmenbedingungen werden u. a. durch Vorgaben und Förderprogramme des Bundes und des Landes Schleswig-Holstein festgelegt. Im Folgenden sind wichtige gesetzliche Rahmenbedingungen, die sowohl eine zentrale Wärmeerzeugung und Verteilung über ein Wärmenetz als auch dezentrale, d. h. individuelle Wärmeversorgungslösungen betreffen, zusammenfassend dargestellt.

Verpflichtungen:

- Gebäudeenergiegesetz (GEG, seit dem 01.01.2024): Anteil von mindestens 65 % Erneuerbarer Energien in Heizungsanlagen von Gebäuden im Neubaugebiet ab 2024 und schrittweise außerhalb von Neubaugebieten bzw. im Bestand;
- Energiewende- und Klimaschutzgesetz (EWKG) Schleswig-Holstein (2021¹): Beim Austausch der Heizungsanlage müssen mind. 15 % des jährlichen Wärme- und Kälteenergiebedarfs durch Erneuerbare Energien gedeckt werden. Dies gilt bereits seit dem 1. Juli 2022 für Gebäude, die vor 2009 erbaut wurden.

¹ Das EWKG wird voraussichtlich am 01.01.2025 novelliert.

Anreize:

- CO₂-Bepreisung: Der CO₂-Preis für Benzin, Heizöl und Gas beträgt 45 €/ t CO₂ (seit dem 01.01.2024). Im Jahr 2025 soll der CO₂-Preis auf 55 €/ t CO₂ ansteigen und im Jahr 2027 in ein europäisches Emissionshandelssystem überführt werden.²
- Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)³ fördert Einzelmaßnahmen zur Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden sowie sogenannte systemische Maßnahmen zur Sanierung von Gebäuden zu Effizienzhäusern. Auch der klimafreundliche Neubau wird mit Fördermitteln unterstützt (seit dem 01.01.2024)
- Förderung von Machbarkeitsstudien und Transformationsplänen sowie Optimierungen in bestehenden Wärmenetzen; Konzeption, Planung und Umsetzung neuer Wärmenetze, inklusive kalter Nahwärme durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)⁴
- Das Land Schleswig-Holstein unterstützt u. a. kommunale Versorgungsunternehmen und Genossenschaften im Rahmen des Landesprogramms Wirtschaft 2021-2027 bei dem Neubau und Ausbau von Fernwärme- und Kälteversorgungssystemen auf Basis Erneuerbarer Energien (mind. 75 %) mit einem Zuschuss (40-50 % der förderfähigen Kosten)⁵ (Stand Januar 2024).

Die Gesetze und Fördermittel unterliegen z. T. einer hohen Dynamik.

Insgesamt erfordert die Transformation zu einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung eine Abkehr von der Verwendung fossiler Energieträger für die Wärme- und Stromerzeugung.

Um dies bis spätestens 2045 zu erreichen, sind die Wärmebedarfe und tatsächlichen Wärmeverbrauche im Gebäudesektor drastisch zu reduzieren durch:

- energetische Gebäudesanierung,
- bewusstes Heizen und Lüften
- sowie eine Optimierung der Heizungstechnik.

Szenarien verschiedener Forschungsinstitute⁶ gehen von einer notwendigen und volkswirtschaftlich sinnvollen Reduktion von 40 bis 60 % aus. Erst diese stark reduzierten Wärmebedarfe können ressourcenschonend, wirtschaftlich und klimafreundlich mit erneuerbaren Energien gedeckt werden.

1.2 Datengrundlagen und Projekttablauf

Die Machbarkeitsstudie wurde u. a. basierend auf Daten des Landes, des Kreises Plön, Daten des Vereins „Nahwärmnetz Wittmoldt e. V.“⁷ sowie von Einzelpersonen in Verbindung mit einem Geoinformationssystem (GIS) erstellt.

Das Gutachterteam von OCF Consulting GmbH wurde im November 2023 vom Verein mit der Erstellung der Machbarkeitsstudie beauftragt. Der Projekt startete im Januar 2024. Der Erstellungsprozess wurde im Oktober 2024 abgeschlossen.

Im Prozess wurden sechs Projekttreffen sowie eine Abschlussveranstaltung durchgeführt. Zudem wurden vier Gebäudebegehungen durchgeführt und diese als Mustergebäude dargestellt (siehe Kapitel 4.4).

Das Gutachterteam bedankt sich bei allen beteiligten Institutionen und Personen für die Bereitstellung der Daten und die gute Zusammenarbeit.

² Der CO₂-Preis dient als Anreiz, auf klimaneutrale Alternativen umzusteigen. Einnahmen verwendet der Bund teilweise für die Finanzierung der Kosten der EEG-Umlage.

³ Weitere Informationen sind verfügbar unter: [www.energiewechsel.de/\[...\]](http://www.energiewechsel.de/[...]).

⁴ Weitere Informationen sind verfügbar unter: [www.bafa.de/\[...\]](http://www.bafa.de/[...]).

⁵ Weitere Informationen sind verfügbar unter: [www.ib-sh.de/\[...\]](http://www.ib-sh.de/[...]).

⁶ u. a. [Agora Energiewende](#); [Fraunhofer ISE](#).

⁷ Haushaltsbefragung 2022, Projektskizze, Gründungssatzung, Ergebnisse der Einwohnerversammlung 2022, Vorgespräche etc.

2 IST-Analyse des Untersuchungsgebietes

Die IST-Analyse beantwortet die Frage nach den gegenwärtigen Wärmebedarfen, den derzeit genutzten Wärmequellen und dem Zustand der bestehenden Wärmeinfrastruktur.

Wittmoldt ist eine kleine Gemeinde im Kreis Plön in Schleswig-Holstein und zählt gut 160 Einwohner. Die Topografie der Gemeinde ist geprägt von einer Hügellandschaft, die typisch für die Region Holsteinische Schweiz ist. Wittmoldt liegt an der Schwentine, zwischen dem Großen Plöner See und dem Trammer See, was der Gegend einen idyllischen Charakter verleiht. Das Gebiet ist überwiegend landwirtschaftlich geprägt, durchzogen von Wiesen, Feldern und kleinen Waldstücken.

Das Gemeindegebiet umfasst eine Fläche von rund 571 ha. Davon sind nach Angaben des Statistikamtes Nord rund 3 % Siedlungsfläche, 2 % Verkehrsfläche, 92 % Vegetation und 3 % Gewässer. Von den rund 28 ha Siedlungs- und Verkehrsfläche werden rund 26 % für das Wohnen, 43 % für Verkehr und die restlichen rund 31 % für Sport, Freizeit, Erholungsflächen sowie sonstige Siedlungsflächen genutzt.

2.1 Gebäudebestand im Prüfgebiet

Das Prüfgebiet der Gemeinde Wittmoldt gliedert sich in drei definierte Bereiche: Das Dorf Wittmoldt, Lustholz und das Gut Wittmoldt (siehe Abbildung 1). Das Dorf Wittmoldt bildet den Kern der Gemeinde und beherbergt die meisten Einwohner sowie zentrale Einrichtungen, wie das Dörps- und Sprüttenhus. Östlich davon liegt Lustholz, eine kleinere Siedlung sowie das historische und kulturell wichtige Gut Wittmoldt.

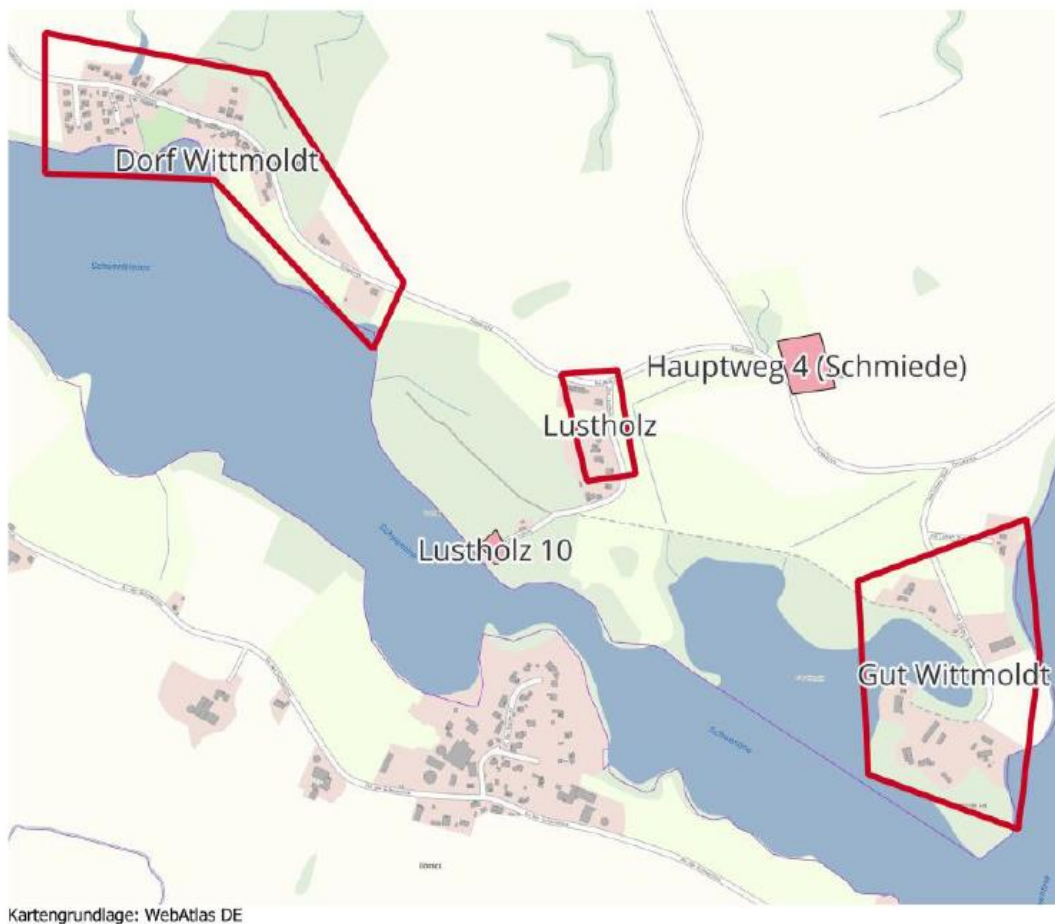


Abbildung 1: Karte Wittmoldt Prüfgebiete (Quelle: Leistungsverzeichnis Ausschreibung „Nahwärmesetz Wittmoldt e. V.“)

Die Bebauungsstruktur in Wittmoldt ist geprägt von einem ländlich-dörflichen Charakter. Die Anzahl der Wohngebäude beträgt gemäß Statistikamt Nord 76 und ist mehrheitlich (79 %) geprägt von Einfamilienhäusern mit einer Wohneinheit. Die restlichen Gebäude (21 %) sind Einfamilienhäusern mit 2 oder mehr Wohnungen. Die durchschnittliche Wohnungsgröße liegt bei rund 120 m². Die Bebauung ist locker und dezentral, mit großzügigen Grundstücken, die häufig von Gärten, Wiesen und Feldern umgeben sind oder an die Schwentine grenzen. Im Kern des Dorfes Wittmoldt sind die Gebäude dichter angeordnet, während die Außenbereiche von landwirtschaftlich genutzten Flächen und vereinzelt Gehöften dominiert werden.

Ein Großteil der Gebäude in Wittmoldt stammt aus den Nachkriegsjahren, insbesondere den 1950er bis 1970er Jahren. Es gibt auch eine signifikante Anzahl von Gebäuden aus der Zeit vor 1949. Neuere Bauten aus den 1980er Jahren bis heute sind in geringerem Umfang vertreten. Diese Verteilung zeigt, dass Wittmoldt eine Mischung aus historischen und nachkriegszeitlichen Gebäuden aufweist, wobei die Modernisierung in den letzten Jahrzehnten eher moderat erfolgt ist.⁸

Die Kenntnis über die Art der Gebäude und die räumliche Verteilung der Baujahre ist hilfreich. Jedoch erst in Kombination mit weiteren Informationen wie u. a. mit dem Sanierungszustand, Art und Alter der Heizungsanlage, Bebauungsdichte sowie der lokalen Verfügbarkeit erneuerbarer Wärme bzw. von Abwärmequellen ist sie von wichtiger Bedeutung für die Machbarkeitsprüfung einer potenziellen Wärmenetzlösung.

2.2 Wärmebedarfe und Wärmelinienrichte

2.2.1 Wärmebedarfe

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden für das gesamte Gemeindegebiet gebäudescharfe Wärmebedarfe berechnet und durch Verbrauchsdaten ergänzt. Der Wärmebedarf eines Gebäudes ist die Energiemenge, die zur Aufrechterhaltung einer bestimmten Raumtemperatur (Heizung) sowie für die Warmwasserbereitung aufgewendet werden muss. Hierzu werden die georeferenzierten Daten jedes Gebäudes aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) anhand einer Gebäudetypologie mit funktionsspezifischen Energiekennwerten verknüpft. Üblicherweise ist der tatsächliche Wärmeverbrauch etwas niedriger als der rechnerisch ermittelte Wärmebedarf. Daher wurden gemeindefeindlich Verbrauchsdaten erhoben und die Wärmebedarfe durch diese korrigiert.

2.2.2 Wärmelinienrichte

Die Wärmelinienrichte stellt das Verhältnis der in einem fiktiven Wärmenetz transportierten Wärmemenge zur Gesamtlänge des jeweiligen Wärmenetzabschnittes in MWh und Trassenmeter pro Jahr dar. Bei der Machbarkeitsprüfung wird das Instrument der Wärmelinienrichte genutzt, um Gebiete zu identifizieren, die sich für den Ausbau eines bestehenden Wärmenetzes bzw. oder für den Neubau eines Wärmenetzes eignen. Auf diese Weise werden auch Gebiete identifiziert, die sich besser für individuelle Lösungen⁹ eignen. Die dieser Bewertung zugrunde liegenden Annahmen und die Methodik der Wärmelinienrichte werden im Folgenden erläutert.

Der Wärmebedarf aller an einem bestimmten Straßenabschnitt anliegenden Gebäude wird summiert und durch die Länge des betrachteten Straßenabschnitts in Metern geteilt.

Als Basis hierfür werden die ermittelten Wärmebedarfe bzw. -verbräuche der einzelnen Gebäude verwendet. Es fließen in die Wärmelinienrichte jedoch nur diejenigen beheizten Gebäude mit ihrem Wärmebedarf ein, die

- weniger als 25 m von einer Straße entfernt sind oder
- zwischen 25 und 50 m von einer Straße entfernt und gleichzeitig nach einem bestimmten Berechnungsschlüssel über einen ausreichend hohen Wärmebedarf im Verhältnis zur Entfernung von der Straße verfügen.

⁸ Statistikamt Nord (2024): Stand 03.09.2024, <https://region.statistik-nord.de/main/1/350>.

⁹ Gebiete mit einer geringen Wärmelinienrichte sind gut geeignet für nicht leitungsgebundene, individuelle Lösungen auf Ebene eines Einzelgebäudes bzw. ggf. im Verbund mit Nachbargebäuden.

Diese Kriterien werden vor dem Hintergrund angewandt, dass ein Anschluss bis zu einer Entfernung von 25 m eine gute Wirtschaftlichkeit aufweist. Bei einer Entfernung ab 25 m ist der Anschluss nur noch bei größeren Wärmekund:innen rentabel. Ab einer Entfernung von 50 m sind Verlegung und Betrieb einer Wärmeleitung aus Sicht des Gesamtnetzes i. d. R. unwirtschaftlich.

Aus Effizienz- und Kostengründen liegt der Fokus auch insgesamt auf möglichst geringen Distanzen zwischen der Hauptleitung des Wärmenetzes und der Hausanschlussleitung. Für die Berechnung und Darstellung der Wärmelinienendichte ist daher die Straße, die die geringste Entfernung zum Gebäude aufweist, die Bezugsstraße. Diese kann von der Meldeadresse eines Gebäudes abweichen.

Erfahrungsgemäß werden sich nicht alle Gebäudeeigentümer:innen, die sich an einer potenziellen Wärmetrasse befinden, für den Anschluss an ein Wärmenetz entscheiden. Zu den Gründen zählen u. a.: bereits durchgeführte Erneuerung der Heizungsanlage, fehlende Investitionsmittel, hohes Alter bzw. bestimmte Zukunftspläne der Gebäudeeigentümer:innen¹⁰ sowie Vorbehalte gegenüber dem Wärmenetz als System bzw. gegenüber langen Vertragslaufzeiten. Um das Potenzial von Wärmeanschlüssen realistisch einzuschätzen, wird daher eine reduzierte Anschlussquote von 60 % angenommen. Aufgrund der Größe der Gemeinde, der guten Vernetzung der Bürger*innen und dem hohen Interesse an einer gemeinsamen Wärmeversorgung unter diesen, wurde hier zusätzlich eine Wärmelinienendichte unter Annahme einer Anschlussquote von 80% berechnet.

Die aus diesen Berechnungsschritten ermittelte Wärmelinienendichte in MWh pro Trassenmeter und Jahr wird in einer Karte für Wittmoldt dargestellt und in der Analyse in drei farbig gekennzeichnete Wärmelinienendichtebereiche unterschieden:

- 1-2 MWh/(Tm*a) = Straßenabschnitte, in denen ein Wärmenetz nur bei günstiger Wärmequelle wirtschaftlich betrieben werden kann (Türkis),
- 2-3 MWh/(Tm*a) = Straßenabschnitte, in denen ein Wärmenetz nur bis zu einer Systemtemperatur von 55 °C wirtschaftlich ist (Grün) und
- > 3 MWh/(Tm*a) = Straßenabschnitte, die ein gutes Potenzial für einen wirtschaftlichen Wärmenetz-Betrieb aufweisen (Orange).

Die Ergebnisse der Berechnung der Wärmelinienendichte (siehe Abbildung 2 und Abbildung 3) verdeutlichen, dass in weiten Teilen des Untersuchungsgebiets weder bei einer Anschlussquote von 60 % noch von 80 % ein wirtschaftliches Wärmenetz realisierbar ist. Nur in wenigen Straßenabschnitten zeigt sich ein potenzielles wirtschaftliches Netz: Im Schwentineweg bei einer 60%-Quote sowie in den Straßen Schwentineweg, Am Beek und Am Lütten Diek bei einer Anschlussquote von 80 %, vorausgesetzt, es steht eine kostengünstige Wärmequelle zur Verfügung. Besonders die hohe Wärmelinienendichte im Abschnitt Am Lütten Diek lässt sich durch den hohen Verbrauch eines Einzelgebäudes erklären, jedoch ist dieses allein nicht ausreichend, um ein Wärmenetz zu initiieren, da die umliegenden Gebäude zu weit entfernt sind und die hohen Leitungskosten ein Hemmnis darstellen. Für die Straßen Schwentineweg, Am Beek und Hauptweg (Prüfgebiet Dorf Wittmoldt) und das Prüfgebiet Gut Wittmoldt wurde die technische und wirtschaftliche Machbarkeit eines potenziellen Wärmenetzes eingehender untersucht (siehe Kapitel 4 und Kapitel 5).

Für das Prüfgebiet Lustholz wurde im Projektverlauf deutlich, dass die Zahl der potenziellen Anschlussnehmer sank, für die eine zentrale Wärmeversorgung in Frage käme. Letztendlich konnten nur noch ein bis zwei der potenziellen Anschlussnehmer sich eine solche Wärmeversorgung vorstellen, weshalb keine weitere Variantenbetrachtung mehr vorgenommen wurde.

¹⁰ u. a. Umzug und/oder Verkauf des Gebäudes.

Gemeinde Wittmoldt - Untersuchungsgebiet Machbarkeitsstudie
Wärmelinienichte in MWh pro Trassenmeter und Jahr bei 60% Anschlussquote

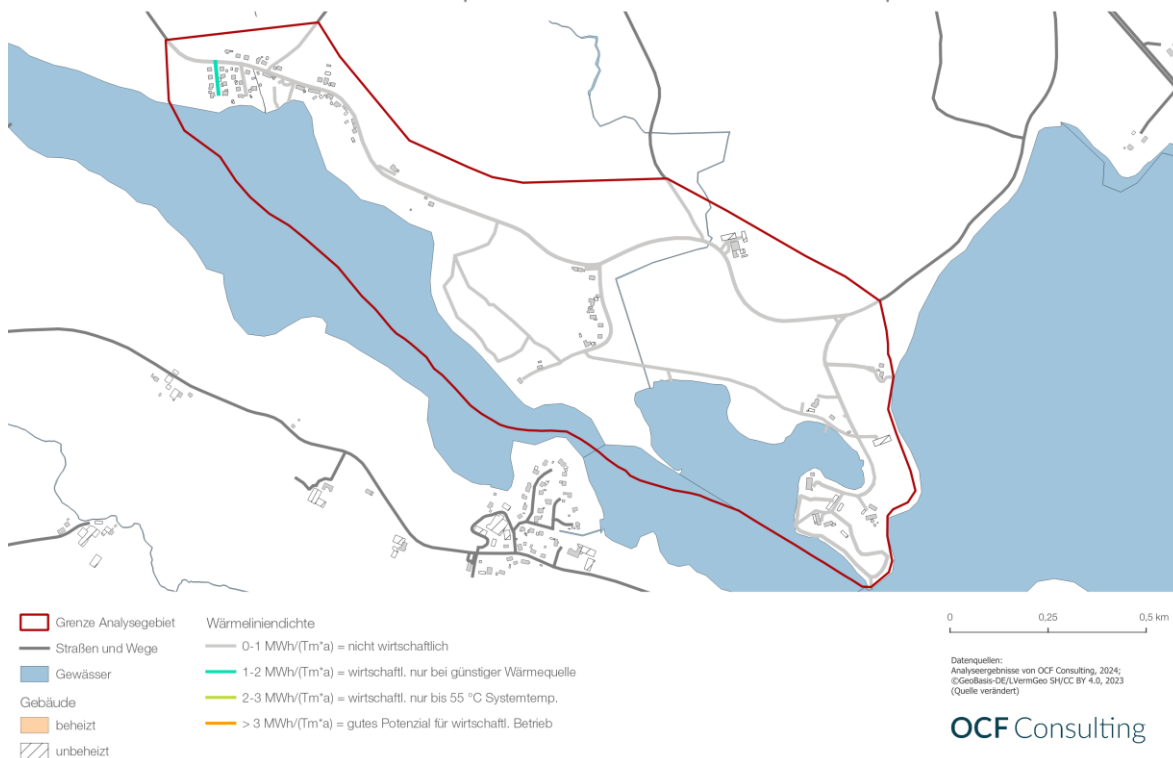


Abbildung 2: Wärmelinienichte Wittmoldt für das Jahr 2024 in MWh pro Trassenmeter (Tm) und Jahr bei 60 % Anschlussquote an ein fiktives Wärmenetz (VN), Quelle OCF Consulting GmbH

Gemeinde Wittmoldt - Untersuchungsgebiet Machbarkeitsstudie
Wärmelinienichte in MWh pro Trassenmeter und Jahr bei 80% Anschlussquote

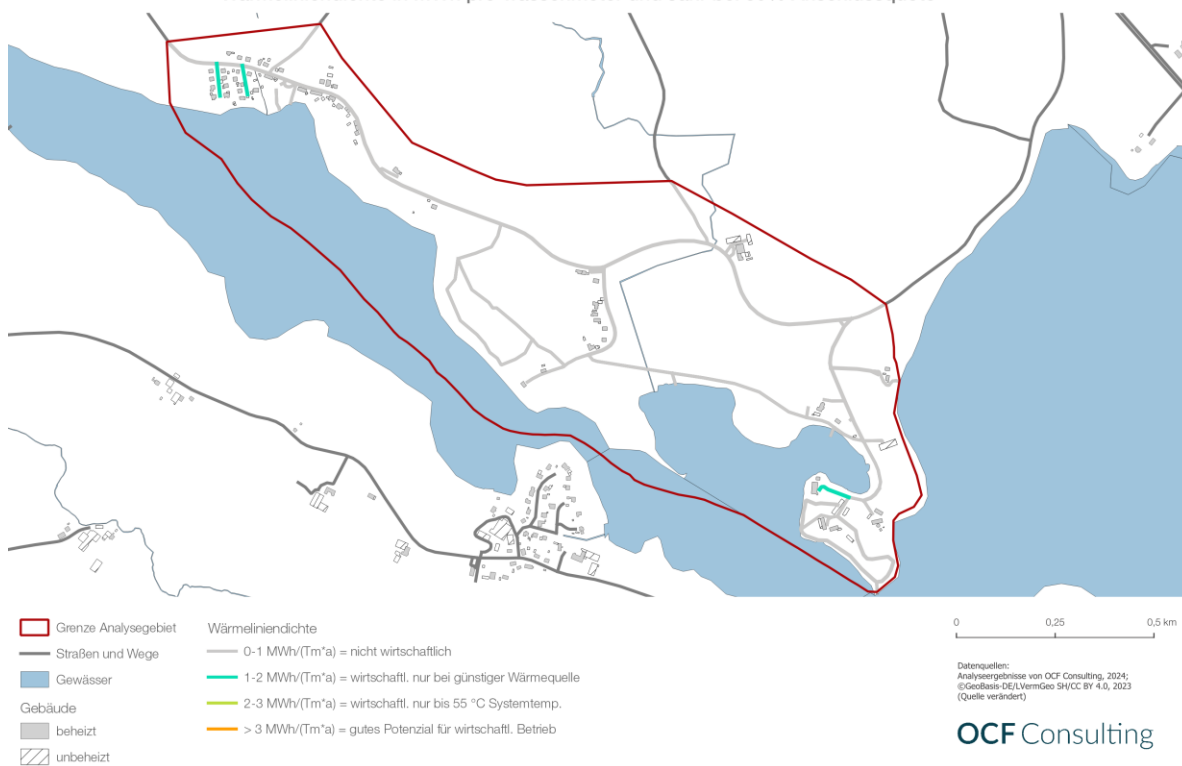


Abbildung 3: Wärmelinienichte Wittmoldt für das Jahr 2024 in MWh pro Trassenmeter (Tm) und Jahr bei 80 % Anschlussquote an ein fiktives Wärmenetz (VN), Quelle OCF Consulting GmbH

2.3 Bestehende Wärmeversorgungsstruktur

Die Wärmeversorgungsstruktur in Wittmoldt wird aus den Daten der Haushaltsbefragung 2022 abgeleitet. Im Prüfgebiet befinden sich insgesamt 57 Gebäude, von denen die überwiegende Mehrheit als Wohngebäude genutzt wird. Der geschätzte Energiebedarf für das gesamte Gebiet beträgt etwa 1.600 MWh pro Jahr.

Aus den Befragungen geht hervor, dass 77 % der Haushalte zum Heizen auf den Energieträger Heizöl zurückgreifen. Weitere 10 % der Befragten nutzen Flüssiggas zur Wärmeerzeugung. Eine Gasnetzinfrastruktur ist in Wittmoldt nicht vorhanden. Ein kleiner Anteil von 9 % der Gebäudeeigentümer:innen heizt mit Strom, Holz oder einer Kombination aus beidem. Dabei bleibt unklar, ob es sich bei der Stromheizung um veraltete Nachtspeicherheizungen oder moderne Wärmepumpen handelt. Anschlüsse an Fern- oder Nahwärme sind in Wittmoldt nicht vorhanden.

Erneuerbare Energien finden in Wittmoldt in begrenztem Maße Anwendung. Einige Gebäude sind mit Photovoltaik-Dachanlagen zur Stromerzeugung oder Solarthermieranlagen zur Unterstützung der Warmwasserbereitung ausgestattet.

Die Systemtemperaturen der Heizungssysteme der jeweiligen Endkunden variiert in einem Bereich von 50 bis 70 °C. Für die Wärmeübergabe sind überwiegend Rippen- und Plattenheizkörper in den Gebäuden verbaut (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: IST-Analyse des Untersuchungsgebietes (Quelle: OCF Consulting GmbH)

IST-Zustand 2022	Dorf Wittmoldt	Lustholz	Gut Wittmoldt	Wittmoldt gesamt
Art der jeweiligen zu versorgenden Endkunden	Einfamilienhäuser (35), Kommunale Gebäude (1)	Einfamilienhäuser (11)	Einfamilienhäuser (10)	Einfamilienhäuser (56), Kommunale Gebäude (1)
Anzahl der zu versorgenden Endkunden	Ca. 105	Ca. 33	Ca. 30	Ca. 168 ¹¹
Anzahl der Gebäude	36	11	10	57
Anzahl der Übergabestationen	0	0	0	0
Wärmebedarf der jeweiligen Endkunden	832 MWh/a	322 MWh/a	476 MWh/a	1.630 MWh/a
Temperaturniveau der jeweiligen Endkunden	50-70 °C	50-70 °C	50-70 °C	50-70 °C
Derzeitige Art der Wärmeversorgung der Endkunden	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Flüssiggas: 10 %, Heizöl: 74 %, Holz: 6,5 %, Strom: 6,5 %, Solarthermie: 3 %</p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;"> <p>Detailed description: A pie chart illustrating the distribution of heat supply methods. The largest segment is orange, representing Heizöl at 74.2%. Other segments include blue for Flüssiggas (9.7%), grey for Holz (6.5%), yellow for Strom (6.5%), and a small grey segment for Solarthermie (3.2%). A legend on the right identifies the colors: blue for Flüssiggas, orange for Heizöl, grey for Holz, and yellow for Strom.</p> </div> </div>			

¹¹ Annahme 3-Personen-Haushalt.

3 Potentialermittlung erneuerbarer Energien und Abwärme

Das vorliegende Kapitel beschreibt zunächst, wie sich der Wärmebedarf in Wittmoldt aufgrund verschiedener Einflussfaktoren in den kommenden Jahren voraussichtlich verändern wird.

Aufbauend darauf stellen die nachfolgenden Kapitel die Analyse und das Ergebnis der Potentialermittlung der erneuerbaren Energien und Abwärme in Wittmoldt dar. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf der Verfügbarkeit der jeweiligen Wärmequellen. Unvermeidbare Abwärme, die bei Industrie- bzw. gewerblichen Unternehmen anfällt, kann eine wichtige Wärmequelle für die klimafreundliche Wärmeversorgung darstellen, ist in Wittmoldt aber nicht vorhanden.

Bei den erneuerbaren Wärmequellen bzw. Energieträgern wird zwischen Solarthermie, Geothermie, Umweltwärme (wie Luft, Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden, Grundwasser, Flusswasser, Seewasser und Abwasser) sowie Biomasse unterschieden.

Bei der Solarthermie wird geprüft, auf welchen Flächen (wie Freiflächen oder Dächer) eine Nutzung möglich ist.

Für Geothermie wird der Fokus daraufgelegt, das Fündigkeitsrisiko durch geologische und seismische Untersuchungen zu reduzieren und einen potenziellen Standort für die Bohrung einer Anlage zu finden. Bei Umweltwärmequellen steht die Prüfung der wirtschaftlichen Nutzbarkeit der jeweiligen Quelle im Vordergrund.

Bei Biomasse wird die Verfügbarkeit förderfähiger fester Biomasse untersucht. Dabei spielen die Art und Herkunft der Biomasse sowie der logistische Aufwand für Transport und Lagerung eine entscheidende Rolle.

3.1 Senkung des Wärmebedarfs

Steigerung der Energieeffizienz durch Gebäudesanierung

Die Steigerung der Energieeffizienz im Gebäudebereich stellt aus Klimaschutzperspektive eine notwendige Voraussetzung dar, um mittel- bzw. langfristig die Transformation hin zu einer treibhausgasneutralen, sozial- und ressourcenschonenden Wärmeversorgung bezahlbar durchzuführen.

Dämmmaßnahmen und Heizungsoptimierung sind wichtige Hebel, die zusammen mit dem Energieträgerwechsel gewährleisten, dass sich Energieverbrauch und THG-Emissionen des Gebäudebestands kontinuierlich und dauerhaft reduzieren.

Indikatoren für die Senkung des Wärmebedarfs sind die Sanierungsquote¹² und die Sanierungstiefe. Die Sanierungsquote beschreibt den prozentualen Anteil des Energieverbrauchs der sanierten Gebäude am Gesamtenergieverbrauch des Gebäudebestands pro Jahr. Die Sanierungstiefe drückt aus, in welchem Umfang – gemessen am Gesamtpotenzial der energetischen Optimierungsmaßnahmen (z. B. Dämmung des Daches, Dämmung der Fassade) – eine Sanierung vorgenommen wird. Beide Indikatoren sind jedoch bisher weder einheitlich definiert noch statistisch erfasst. Schätzungen verschiedener Studien zufolge liegt die Sanierungsquote deutschlandweit derzeit bei ca. 0,8 bis 1 %.

Hemmnisse sowohl für die Steigerung der Quote als auch für die Tiefe energetischer Gebäudesanierungen stellen in erster Linie die Verfügbarkeit von Handwerksunternehmen sowie von finanziellen Ressourcen dar, aber auch das Vorhandensein eines ausreichenden Angebots an Energieberatungen, passenden Materialien und Bauteilen, technischem Know-how etc.

¹² Im Weiteren ist Sanierung immer als energetische Sanierung eines Gebäudes zu verstehen.

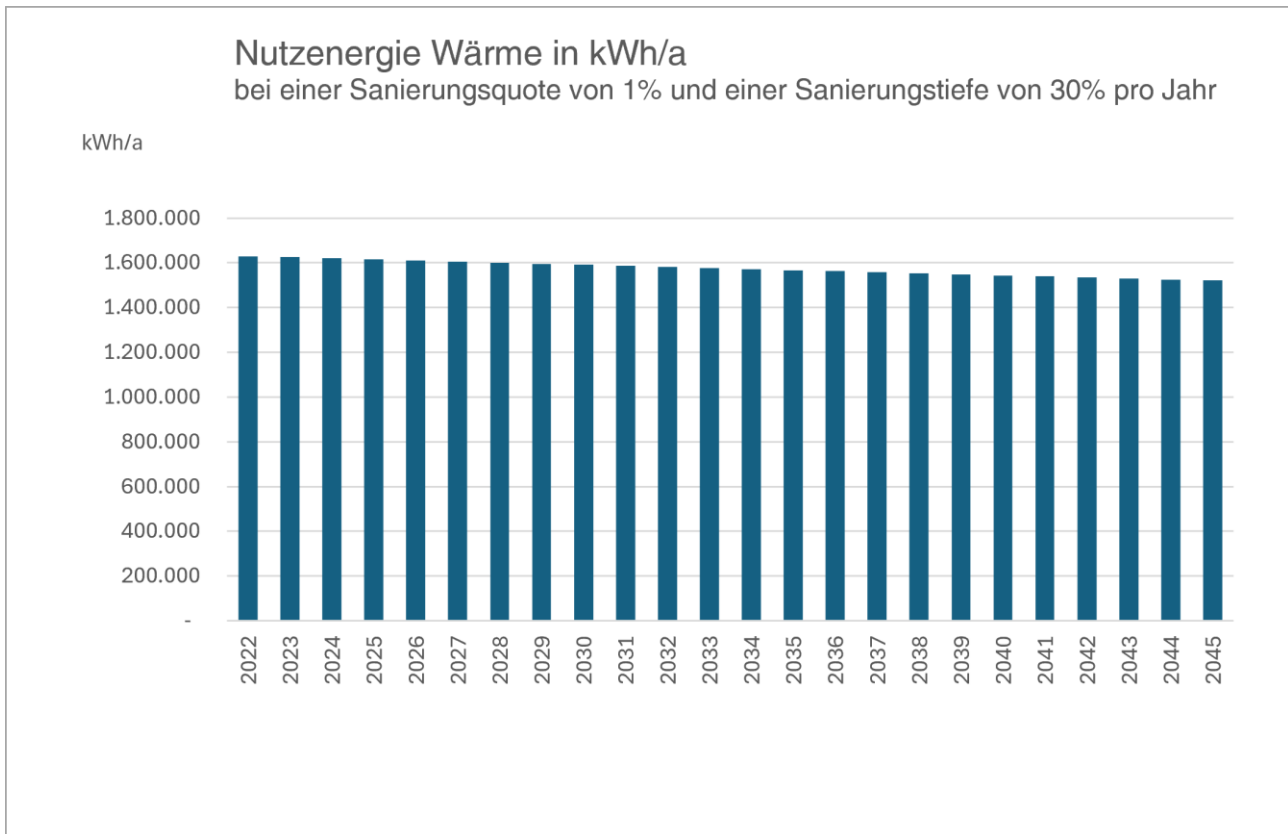


Abbildung 4: Prognostizierte Reduktion des Wärmebedarfs der Gebäude in Wittmoldt in kWh/a (Quelle: Analyseergebnisse von OCF Consulting GmbH)

Für Wittmoldt wird angenommen, dass die Sanierungsquote bei 1 % pro Jahr liegt und die Sanierungen mit einer Tiefe von durchschnittlich 30 % durchgeführt werden (siehe Abbildung 4 und Tabelle 2). Die Sanierungsquote wird auch für die kommenden Jahre dauerhaft als gering (1 % pro Jahr) eingeschätzt, da derzeit nicht zu erwarten ist, dass sich die Anzahl der ausführenden Handwerksbetriebe signifikant erhöhen wird. Die durchschnittliche Sanierungstiefe wird mit 30 % pro Gebäude angesetzt, da die Sanierung eines Gebäudes aus Finanzierungs- und Rentabilitätsgründen meist nur in mehreren Schritten und fast nie vollumfänglich durchgeführt wird.

Tabelle 2: Entwicklung des Gesamtwärmebedarfs (Nutzenergie) der Gebäude in MWh/a von 2022 bis 2045 in der Übersicht (Quelle: Analyseergebnisse von OCF Consulting GmbH)

Jahr	Gesamtwärmebedarf (Nutzenergie) der Gebäude [MWh/a]
2022	~1.630
2030	~1.591
2035	~1.567
2040	~1.544
2045	~ 1.520

3.2 Solarthermie

Freiflächen-Solarthermie-Anlagen

In der Fernwärmeerzeugung kann Solarthermie zukünftig eine größere Rolle spielen, sofern die notwendigen Freiflächen in der Nähe von Wärmeverbraucher:innen in ausreichender Größe vorhanden sind.

Technisch besteht die Möglichkeit, mit dem Warmwasser einer Freiflächen-Solarthermie-Anlage ein Wärmenetz zu speisen. Allerdings weist diese Art der Wärmeerzeugung im Vergleich zu Luftwärmepumpen-Anlagen die Nachteile auf, dass sie bei ähnlichen Wärmegestehungskosten nur tagsüber Wärme liefert und mehr Fläche benötigt.

Um mit Freiflächen-Solarthermie-Anlage eine Wärmeversorgung auch nachts und in den strahlungsarmen Monaten zu gewährleisten, ist darüber hinaus eine Speicherung des gewonnenen Warmwassers notwendig. Diese Speicherung lässt sich zwar technisch umsetzen, z. B. in großen Erdbeckenspeichern, sie ist aber zum heutigen Stand der Technik wirtschaftlich noch nicht sinnvoll. Denn die notwendige Einspeicherung und die anschließende Ausspeicherung sind mit ca. 10 ct/kWh zu kalkulieren. Wenn realistische Wärmegestehungskosten von pauschal ca. 5 ct/kWh und Wärmenetzverteilungskosten von ca. 10 ct/kWh hinzugerechnet werden sowie ca. 5 ct/kWh für Vertrieb und Gewinn ergänzt werden, erweist sich Solarthermie als Wärmequelle für Fernwärme mit insgesamt ca. 30 ct/kWh als nicht wirtschaftlich gegenüber anderen Wärmeversorgungslösungen.

Solarthermie-Freiflächen-Anlagen können wirtschaftlich für die Einzelgebäudeversorgung sein, wenn in räumlicher Nähe zu potenziellen Standorten eine große Menge an sommerlichem Wärmebedarf vorhanden ist. In Wittmoldt sind keine Nutzungen mit einem erhöhten sommerlichen Wärmebedarf bekannt. Hierzu zählen beispielsweise Frei- und Schwimmbäder, Pflegeeinrichtungen, Krankenhäuser.

Solarthermie auf Dächern

Von der Netzbetreiber:in liegen keine aktuellen Informationen zur Anzahl von Solaranlagen und der damit verbundenen installierten Leistung vor. Im Marktstammdatenregister sind aktuell 18 Anlagen mit dem Energieträger „Solare Strahlungsenergie“ mit Betriebsstatus „In Betrieb“ eingetragen.¹³ In Summe ist für diese Anlagen eine Bruttoleistung von rund 211 kWp eingetragen.

Damit ist erst ein Teil der Gebäude mit einer PV-Anlage ausgestattet und es besteht weiteres Ausbaupotenzial.

Grundsätzlich ist jedes Dach, welches nicht (vollständig) verschattet wird oder nach Norden zeigt, für eine wirtschaftliche PV-Anlage geeignet. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit sind die Höhe und der Tagesverlauf des Stromverbrauches des jeweiligen Gebäudes. Für einen Haushalt mit einem Stromverbrauch in Höhe von 4.000 kWh/a empfehlen wir eine PV-Anlage mit 3 bis 6 kWp. Batteriespeicher haben i. d. R. nur einen geringen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit.

Zu vorhandenen Dach-Solarthermie-Anlagen lagen dem Gutachterteam keine Informationen vor – im Marktstammdatenregister sind aktuell keine dementsprechenden Anlagen eingetragen. (Stand September 2024) Dach-Solarthermie-Anlagen sind in der Nachrüstung bei Bestandsgebäuden i. d. R. deutlich teurer als Dach-PV-Anlagen. Bei typischen Wohngebäuden ist die Kombination von PV-Anlage und Luft-Wasser- bzw. Luft-Sole-Wärmepumpe daher oftmals die bessere Wahl als die Nachrüstung einer Dach-Solarthermie-Anlage. Ausnahmen stellen Gebäude mit hohem Warmwasserbedarf wie beispielsweise Pflegeheime, Krankenhäuser und Schwimmbäder dar (siehe oben).

Aufgrund der genannten Einschränkungen wurde das technische Potenzial für Solarthermie durch das Gutachterteam nicht berechnet.

¹³ Marktstammdatenregister: [Aktuelle Einheitenübersicht | MaStR \(marktstammdatenregister.de\)](https://www.marktstammdatenregister.de).

3.3 Geothermie

Geothermie (Erdwärme) ist zum Großteil unabhängig von saisonalen Klimaveränderungen sowie Tagesverläufen ganzjährig verfügbar. Unterschieden werden verschiedene Techniken und Tiefen.

3.3.1 Oberflächennahe Geothermie

Erdwärmekollektoren¹⁴ sind oberflächennahe Erdwärme-Nutzungssysteme, die in einer Tiefe bis etwa fünf Meter installiert werden. Die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Wärmeentzugsleistung und damit die Effizienz des Systems stellen die Beschaffenheit des Bodens, dessen Wärmeleitfähigkeit sowie Wasser- und Luftgehalt dar (siehe Exkurs). Erdwärmekollektoren nutzen die Wärmeenergie der Sonne durch direkte Einstrahlung sowie die Wärmeenergie, die aus Luft und durch Niederschlag in das Erdreich eingetragen wird.

Erdwärmesonden, welche mittels Bohrungen in Tiefen zwischen 100 und 200 m¹⁵ vertikal eingebracht werden, zählen ebenfalls zur oberflächennahen Geothermie. Hier werden meist Temperaturen von ca. 12 bis 18 °C erbracht. Ein Heizsystem zur Nutzung von Geothermie besteht aus einer oder mehreren Erdsonden, einer Wärmepumpe sowie einer Heiz- bzw. Kühlanlage im Gebäude.

Für das Land Schleswig-Holstein sind Potenzialkarten verfügbar, die die Wärmeleitfähigkeit der Böden in 0- 50 m und in 50 – 100 m Tiefe darstellen. Die Potenzialkarten wurden unter Verwendung von Schichtenverzeichnissen aus insgesamt rund 29.000 Bohrungen erstellt. Den einzelnen Schichten wurden Wärmeleitfähigkeitswerte für die gesättigte und trockene oder teilweise gesättigte Zone unter Berücksichtigung des Abstands zum Grundwasser zugeordnet. Durch rechnerische Verfahren wurden gewichtete effektive Wärmeleitfähigkeitswerte für Tiefenbereiche von 0-50 m und 0-100 m ermittelt und zwischen den Bohrungen interpoliert.¹⁶ Die verwendeten Werte der Wärmeleitfähigkeiten wurden konservativ angesetzt, um die Gefahr einer Unterdimensionierung von Erdwärmesonden zu vermeiden. Zusätzliche Effekte z. B. durch Grundwasserströmung wurden nicht berücksichtigt. Daher können genauere Verfahren wie der Geothermal Response Test (TRT, siehe Exkurs) abweichende Ergebnisse erbringen.

Die Wärmeentzugsleistung ist in tieferen Schichten höher. Ab Erschließungstiefen von mehr als 1.000 m wird von **tiefer Geothermie** gesprochen.

Die oberflächennahe Geothermie ist einfach und risikoarm nutzbar.

Begrenzt wird die Nutzbarkeit lediglich durch

- rechtliche Rahmenbedingungen (Schutzgebiete)
- die Leitfähigkeit und Wärmekapazität des Bodens und
- die Flächenverfügbarkeit.

¹⁴ Zum Beispiel Flächenkollektoren, Grabenkollektoren, Erdwärmekörbe.

¹⁵ Zum Teil auch bis 400 m.

¹⁶ www.umweltportal.schleswig-holstein.de.

Exkurs: Wärmeleitfähigkeit des Bodens

Der Feuchtegehalt und die **Beschaffenheit des Bodens (Bodentyp)** spielen eine entscheidende Rolle für die Effizienz der Geothermie.

Unterschiedliche Bodentypen haben unterschiedliche thermische Eigenschaften, die die Leistung des Systems beeinflussen können.

Gleichzeitig können wassergesättigte Böden die Wärme deutlich besser leiten und haben eine viermal höhere Wärmekapazität als trockene Böden (Faktor 4).

Der **Grundwasserflurabstand** (Abstand des Grundwasserspiegels zur Oberfläche) ist daher ebenfalls ein wichtiger Faktor. Ein zu niedriger Grundwasserflurabstand kann die Effizienz der Geothermie beeinträchtigen, da das Grundwasser als Wärmequelle oder -senke dient.

Die **Wärmeleitfähigkeit der Böden** bestimmt, wie schnell Wärme durch den Boden transportiert wird. Böden mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit erlauben eine bessere Wärmeübertragung zwischen dem Erdreich und den Geothermie-Sonden oder -Kollektoren. Daher sind Böden mit höherer Wärmeleitfähigkeit für die Effizienz des Geothermie-Systems vorteilhaft. Die Wärmeleitfähigkeit des Bodens variiert abhängig von der Mineralzusammensetzung¹⁷, der Porosität und der Art der Porenfüllung. Zum Beispiel besitzen sandige Böden tendenziell eine höhere Wärmeleitfähigkeit als tonige Böden. Sandige Böden ermöglichen eine effizientere Wärmeübertragung, während Tonböden die Wärme schlechter leiten.

Zugleich besitzt Luft eine geringe Fähigkeit, Wärme zu leiten. Daher zeigt der trockene oder teilweise gesättigte Bereich über dem Wasserspiegel eine reduzierte Wärmeleitfähigkeit. Der Bereich oberhalb des Grundwasserspiegels ist daher für den Wärmeentzug wenig produktiv, weshalb sich grund- und staunasse Böden besonders gut für Geothermie eignen (s. o.).

Die Wärmeleitfähigkeit der im Untergrund vorhandenen Schichten bestimmt direkt die **spezifische Wärmeentzugsleistung**. Tabelle 3 zeigt die spezifischen Wärmeentzugsleistungen (in W pro m Erdsonde) in Abhängigkeit vom Untergrund (Bodentyp) und der zeitlichen Nutzung (Volllaststunden).

Tabelle 3: Spezifische Entzugsleistungen oberflächennaher Sedimente in Schleswig-Holstein für Erdwärmesonden (nach VDI 4640) (verändert nach „Leitfaden zur geothermischen Nutzung des oberflächennahen Untergrundes“ (LLUR 2011))

Untergrund	Spezifische Entzugsleistung nach VDI 4640 Blatt 2	
	1.800 Volllaststunden/a	2.400 Volllaststunden/a
Kies, Sand, trocken	< 25 W/m	< 20 W/m
Kies, Sand, wasserführend	65-80 W/m	55-65 W/m
Ton, Lehm, feucht	35-50 W/m	30-40 W/m
Geschiebemergel		45 W/m

Basierend auf den Schichtdicken und der spezifischen Wärmeentzugsleistung kann die zu erwartende **Leistung der Erdwärmesonde** anhand der erhaltenen Schichtstruktur des Untergrundes berechnet werden. Oft wird der tatsächliche Schichtaufbau des Untergrundes erst durch eine Bohrung oder aber durch einen Thermal-Response-Test (TRT) festgestellt, wodurch vor Ort die endgültige Länge der Sonden bestimmt wird.

Für die Planung größerer Vorhaben zur Nutzung von Geothermie sollten im Vorfeld Machbarkeitsstudien mit Probebohrungen und Thermal-Response-Tests durchgeführt werden.

¹⁷ Insb. Quarzanteil.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Grundsätzlich sind bei der Nutzung von Geothermie drei wichtige Gesetze zu beachten:

- **Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG):** Es regelt den Umgang mit Wasserressourcen, einschließlich der Entnahme und Wiedereinleitung von Wasser.
- **Landeswassergesetze (LWG):** Ergänzen das WHG auf Landesebene und enthalten spezifische Regelungen für die Geothermie-Nutzung je nach Bundesland.
- **Bundesberggesetz (BbergG):** Verlangt eine Anzeigepflicht, wenn Bohrungen oder Eingriffe in den Boden tiefer als 100 Meter durchgeführt werden, um die Einhaltung der Gesetze sicherzustellen.

Auch in **Schutzgebieten** sind rechtliche Bestimmungen zu einzuhalten:

In **Wasserschutzgebieten** und innerhalb der Einzugsgebiete von Wasserwerken, die für die öffentliche Trinkwasserversorgung von Bedeutung sind (Jahresentnahme von mehr als 100.000 m³) hat die Versorgung der Bevölkerung mit einwandfreiem Trinkwasser Vorrang vor anderen Nutzungen. In diesen Wassergewinnungsgebieten sind Restrisiken, die aus der Errichtung und dem Betrieb von Erdwärmesonden herrühren können, auszuschließen. In der Gemeinde Wittmoldt (bzw. angrenzend an diese) befinden sich keine Wasserschutzgebiete und somit gibt es keine wasserschutzrechtlichen Einschränkungen zur Errichtung von Erdsonden.

In **Landschaftsschutzgebieten** sind Bauvorhaben, wie die Installation von Erdwärmesonden nur unter bestimmten Bedingungen zulässig. Jede Maßnahme muss von den zuständigen Naturschutzbehörden geprüft und genehmigt werden. Auch in **FFH-Gebieten** (Flora-Fauna-Habitat-Gebiete) und **EU-Vogelschutzgebieten** gelten strenge Schutzvorschriften, die vergleichbar mit denen von Naturschutzgebieten sind. Aufgrund potenziell erheblicher Auswirkungen auf den Erhaltungszustand eines FFH-Gebiets bzw. auf die Lebensräume der Vögel, muss das Vorhaben vorab einer Prüfung (z. B. FFH-Verträglichkeitsprüfung) unterzogen werden. In der Gemeinde Wittmoldt befinden sich die Flächen südlich Hauptweg um die Schwentine gänzlich in Landschaftsschutzgebieten und zum Teil in FFH- und EU-Vogelschutzgebieten, sodass die Nutzung von Erdwärme in diesem Bereich Prüfungen unterzogen werden müssten (siehe Abbildung 5). Daher muss die untere Naturschutzbehörde des Kreises bei konkreten Vorhaben zur Nutzung von Erdwärme frühzeitig eingebunden werden.

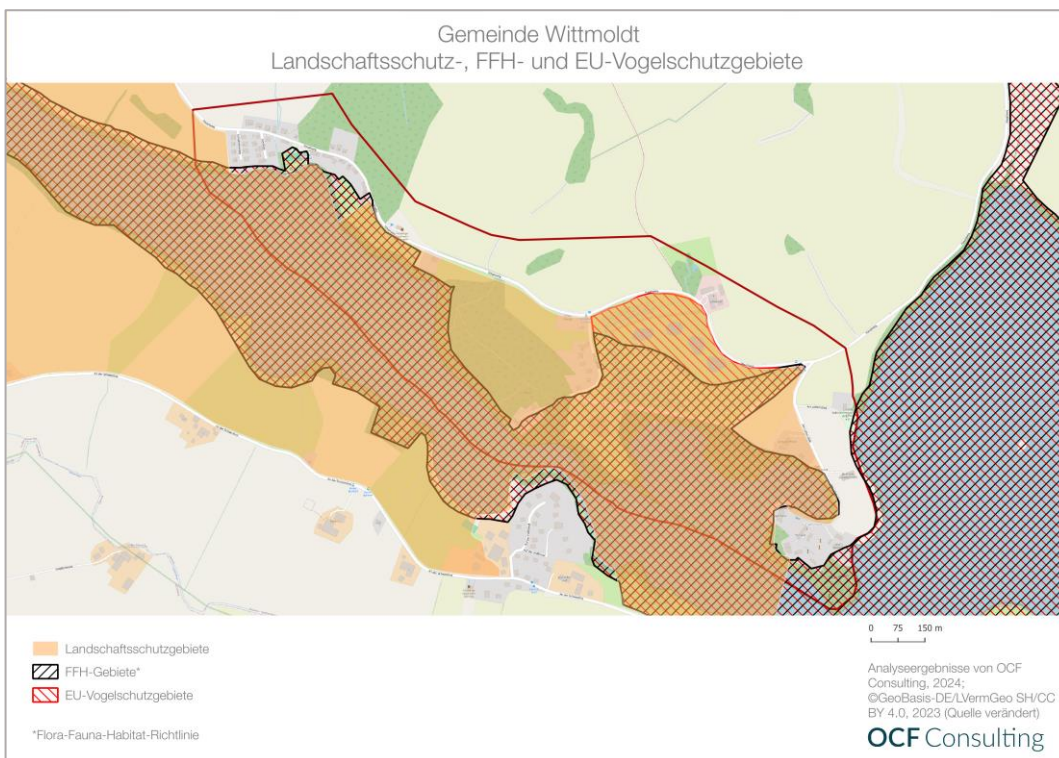


Abbildung 5: Landschaftsschutzgebiete, FFH-Gebiete und EU-Vogelschutzgebiete Untersuchungsgebiet Machbarkeitsstudie Gemeinde Wittmoldt, Quelle OCF Consulting

Leitfähigkeit und Wärmekapazität des Bodens

Abbildung 6 und Abbildung 7 stellen die mittlere **Wärmeleitfähigkeit der Böden** für das Untersuchungsgebiet in der Gemeinde Wittmoldt in 0-50 m bzw. in 50-100 m Tiefe dar.

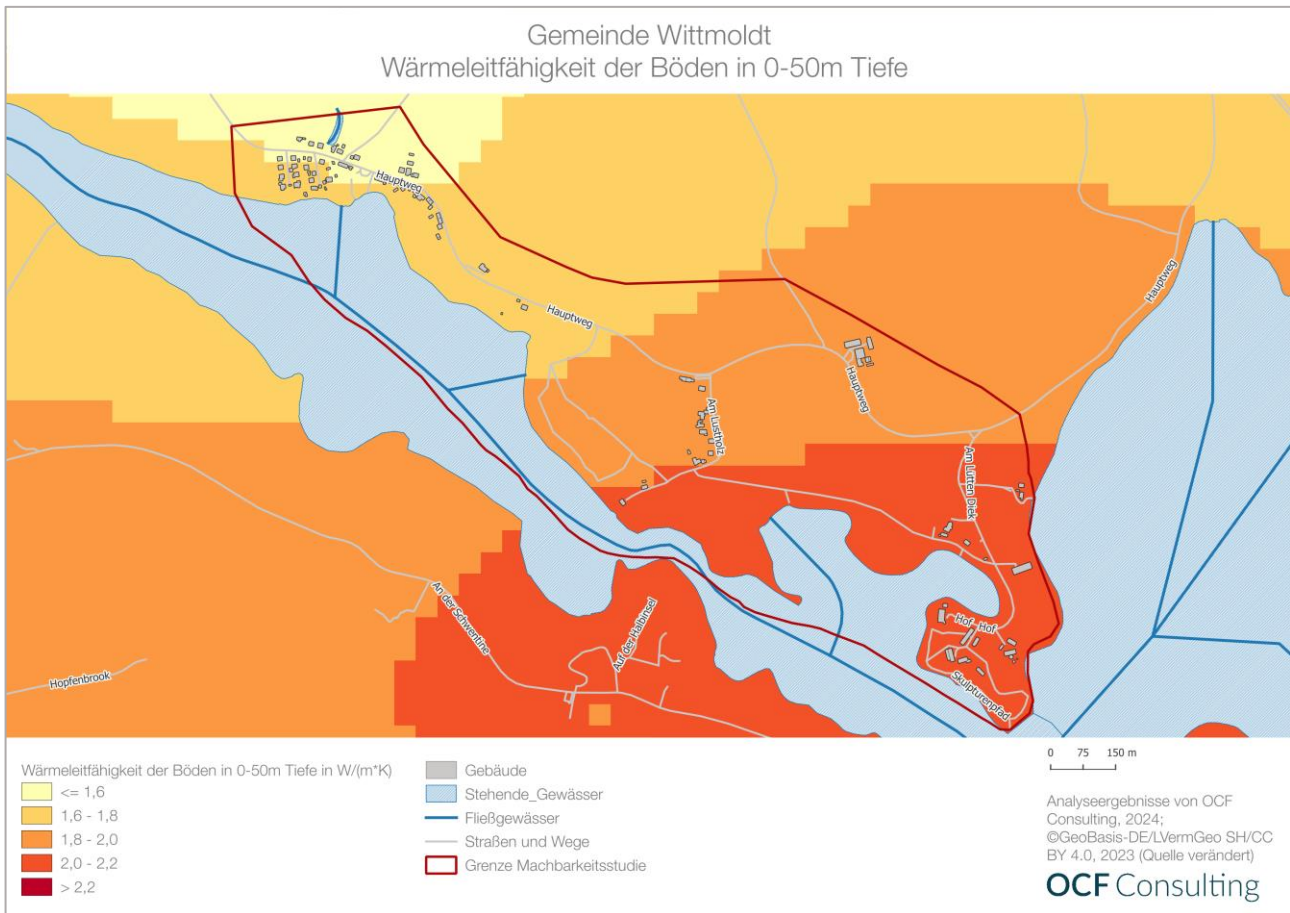


Abbildung 6: Wärmeleitfähigkeit der Böden in 0-50 m Tiefe in der Gemeinde Wittmoldt (Untersuchungsgebiet Machbarkeitsstudie), Quelle: OCF Consulting

In beiden Tiefenstufen zeigt sich eine höhere Wärmeleitfähigkeit im südöstlichen und zentralen Teil des Untersuchungsgebietes, wohingegen die Böden im nordwestlichen Bereich des Untersuchungsgebietes eine geringere Wärmeleitfähigkeit unter 2 W/(m*K) aufweisen. Eine Wärmeleitfähigkeit unter 2 W/(m*K) allein ist nicht zwangsläufig ausschlaggebend dafür, ob Geothermie unrentabel oder nicht möglich ist, da auch andere Faktoren wie der Temperaturunterschied zwischen der Oberfläche und den tieferen Bodenschichten, die Bohrtiefe und Sondenlänge sowie die Nutzung verschiedener Technologien (Erdwärmekollektor oder Erdwärmesonde) einbezogen werden müssen. Ein erhöhter Salzgehalt des Bodens beeinflusst die Nutzbarkeit von Erdwärme nicht.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Karten zur Wärmeleitfähigkeit der Böden räumlich interpolierte Werte darstellen (sowohl im Untergrund als auch räumlich zwischen den Bohrpunkten) und keine genauen Angaben über anstehendes Grundwasser, die Wassersättigung der Böden etc. machen. Daher ist allein aus der Wärmeleitfähigkeit nur eine grobe Einschätzung von Potenzialen für die Nutzung von Erdwärme möglich.

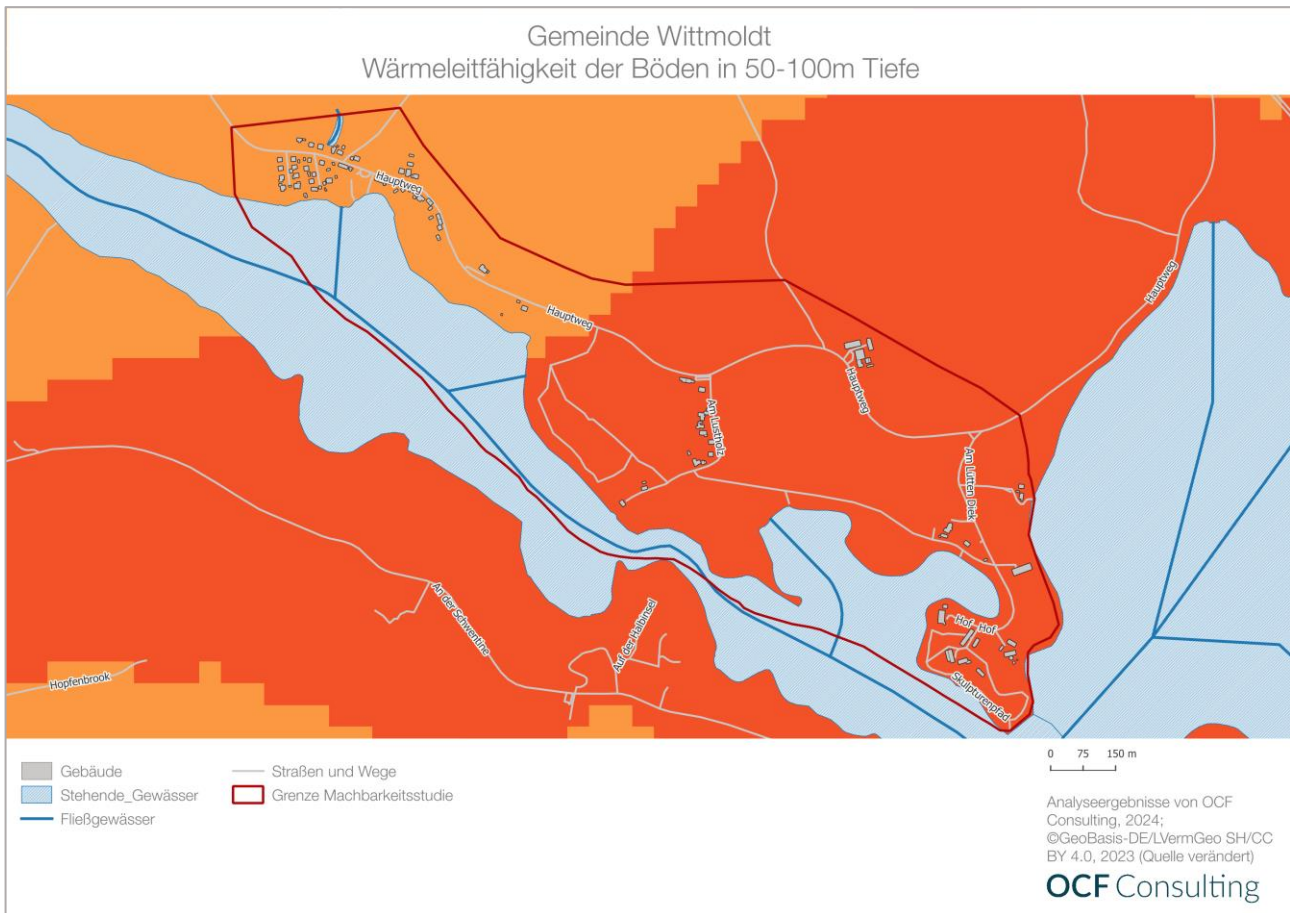


Abbildung 7: Wärmeleitfähigkeit der Böden in 50-100 m Tiefe in der Gemeinde Wittmoldt (Untersuchungsgebiet Machbarkeitsstudie), Quelle: OCF Consulting

Flächenverfügbarkeit

Im Rahmen der Potenzialanalyse wurde die Flächenverfügbarkeit für Geothermie im Untersuchungsgebiet geprüft. Abbildung 8, Abbildung 9 und Abbildung 10 zeigen die Flächen, die aufgrund der Flächenverfügbarkeit potenziell für die Nutzung von Erdwärme infrage kommen sowie die jeweiligen Eigentümer.

Fläche	Eigentümer
A	Gut GUSDORF
B	Gut GUSDORF
C	Gut WITTMOLDT
D	Gemeinde, Spielplatz
E	Privat (Besitzerwechsel)
F	Gut WITTMOLDT

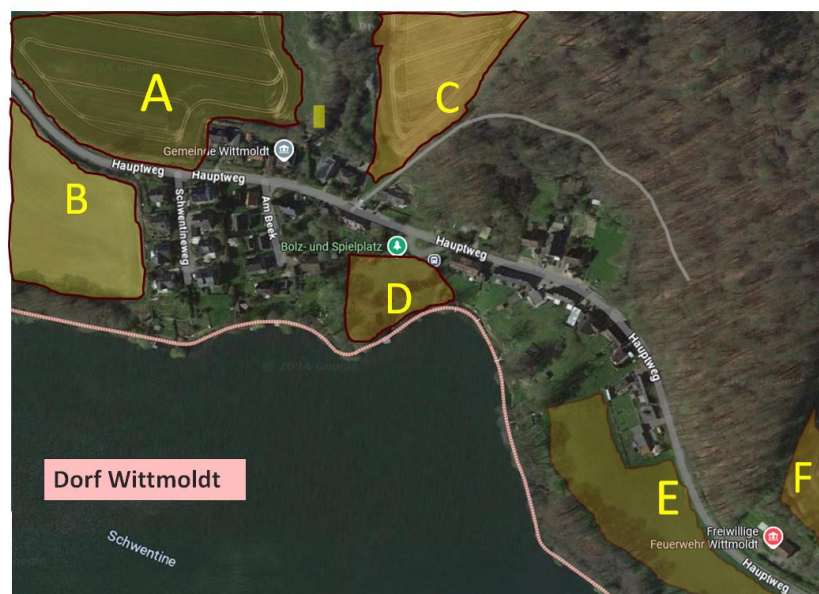


Abbildung 8: Potenzialflächen für Geothermie mit Eigentümern (Dorf Wittmoldt), Quelle OCF Consulting

Fläche	Eigentümer
A	Stiftung Naturschutz Renaturierungsgebiet
B	Privat - Anwohner

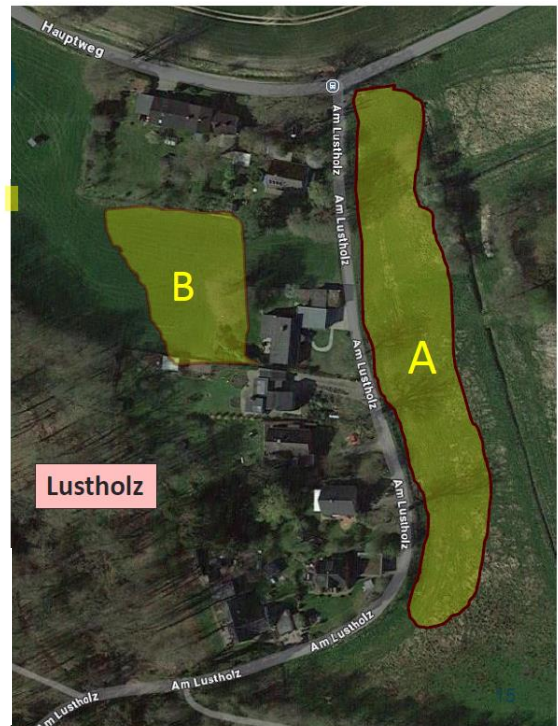


Abbildung 9: Potenzialflächen für Geothermie mit Eigentümern (Lustholz), Quelle OCF Consulting

Fläche	Eigentümer
A	Größtenteils Gut Wittmoldt (bis auf alte Meierei)
B	Gut Wittmoldt

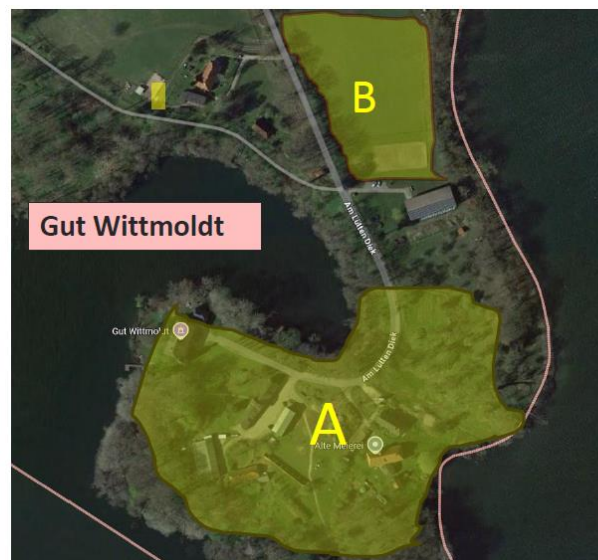


Abbildung 10: Potenzialflächen für Geothermie mit Eigentümern (Gut Wittmoldt), Quelle: OCF Consulting

Ersteinschätzung des Erdwärmepotenzials für oberflächennahe Geothermie in der Gemeinde Wittmoldt

Grundsätzlich ist die Nutzung von Erdwärme (oberflächennahe Geothermie) in der Gemeinde Wittmoldt möglich. Die Wärmeleitfähigkeit der Böden im südöstlichen und zentralen Bereich des Prüfgebietes (Flächen A, B Gut Wittmoldt, Flächen A, B Lustholz sowie Fläche E Dorf Wittmoldt) ist höher und damit tendenziell günstiger für die Erdwärmegewinnung. Aber auch in anderen Bereichen kann eine Erdwärmesonde bzw. ein -kollektor wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn die Wärmeabnahme entsprechend hoch ist. Zu beachten sind die oben beschriebenen Einschränkungen durch Schutzgebiete (betroffen sind die Flächen A, B Gut Wittmoldt, Flächen A, B Lustholz sowie die Flächen B, D und E Dorf Wittmoldt). Hier sollten die entsprechend zuständigen Behörden frühzeitig in die Planung eingebunden werden.

Um die tatsächliche Flächenverfügbarkeit und Zugänglichkeit sowie das technische und wirtschaftliche Erdwärmepotenzial zu ermitteln, sind weiterführende Analysen (z. B. Probebohrungen oder Thermal Response Tests) erforderlich, die der kommunalen Wärmeplanung nachgelagert durchzuführen sind.

3.3.2 Mitteltiefe und Tiefe Geothermie

Die tiefe Geothermie mit Bohrungen von 1.000-3.000 m Tiefe sowie die mitteltiefe Geothermie mit Bohrungen von 400-1.000 m Tiefe benötigen hohe Investitionssummen, um sie nutzbar machen zu können.

In diesen Tiefen können zwar Temperaturen von mehr als 60 °C erreicht werden. Der Aufwand und die Kosten für die notwendigen Tiefenbohrungen betragen jedoch 20-50 Mio. EUR pro Bohrung. Darüber hinaus bestehen das sogenannte Fündigkeitsrisiko¹⁸ sowie Risiken für Umwelt, bestehende Gebäude und Infrastrukturen in der Umgebung.

Momentan wird durch das Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) zusammen mit der Förderbank KfW eine staatlich unterstützte Versicherungslösung geplant, um das Fündigkeitsrisiko bei tiefen Geothermiebohrungen abzusichern. Bis zur erfolgreichen Durchführung mehrerer praxisrelevanter Pilotprojekte in Schleswig-Holstein ist diese Art der Wärmenutzung zum jetzigen Zeitpunkt noch kein sinnvoller Teil der kommunalen Wärmeplanung.

3.4 Umweltwärme

Unter dem Begriff „Umweltwärme“ werden im Folgenden Wärmepotenziale verstanden, die dem Wasser oder der Luft entnommen werden können.

Exkurs: Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe (WP) arbeitet mit einem Wärmetauscher. Sie entzieht der Wärmequelle Energie und nutzt dabei einen physikalischen Effekt¹⁹, mit dem das ursprüngliche Temperaturniveau unter Einsatz elektrischer Energie deutlich erhöht werden kann.

Je geringer die Temperaturdifferenz (in Kelvin) zwischen dem für die Beheizung eines Gebäudes erforderlichen Temperaturniveau und dem Temperaturniveau der Wärmequelle ist, desto effizienter arbeitet die Wärmepumpe. Dies wird ausgedrückt mit der Jahresarbeitszahl (JAZ oder SCOP). Ideal sind Werte von 4,0 und höher. Aus einer kWh Strom stellt eine Wärmepumpe in Abhängigkeit der Wärmequelle und des energetischen Zustands des Gebäudes 3 bis 5 kWh Wärme bereit (JAZ 3,0-5,0). D. h. pro kWh Wärme emittiert die WP nur 1/3 bis 1/5 der Treibhausgas-Emissionen einer kWh Strom. Ist ein Gebäude gut gedämmt und verfügt über große Heizflächen (Flächenheizungen wie z. B. Fußbodenheizung) können Wärmepumpen besonders effizient arbeiten.

Wärmepumpen kommen häufig dezentral, d. h. auf Einzelgebäudeebene, zum Einsatz, können jedoch auch in Quartierslösungen als erneuerbare Wärmequelle in einem Wärmenetz eingebunden werden.

3.4.1 Umgebungsluft in Verbindung mit Wärmepumpen

Die Umgebungsluft ist eine Wärmequelle, welche mittels elektrisch betriebener Luft-Luft-Wärmepumpe²⁰ und Luft-Wasser-Wärmepumpe²¹ relativ leicht nutzbar gemacht werden kann. Luft-Wasser-Wärmepumpen werden außerhalb von Gebäuden aufgestellt. Sie emittieren in der Heizperiode Schallemissionen.

¹⁸ Das Fündigkeitsrisiko bezeichnet das Risiko, auf ein geothermisches Reservoir mit einer nicht ausreichenden thermischen Leistung bzw. mit einer chemisch nicht oder nur bedingt geeigneten Zusammensetzung (z. B. Gase, Salinität) zu stoßen.

¹⁹ Joule-Thomson-Effekt – umgekehrtes Prinzip eines Kühlschranks. Weitere Informationen zur Funktionsweise einer Wärmepumpe sind online verfügbar unter: www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag.

²⁰ Übertragen die erzeugte Wärme über die Luft in beheizte Räume. Es ist i. d. R. ein Gerät je Raum notwendig.

²¹ Übertragen die erzeugte Wärme über den Heizwasserkreislauf in beheizte Räume.

In hochverdichteten innerstädtischen Bereichen ist das Aufstellen von Luft-Wasser-Wärmepumpen aufgrund dieser Emissionen sowie aufgrund fehlender Flächen bzw. Abstände zu Nachbargrundstücken teilweise mit höheren Kosten für Lärmschutz verbunden.

Die Treibhausgasemissionen der Luft-Wasser-Wärmepumpe wird durch die Jahresarbeitszahl, d. h. die Effizienz des Gesamtsystems bestehend aus Wärmepumpe im Zusammenspiel mit dem Gebäude und dem Emissionsfaktor des Bundesstrommixes bestimmt. Mit zunehmendem Anteil erneuerbarer Energien am Bundesstrommix wird die Nutzung einer Luft-Wasser-Wärmepumpe in den nächsten Jahren noch klimafreundlicher.

Alternative Wärmequellen wie Boden und Wasser sind i. d. R. effizienter als Luft. Daher sollten individuelle Luft-Wasser-Wärmepumpen vorrangig nur in Gebieten aufgestellt werden, wo (a) keine netzgebundene Versorgung auf Basis erneuerbarer Energien realisierbar ist und (b) in denen oberflächennahe Geothermie (Erdwärme) nicht nutzbar gemacht werden kann.

Im Rahmen von Wärmenetzen können auch sogenannte Großwärmepumpen zum Einsatz kommen, die zentral aus Umweltwärme und Strom Wärme erzeugen, die über ein Wärmenetz verteilt wird.

Technisch ist das Potenzial von Wärmepumpen ausreichend, um die gesamte Gebäudewärme in Wittmoldt zu decken. In der Transformation sind dabei Restriktionen des Stromnetzes zu beachten, welches analog zum Einsatz von Wärmepumpen verstärkt werden muss.

3.4.2 Oberflächengewässer

Insbesondere in den Übergangszeiten kann die in Oberflächengewässern (Seen, Flüssen) gespeicherte Wärme einen Beitrag zur Grundlast der Wärmeversorgung leisten. Hierzu werden i. d. R. Wärmetauscher in ein Gewässer eingebracht, welche sowohl in der Gewässersohle als auch im Uferbereich verankert werden. Allgemein müssen für die Nutzung verschiedene wasserrechtliche, wasserwirtschaftliche und naturschutzrechtliche Vorgaben eingehalten, Besitzverhältnisse geklärt und eine Genehmigung bzw. Erlaubnis durch u. a. die Untere Wasserbehörde erteilt werden. Kleinere Gewässer, wie z. B. Bäche, sind aufgrund ihrer geringen Wassermengen i. d. R. nicht für den Entzug von Wärme geeignet.

Auch die Nähe zu potenziellen Abnehmer:innen stellt eine weitere Anforderung dar, um die aus einem Oberflächengewässer entnommene Wärmeenergie effizient über ein Wärmenetz zu umliegenden Verbraucher:innen transportieren zu können. Daher erfordert die Erfassung des Potenzials von Oberflächengewässern immer eine Einzelfallprüfung.

Unter den oben beschriebenen Gesichtspunkten werden die Potenziale zur Nutzung der Abwärme aus den größeren Oberflächengewässern in Wittmoldt wie folgt bewertet:

Tabelle 4: Erstbewertung von Oberflächengewässern als potenzielle Wärmequelle (Quelle: OCF Consulting GmbH)

Schwentineseesee	Potenzial für die Wärmegewinnung vorhanden
Kleiner Plöner See	Potenzial für die Wärmegewinnung vorhanden
Güsdorfer Teich	Kein Potenzial für die zentralisierte Wärmegewinnung vorhanden

Die Erstprüfung kommt zu dem Ergebnis, dass die Schwentine bzw. der Schwentineseesee und der Übergang in den Kleinen Plöner See grundsätzlich für die Wärmegewinnung geeignet sein könnten. Dabei ist zu beachten, dass die Schwentine Teil des FFH²²-Gebiets „Seen des mittleren Schwentinesystems und der Umgebung“ ist. Das heißt, in dem Gebiet befinden sich schützenswerte Lebensraumtypen und Arten.

Weitere Schritte wären notwendig, um dieses Potenzial auch aus wasserrechtlicher und naturschutzrechtlicher Sicht zu bestätigen und die notwendige Erlaubnis zur Entnahme und Wiedereinleitung von Seewasser zu erhalten. Dazu zählen:

- Heizlastberechnung und Anlagenkonzept,

²² Flora-Fauna-Habitat.

- Ermittlung von Entnahmemenge, Temperaturniveaus,
- Antragsstellung bei der Unteren Naturschutzbehörde (Kreis Plön) unter Einbeziehung des Landes (Landesamt für Umwelt).

Der Neubau des Max-Planck-Instituts in Plön wird künftig mit einer Seewasser-Wärme-Pumpe beheizt. Dem ging ein mehrjähriges Genehmigungsverfahren voraus, welches unter bestimmten Auflagen positiv beschieden wurde.²³

3.4.3 Grundwasser

Grundwasserwärmepumpen sind nur in Spezialfällen und in der Regel nur bei Wärmeleistungen von 20 bis 50 kW und gleichzeitig hohen Systemtemperaturen ökonomisch sinnvoll. Technisch müssen das Grundwasser und der Boden der wasserführenden Schicht bestimmte chemische Parameter einhalten. Dies kann mit der notwendigen Genauigkeit nur durch lokale Grundwasser- und Bodenanalysen ermittelt werden. Die Grundwassernutzung muss genehmigt werden. Daher ist die Analyse des Grundwasserwärmepotenzial nur bei geeigneten Gebäuden außerhalb von Wärmenetzgebieten und außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten relevant.

3.4.4 Abwasser

Aus Abwasser lässt sich mittels Wärmetauscher Energie in der Form von Abwärme gewinnen, da die Abwassertemperatur auch im Winter bei ca. 8 bis 12 °C liegt. Je nach Durchflussmenge ist eine Wärmeentnahme sowohl direkt aus dem Abwasser im Kanal als auch aus dem geklärten Abwasser in der Kläranlage möglich. Unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien werden dabei der Betrieb und die Reinigungskapazität der Abwasserreinigungsanlage sichergestellt. Die Abwärme kann mittels Wärmepumpe grundsätzlich für den Betrieb der Kläranlage bzw. für die Wärmeversorgung von Gebäuden nutzbar gemacht werden.

Das Abwasser der Gemeinde Wittmoldt wird i. d. R. in die Kläranlage in Tweelhörsten transportiert. Aus heutiger Perspektive sind die Abwasserströme in der Gemeinde Wittmoldt selbst zu gering, um diese für die Wärmeversorgung von Gebäuden nutzbar zu machen.

3.5 Biomasse

Biomasse umfasst eine Vielzahl von Stoffen organischen Ursprungs, die energetisch genutzt werden können, wie z.B. Restholz, landwirtschaftliche Abfälle oder Energiepflanzen. Für ein Nahwärmesetz in Wittmoldt stellt sich die Frage, inwieweit Biomasse eine sinnvolle und praktikable Option sein könnte.

Wittmoldt verfügt über landwirtschaftliche Betriebe und Waldflächen, die potenziell Biomasse in Form von Reststoffen liefern könnten. Insbesondere Knickholz, das bei der Pflege der Knicks (traditionelle Heckenstrukturen) anfällt, könnte eine lokal verfügbare Ressource darstellen. Ein weiterer relevanter Faktor ist das für eine Hackschnitzelanlage erforderliche Know-how. Das Gut GUSDorf, das zwar in Wittmoldt, aber außerhalb des Untersuchungsgebietes liegt, betreibt eine Holz hackschnitzelanlage. Die anfänglich bestehende Option, als Wärmeversorger für das Dorf Wittmoldt aufzutreten wurde zwar zurückgezogen. Eine Betriebs- oder Wartungsdienstleistung für ein potenzielles Wärmenetz mit Biomassekessel wäre aber durchaus im Interesse des Betriebsleiters. Es ist jedoch fraglich, ob die begrenzten Mengen an Knickholz und anderen Reststoffen in der Region ausreichen, um die Versorgung zuverlässig zu gewährleisten. Dies reduziert die Attraktivität der Holz hackschnitzelanlage.

Eine Alternative wäre der Import von Biomasse aus anderen Regionen, um die lokale Versorgungslücke zu schließen. Hier zeigt sich jedoch, dass steigende Transportkosten und mögliche Preissteigerungen für Biomasse aufgrund steigender Nachfrage und begrenzter Verfügbarkeit diese Option in Zukunft unwirtschaftlich und aufgrund der mit dem Transport verbundenen THG-Emissionen unattraktiv machen.

²³ Kieler Nachrichten - Warum das Plöner Max-Planck-Institut beim Heizen zum Pionier wird: www.kn-online.de

Die Nutzung von Energiepflanzen zur Wärmeerzeugung ist für Wittmoldt keine geeignete Lösung. Aufgrund der Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion wird die extensive Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für die Produktion von Energiepflanzen aus ökologischer und ethischer Sicht kritisch gesehen. Es erscheint nicht sinnvoll, landwirtschaftliche Flächen, die für die Nahrungsmittelproduktion genutzt werden könnten, für die Produktion von Biomasse zu verwenden.

Nach Prüfung der Potenziale wird Biomasse in der weiteren Betrachtung folglich nicht weiter berücksichtigt.

3.6 Abschließende Bewertung der Potenziale

Die Potenzialanalyse kommt zu dem Ergebnis (siehe Tabelle 5), dass oberflächennahe Geothermie, Umgebungsluft sowie Oberflächengewässer (Seewasser aus der Schwentine bzw. dem Schwentineseesee und dem Kleinen Plöner See) in Wittmoldt verfügbar sind. Dies hängt mit der Struktur der Gemeinde und der hohen Verfügbarkeit unbebauter Freiflächen sowie der Lage an der Schwentine zusammen.

Entscheidend für die wirtschaftliche Nutzung dieser Wärmequellen in einem Wärmenetz ist die unmittelbare Nähe der Wärmequellen zu den zukünftigen Wärmeabnehmer:innen, um Kosten und Wärmeverluste der des Wärmenetzes möglichst gering zu halten. Dies ist in beiden Potenzialgebieten für die drei Energieträger gegeben. Die weiteren Untersuchungen sind in den Folgekapiteln dargestellt.

Tabelle 5: Übersicht der geprüften Potenziale zur zentralen, leitungsgebundenen Wärmeerzeugung und eine vergleichende Erstbewertung ihrer Verfügbarkeit, Energieeffizienz & Klimafreundlichkeit (Ökologie), Sozialverträglichkeit & Akzeptanz, Wirtschaftlichkeit sowie Versorgungssicherheit in Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Erzeugungsart	Verfügbarkeit	Energieeffizienz & Klimafreundlichkeit (Ökologie)	Sozialverträglichkeit & Akzeptanz	Wirtschaftlichkeit	Versorgungssicherheit
Bewertung:					
Freiflächen-Solarthermie					
Oberflächennahe Geothermie					
Mitteltiefe und Tiefe Geothermie					
Umgebungsluft					
Oberflächengewässer (Seewasser)					
Grundwasser					
Abwasser					
Biomasse					

²⁴ Es liegen keine ausreichenden Informationen über die Verfügbarkeit von mittlerer bzw. tiefer Geothermie in Wittmoldt vor.

²⁵ Es besteht ein hohes Fündigkeitsrisiko.

4 SOLL-Analyse

Die SOLL-Analyse stellt alle Wärmeerzeuger, Übergabestationen und technischen Parameter eines potenziellen Wärmenetzes (Netzart, Art der Rohrleitung, Rohrdimensionen, Vorlauftemperatur, Rücklauftemperatur, Druckverhältnisse, Volumenströme) dar. Auf Grundlage der Potenzialanalyse werden zuerst 7 Wärmeversorgungsvarianten miteinander verglichen. Unwirtschaftliche Varianten werden dann nicht tiefer betrachtet. Das SOLL-Konzept berücksichtigt hierbei die Fördervoraussetzungen für neu zu bauende Wärmenetze oder dezentraler Einzellösungen. Darüber hinaus wird die Primärenergieeinsparung und CO₂-Einsparung in Vergleich zum IST-Zustand ermittelt und verglichen.

4.1 Betrachtete Varianten der Wärmeversorgung

Im Rahmen der Soll-Analyse wurden zwei Arten leitungsgebundener Wärmeversorgung, sog. „Kalte Nahwärme“ (siehe Abbildung 12) und „Heiße Nahwärme“ (siehe Abbildung 13), die sich insbesondere in Bezug auf das realisierte Temperaturniveau im Wärmenetz unterscheiden für zwei Prüfgebiete „Dorf Wittmoldt“ und „Gut Wittmoldt“ detaillierter analysiert. Neben den Varianten leitungsgebundener Wärmeversorgung (V2 bis V6) werden zwei Varianten einer dezentralen Wärmeversorgung den Wärmenetzen gegenübergestellt und miteinander verglichen (siehe Abbildung 11). In Variante 1 a) wird davon ausgegangen, dass alle betrachteten Endkunden im Prüfgebiet ihre Wärmeversorgung über eine Luft-Wärmepumpe realisieren. In Variante 1 b) wird angenommen, dass neben der dez. Luft-Wärmepumpe die Installation einer Photovoltaik-Dachanlage hinzukommt, um die klimafreundliche Stromerzeugung in unmittelbarer Nähe zum Gebäude zu unterstützen.

Die ersten Analyseergebnisse zeigten, dass die Wärmenetzvarianten mit „Kalter Nahwärme“ deutlich unwirtschaftlicher als die der „Heißen Nahwärme“ sowie der dezentralen Varianten ausfallen, weshalb sie in dem nachfolgenden Kapitel der Soll-Analyse und des Kostenrahmens nicht mehr betrachtet werden.

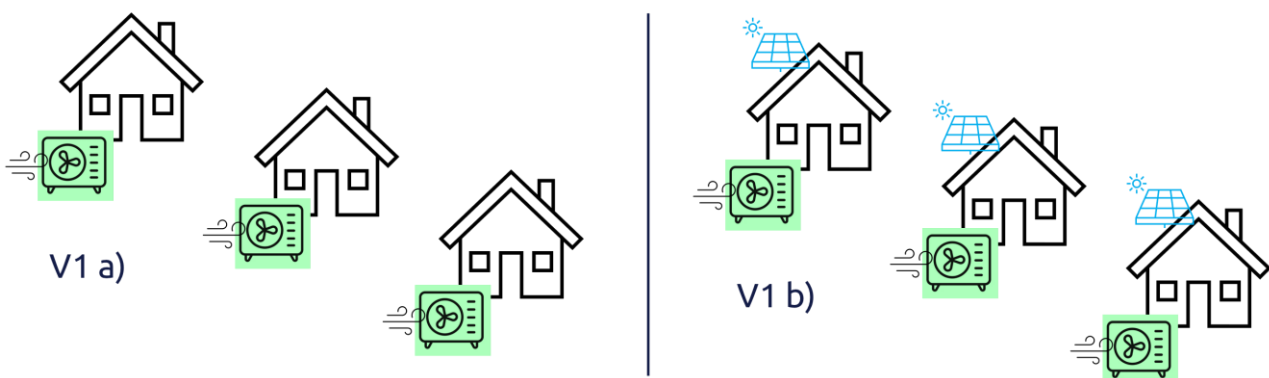


Abbildung 11: Varianten dezentraler Wärmeversorgung (Luft-Wärmepumpe) mit und ohne PV-Dachanlage

Dezentrale Wärmeversorgung:

- Wärmeerzeugung durch dezentrale Luft-Wärmepumpen
- Geringe Temperatur der Umgebungsluft minus 9 – plus 20 °C je nach Jahreszeit

Anforderungen an angeschlossene Gebäude:

- Wärmepumpe im Einzelgebäude
- Trinkwarmwassererzeugung durch Durchlauferhitzer oder Wärmepumpe, ggf. unterstützt durch Solarthermie oder PV-Anlage
- Über den Umfang der Gebäudesanierung und Vergrößerung der Heizkörperflächen kann jede Gebäudebesitzerin eigenständig entscheiden.

Ausreichende Heizkörperflächen und Temperaturniveau < 55 °C sind empfehlenswert

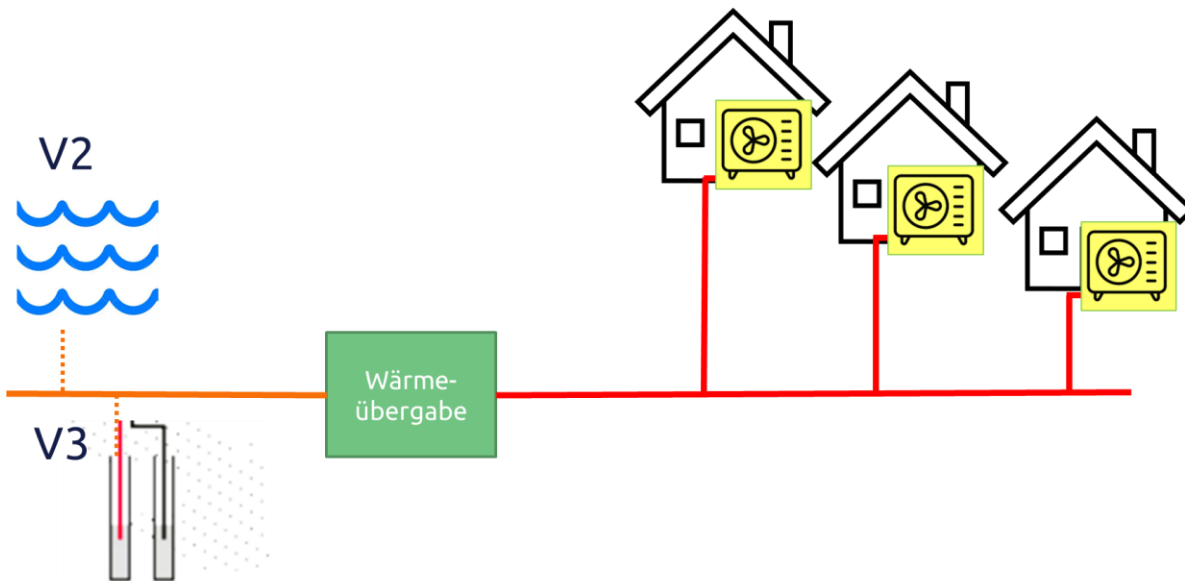


Abbildung 12: Varianten leitungsgebundener Wärmeversorgung – „Kalte Nahwärme“

Leitungsgebundene Wärmeversorgung - Kalte Nahwärme:

- Wärmeerzeugung durch Seewasser (V2) oder Erdsondenfeld (V3) & dezentrale Wärmepumpen
- Geringe Temperatur im Wärmenetz ca. 5 – 20 °C je nach Jahreszeit („kalte Nahwärme“)
- Ungedämmte Wärmeleitung

Anforderungen an angeschlossene Gebäude:

- Wärmepumpe im Einzelgebäude
- Trinkwarmwassererzeugung durch Durchlauferhitzer oder Wärmepumpe, ggf. unterstützt durch Solarthermie oder PV-Anlage
- Über den Umfang der Gebäudesanierung und Vergrößerung der Heizkörperflächen kann jede Gebäudebesitzerin eigenständig entscheiden.
- Ausreichende Heizkörperflächen und Temperaturniveau < 55 °C sind empfehlenswert

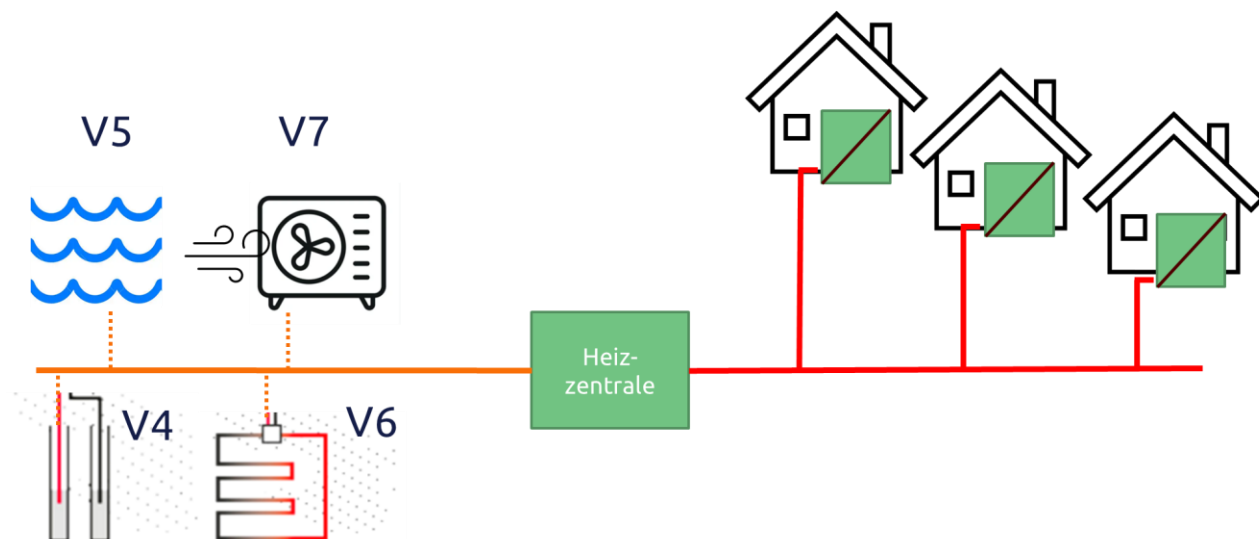


Abbildung 13: Varianten leitungsgebundener Wärmeversorgung – „Heiße Nahwärme“

Leitungsgebundene Wärmeversorgung - Heiße Nahwärme:

- Wärmeerzeugung durch Erdsondenfeld (V4), Seewasser (V5), Erdkollektorfeld (V6)
- Temperatur im Wärmenetz richtet sich nach dem benötigten Temperaturniveau der Gebäude; ca. 55 °C
- Gedämmte Wärmeleitung notwendig

Anforderungen an angeschlossene Gebäude:

- Wärmeübergabestation im Einzelgebäude
- Trinkwarmwassererzeugung dezentral durch Pufferspeicher, Frischwasserstationen und Durchlauferhitzer, ggf. unterstützt durch Solarthermie oder PV-Anlage
- Ausreichende Heizkörperflächen und Temperaturniveau < 55 °C empfehlenswert

4.2 Prüfgebiet Dorf Wittmoldt

Das Prüfgebiet Dorf Wittmoldt stellt mit seiner Bebauung und Struktur einen Nachbarschaftstyp dar, der typisch für Wittmoldt ist. Dieser ist durch eine Bebauung mit Einfamilien- und vereinzelt Doppelhäusern und kleinen bis mittleren Grundstücksgrößen gekennzeichnet, die sich entlang des Hauptwegs von West nach Ost und um die Stichstraßen Am Beek sowie dem Schwentineweg von Nord nach Süd verteilen.



Abbildung 14: Potenzieller Trassenverlauf mit Leitungsabschnittslängen und Heizlast der Endkunden – Dorf Wittmoldt

Trassenverlauf und Rohrdimensionierung

Abbildung 14 zeigt den potenziellen Trassenverlauf sowie die potenziellen Standorte für eine Heizzentrale eines Nahwärmenetzes im Prüfgebiet Dorf Wittmoldt. Die Nahwärmeleitung kann in der Straße, im Gehweg oder in Grünflächen verlegt werden. Die Aufwände zur Oberflächenwiederherstellung fallen dabei unterschiedlich aus. Die Verlegung in Grünflächen ist nicht immer einfach, beispielsweise wenn Wurzelwerk die Tiefbauarbeiten behindern würden.

Die Trassen werden daher ausschließlich im Straßenraum verlegt, wobei die Gehwegnutzung zu bevorzugen ist. Nur der erste Trassenabschnitt liegt im ungefestigten Gelände, hier wird ein Streifen im Acker oder Grünland genutzt.

Westlich (grüne Heizzentrale) und nördlich (blaue Heizzentrale) des Prüfgebietes, unmittelbar angrenzend an die Wohnbebauung, befinden sich landwirtschaftliche genutzte Flächen. Diese wurden in der Potenzialanalyse hinsichtlich ihres geothermischen Potenzials als positiv bewertet. Die Flächen befinden sich in privatem, ortsansässigen Besitz. Aufgrund der guten Vernetzung der Anwohner in Wittmoldt ist davon auszugehen, dass die Flächen im Falle der Realisierung eines Netzes für eine geothermische Nutzung bereitstehen könnten. Hierzu müssten weitere Gespräche mit den Eigentümern geführt werden. Für die zu prüfenden Wärmenetzvarianten mit zentraler Wärmeerzeugung wird angenommen, dass auf diesen Flächen ein zentrales Erdsondenfeld oder ein Erdkollektor errichtet werden kann.

Für die Umsetzung eines Wärmenetzes mit Seewasserpumpe kommt die zentral im Ort gelegene Fläche um den Sportplatz für eine mögliche Heizzentrale (roter Kasten) in Frage, die sich in kommunalem Besitz befindet und ohne weitere Verhandlung genutzt werden könnte. Für die Seewasservariante wird angenommen, dass die Heizzentrale auf dieser Fläche steht und das Zu- und Ablaufrohr für das Seewassers aus der Schwentine hier zusammenlaufen.

Die Rohrdimensionierung der Leitungsabschnitte erfolgt anhand ihrer kumulierten Wärmeleistung. Dabei muss das Zulaufrohr zur Heizzentrale am größten ausgelegt werden wohingegen die von dort abgehenden Leitungsabschnitte kleiner ausfallen. Die abgeschätzten nominellen Rohrdurchmesser (DN) sind in Tabelle 6 für den jeweiligen Abschnitt angegeben.

Tabelle 6: Rohrdimensionierung der Leitungsabschnitte

Abschnitt	Länge m	Raumwärme-	Wärme-	DN mm	Verluste
		Leistung an Abschnitt kW	Leistung kumuliert kW		Stufe 8760 h MWh
Zulauf	20	-	474	100	3
Hauptweg	256	164	164	65	32
Hauptweg	110	67	310	80	15
Am Beek	74	86	86	50	8
Hauptweg	65	29	157	65	8
Schwentineweg	82	128	128	50	9
Summe	607	474			76

Verlegeart

Es kommt konventionelles Kunststoffmantelrohr zum Einsatz, das sich in den letzten Jahrzehnten als Standard bewährt hat und eine technische Nutzungsdauer von 30 bis 40 Jahren aufweist. Bei Kunststoffmantelrohr handelt es sich um ein isoliertes Stahlrohr, das diffusionsdicht ist. Bei Kunststoffmediumrohr können durch die Diffusion von Sauerstoff in das Heizwasser an allen vor- und nachgelagerten Komponenten Korrosionsprobleme entstehen.

Ein Nachteil von Kunststoffmantelrohr ist die temperaturabhängige Ausdehnung des Stahlrohrs, die je nach Länge eines Teilabschnitts Dehnungsbögen zur Kompensation erforderlich macht. Die Länge der Rohrleitung erhöht sich gegenüber der reinen Trassenlänge in gewissem Umfang.

Neben der kompensationsfreien Verlegung von Kunststoffmediumrohr gibt es die Möglichkeit Wellrohre aus diffusionsdichtem Stahl einzusetzen. Diese sind wesentlich teurer und haben ihr Haupteinsatzgebiet bei der Überbrückung von langen Strecken ohne Abzweige. Diese trifft auf die Situation in Wittmoldt nicht zu.

Auslegung und Temperaturspreizung

Das Netz wird so dimensioniert, dass die angeforderten Wärmeleistungen in der Spitzenlast bei einer Vorlauf-temperatur von 55 °C und Rücklauf-temperatur von 35 °C erbracht werden können. Die Spitzenlast ist in der Heizperiode bei niedriger Außentemperatur zu erwarten, wohingegen bei geringeren Außentemperaturen in den

Übergangszeiten die Vorlauftemperatur absinkt. Es ist im Bestand mit Abnehmern zu rechnen, die mit altem Verteilungssystem im Gebäude höhere Vorlauftemperatur benötigen. Die Anforderungen an die Endkunden, um sich an ein solches Wärmenetz anzuschließen, ist die Reduzierung ihrer Heizsystemtemperatur auf unter 55°C durch Sanierungsmaßnahmen der Gebäudehülle und ggf. der Vergrößerung der Wärmeübergabeflächen (Heizkörper).

Grunddaten und Wärmebedarf

Im Folgenden werden die Grunddaten der Wärmeversorgungsvarianten aufgezeigt (siehe Tabelle 7 und Tabelle 8). Für die Netzvarianten wird eine typische Anschlussquote von 70 % des im Prüfgebiet anfallenden Wärmebedarfs ausgegangen, da nicht davon auszugehen ist, dass sich alle Endkunden an ein potenzielles Netz anschließen würden. Diese Anschlussquote deckt sich auch in etwa mit den Rückmeldungen der Haushaltsbefragung 2022, die dem Gutachterteam als Datengrundlage zur Verfügung gestellt wurde. Insgesamt meldeten sich 47 Endkunden in der Befragung zurück. 79 % davon gaben ein potenzielles Interesse an einem Wärmernetzanschluss unter Voraussetzung der Wirtschaftlichkeit und der technischen Machbarkeit in Zukunft an. 21 % der Befragten schloss einen Anschluss von vornherein aus.

Die gebäudescharfen Wärmebedarfsdaten (siehe Tabelle 7) sind von OCF auf Grundlage von Grundfläche, Geschosszahl, Nutzungsgart und Altersklasse ermittelt worden. Für 27 Objekte lagen Verbrauchsdaten vor, die zum Abgleich mit dem errechneten Bedarf verwendet wurden. Bei den Bedarfszahlen handelt es sich um Nutzwärme (kWh/a) für Raumheizung und Warmwasser, die im Falle eines Netzanschlusses als Nahwärme an die Adresse geliefert werden müsste. Die Verbrauchsdaten liegen als Endenergiewerte vor und sind für die Nahwärembetrachtung mit dem Faktor 0,85 auf Nutzwärme umgerechnet worden.

Tabelle 7: Wärmeabnahme und Leistung - Dorf Wittmoldt

		Straße	Hausnummer	Wärme Arbeit kWh/a
1	26855	Schwentineweg	anonymisiert	20.287
2	26856	Schwentineweg	anonymisiert	27.222
3	26859	Schwentineweg	anonymisiert	20.541
4	26860	Schwentineweg	anonymisiert	20.985
5	26861	Schwentineweg	anonymisiert	29.297
6	26862	Schwentineweg	anonymisiert	18.878
7	26863	Schwentineweg	anonymisiert	21.092
8	26867	Schwentineweg	anonymisiert	24.849
9	26870	Am Beek	anonymisiert	20.363
10	26871	Am Beek	anonymisiert	20.085
11	26872	Am Beek	anonymisiert	20.520
12	26876	Am Beek	anonymisiert	13.663
13	26878	Hauptweg	anonymisiert	16.662
14	26881	Hauptweg	anonymisiert	19.064
15	26882	Am Beek	anonymisiert	12.902
16	26883	Hauptweg	anonymisiert	18.638
17	26884	Hauptweg	anonymisiert	23.838
18	26887	Am Beek	anonymisiert	19.077
19	26890	Am Beek	anonymisiert	26.509
20	26893	Hauptweg	anonymisiert	31.491
21	26895	Hauptweg	anonymisiert	11.065
22	26897	Hauptweg	anonymisiert	10.589
23	26898	Hauptweg	anonymisiert	10.537
24	26901	Hauptweg	anonymisiert	37.624
25	26902	Hauptweg	anonymisiert	44.175
26	26903	Hauptweg	anonymisiert	23.527
27	26965	Hauptweg	anonymisiert	47.679
28	26966	Hauptweg	anonymisiert	31.688
29	26968	Hauptweg	anonymisiert	11.873
30	26970	Hauptweg	anonymisiert	12.499
31	26977	Hauptweg	anonymisiert	14.703
32	26994	Hauptweg	anonymisiert	9.120
33	26995	Hauptweg	anonymisiert	9.480
34	26997	Hauptweg	anonymisiert	9.480
35	26999	Hauptweg	anonymisiert	4.320
				714.322

Der Wärmebedarf für Raumheizung ist mit der sog. Zahl der Jahresvollbenutzungsstunden auf den Leistungsbedarf umzurechnen. In Bestandsgebäuden (Einfamilienhäusern) liegt diese Zahl bei 1.800 h/a bis 2.100 h/a.

Der Wärmebedarf für Raumheizung und Warmwasser liegt im Prüfgebiet bei rund 714 MWh pro Jahr. Bei einer Anschlussquote von 70 % ergibt sich eine notwendige Wärmeerzeugung von rund 500 MWh pro Jahr.

Davon entfallen rund 60 MWh pro Jahr (12 %) auf den Bedarf an Warmwasser und 440 MWh pro Jahr auf Heizwärme. Mit der Annahme von 2.100 Volllaststunden pro Jahr kann so die notwendige Wärmeleistung auf 210 kW für die dezentralen Versorgungsvarianten (V1 a und V1 b) und auf 221 kW (inkl. Netzverlusten) für die Wärmenetzvarianten V4 bis V6 abgeschätzt werden.

Tabelle 8: Grunddaten: Anschlussquote, Anschlusszahl, Wärmebedarf und Wärmeleistung

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
Grunddaten						
Anschlussquote	%	70%	70%	70%	70%	70%
Anzahl Anschlüsse	Geb	25	25	25	25	25
Nutzfläche je Gebäude Ø	m²/Geb	147	147	147	147	147
beheizte Nutzfläche NGF	m²	3.599	3.599	3.599	3.599	3.599
Energiebedarf Heizung und Warmwasser						
Energiebedarf Gebäude gesamt	MWh/a	500	500	500	500	500
Energiebedarf Heizung	MWh/a	440	440	440	440	440
Energiebedarf Warmwasser 12%	MWh/a	60	60	60	60	60
proz. Netzverluste bei 100% Anschluss	%			12%	12%	12%
proz. Netzverluste bei 70%	%			16%	16%	16%
Netzverluste	MWh/a			98	98	98
notwendige Wärmeerzeugung	MWh/a	500	500	598	598	598
Vollbenutzungsstunden	h/a	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Summe Anschlussleistungen	kW	210	210	210	210	210
Gleichzeitigkeitsfaktor	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Netzverluste	kW			11	11	11
notwendige Wärmeleistung	kW	210	210	221	221	221

CO₂- und Primärenergie-Einsparungen

Anhand des Endenergiebedarfs für die verschiedenen Wärmeversorgungsvarianten werden die CO₂-Emissionen über Emissionsfaktoren²⁶ der jeweiligen Energieträger und der Primärenergiebedarf über Primärenergiefaktoren²⁷ abgeschätzt.

Darüber hinaus werden die Einsparungen an CO₂ sowie Einsparungen von Primärenergie gegenüber dem IST-Zustand ermittelt. Für den IST-Zustand wird angenommen, dass der Wärmebedarf der Gebäude heute mit Ölheizungen abgedeckt wird.

Die CO₂-Einsparungen gegenüber dem IST-Zustand liegen bei den dezentralen Varianten mit Luft-Wärmepumpe (V1 a und V 1 b) bei 98 bzw. 125 t CO₂ pro Jahr. Die Wärmenetzvarianten (V4 bis V6) erreichen je nach Effizienz niedrigere Einsparungen von 61 bis 86 t CO₂ pro Jahr.

Die Primärenergie-Einsparungen gegenüber dem IST-Zustand liegen bei den dezentralen Varianten mit Luft-Wärmepumpe (V1 a und V 1 b) bei 375 bzw. 460 MWh/a pro Jahr. Die Wärmenetzvarianten (V4 bis V6) erreichen je nach Effizienz Einsparungen von 370 bis 423 MWh pro Jahr. (siehe Tabelle 9)

²⁶ Treibhausemissionsfaktoren nach GEG: www.bbsr-geg.bund.de/...

²⁷ Primärenergiefaktoren nach GEG: www.bbsr-geg.bund.de/...

Tabelle 9: CO₂- und Primärenergie-Einsparungen

Netztyp		IST	V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Gas	Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		Dez.	WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
CO₂-Emissionen							
Holz-Pellets	t/a	0	0	0	0	0	0
Heizöl	t/a	178	0	0	0	0	0
Strom dezentrale Wärmepumpen	t/a	0	80	54	0	0	0
Strom zentrale Wärmepumpe	t/a	0	0	0	82	106	91
Strom Nacherhitzung Warmwasser	t/a	0	0	0	6	6	6
Hilfsstrom Wärmenetz und HZ	t/a	0	0	0	5	5	5
gesamt	t/a	178	80	54	92	117	102
CO ₂ -Einsparungen gegenüber dem IST-Zustand	t/a		98	125	86	61	76
bezogen auf Wärmelieferung	g/kWh	356	160	107	185	234	204
Primärenergie							
Holz-Pellets	MWh/a	0	0	0	0	0	0
Heizöl	MWh/a	632	0	0	0	0	0
Strom dezentrale Wärmepumpen	MWh/a	0	257	172	0	0	0
Strom zentrale Wärmepumpe	MWh/a	0	0	0	175	228	196
Strom Nacherhitzung Warmwasser	MWh/a	0	0	0	18	18	18
Hilfsstrom Wärmenetz und HZ	MWh/a	0	0	0	16	16	16
gesamt	MWh/a	632	257	172	210	262	230
Primärenergie-Einsparungen gegenüber dem IST-Zustand	MWh/a		375	460	423	370	402
bezogen auf Wärmelieferung	-	1,26	0,51	0,34	0,42	0,52	0,46

Dimensionierung der Heizzentrale und der Umweltwärmequellen

Für die Versorgungsvarianten mit zentraler Wärmeerzeugung sind jeweils eine Großwärmepumpe und eine Heizzentrale eingeplant. Die Wärmeerzeugung wird ausschließlich über die Großwärmepumpe gewährleistet. Die Leistungsdimensionierung der Wärmepumpe richtet sich nach der notwendigen Wärmeleistung, die in dem Prüfgebiet bereitgestellt werden muss. Sie liegt für die dezentralen Versorgungsvarianten (V1 a und V1 b) bei 210 kW und bei 221 kW (inkl. Netzverlusten) für die Wärmenetzvarianten V4 bis V6.

Für Variante 4 mit zentraler Solewärmepumpe wird die Wärme-Entzugsleistung des Erdsondenfelds über die notwendige Wärmeleistung und die Jahresarbeitszahl der Großwärmepumpe auf 166 kW abgeschätzt. Für das Prüfgebiete ist eine Fläche für ein potenzielles Erdsondenfeld von rund 3.300 m² notwendig, was in etwa einem halben Fußballfeld entspricht. Für das Sondenfeld wurde angenommen, dass jede Sonde etwa 100 m tief in der Erde liegt (bei einer Entzugsleistung von 50 W/m) und eine typischen Sondenleistung von 5 kW besitzt. Es werden insgesamt 33 Sonden benötigt.

Für Variante 5 mit zentraler Seewasserwärmepumpe wird die Wärme-Entzugsleistung aus dem Seewasser über die notwendige Wärmeleistung und die Jahresarbeitszahl der Großwärmepumpe auf 150 kW abgeschätzt. Bei einer angenommenen Auskühlung des Seewassers zwischen Zu- und Ablauf in den See von 3 K ergibt sich ein notwendiger Volumenstrom in den Rohren von rund 12 l/s.

Für Variante 6 mit zentraler Solewärmepumpe wird die Wärme-Entzugsleistung des Erdkollektors über die notwendige Wärmeleistung und die Jahresarbeitszahl der Großwärmepumpe auf 160 kW abgeschätzt. Für das Prüfgebiete ist eine Fläche für einen potenziellen Erdkollektor von rund 6.400 m² notwendig, was in etwa einem Fußballfeld entspricht. Für den Erdkollektor wurde eine typische Verlegetiefe von 1,3 m angenommen (bei einer Entzugsleistung von 25 W/m²). Bei einem Abstand der Kollektorrohre zueinander von 0,75 m und einer maximalen Rohrlänge je Strang von 100 m werden 85 Rohrstränge benötigt. (siehe Tabelle 10)

Tabelle 10: Dimensionierung von Heizzentrale & Umweltwärmequellen: Erdsondenfeld, Seewasserwärmepumpe, Erdkollektor

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
notwendige Wärmeleistung	kW	210	210	221	221	221
Jahresarbeitszahl (JAZ)						
Elektro-Wärmepumpe	-	3,50	3,50	4,03	3,10	3,61
Heizzentrale, Pumpstation						
thermische Leistung Wärmepumpe	kW			221	221	221
Wärme-Entzugsleistung Sondenfeld	kW			166		
Sondenanzahl (100 m 50 W/m, 5 kW)	-			33		
Flächenbedarf bei 10 m Abstand	m ²			3.319		
Entzugsleistung Seewasser	kW				150	
Auskühlung	K				3	
Volumenstrom Seewasser	l/s				12	
Wärme-Entzugsleistung Kollektorfeld	kW					160
Kollektorfläche (25 W/m ² Entzugsleistung)	m ²					6.382
Mindestlänge Kollektorrohre (0,75 m Abstand der Kollektorrohre)	m					8.510
Rohrstranzahl/Solekreise (max. 100 m)	-					85

4.3 Prüfgebiet Gut Wittmoldt

Für das zweite Prüfgebiet Gut Wittmoldt wurde ebenfalls die Machbarkeit der in Kapitel 4.1 beschriebenen Versorgungsvarianten durchgeführt. Grund hierfür war, trotz des geringen Wärmenetzpotenzials, eine besondere Eigentümerstruktur. Die Mehrheit der Gebäude sowie der umliegenden Flächen, die sich im Prüfgebiet Gut Wittmoldt befinden, sind im Eigentum der Gutsfamilie. Somit wäre von einer deutlich höhere Anschlussquote von bis zu 100 % der betrachteten Gebäude auszugehen.

Aufgrund der guten Verfügbarkeit von unbebauten Freiflächen innerhalb und angrenzend an das identifizierte Prüfgebiet bietet sich zunächst oberflächennahe Geothermie als Energieträger als eine mögliche Umweltwärmequelle an. Da Gut Wittmoldt auf einer Halbinsel liegt, hat es einen leichten Zugang zum Schwentineseesee. Deshalb bietet sich auch Seewasser als Energieträger für eine leitungsgebundene Wärmeversorgung im Prüfgebiet an.

Abbildung 15 zeigt einen potenziellen Trassenverlauf, die Leitungsabschnittslängen, die angrenzenden Potenzialflächen für die Möglichkeit Erdsonden oder Erdkollektoren zu nutzen. Außerdem ist die angenommene Gebäudeheizlast der laut Gutsfamilie relevanten Gebäude und potenzielle Standorte für Heizzentralen (rote Kästen) zu sehen. Die blaue Linien S1 und S2 sind mögliche Rohre für eine Seewassernutzung.



Abbildung 15: Potenzieller Trassenverlauf, Leitungsabschnittslängen, Potenzialflächen und Gebäudeheizlast– Gut Wittmoldt

Bei der Analyse wurde festgestellt, dass die verfügbaren Flächen ausreichend groß sind, um den notwendigen Leistungsbedarf eines Erdsonden- oder Kollektorfeldes für eine zentrale Wärmeversorgung mit einer Heizzentrale und Solewärmepumpe umzusetzen.

Die weiterführende Analyse ergab aber trotz hoher Anschlussquote eine schlechte Wirtschaftlichkeit der Wärmenetzvarianten. Daher wurde die Analyse für dieses Prüfgebiet nicht weiterverfolgt. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsprüfung werden kurz in 5.2 beschrieben.

4.4 Dezentrale Wärmeversorgung

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie – Gemeinde Wittmoldt „Prüfauftrag Nahwärmesetz Wittmoldt und Alternativen“ wurde als Alternative zu einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung die Möglichkeiten einer dezentralen Wärmeversorgung beispielsweise mit Luft-Wärmepumpen untersucht.

Hierzu wurde eine vertiefte Analyse ausgewählter Gebäude durchgeführt, um deren energetischen Ist-Zustand zu bewerten und mögliche Sanierungsvarianten aufzuzeigen. Diese Analyse erfolgte in enger Abstimmung mit dem zuständigen Verein, der die Auswahl der Gebäude auf Grundlage spezifischer Kriterien getroffen hat.

Auswahl der Gebäude für eine vertiefte Analyse

Die Gebäude, die einer detaillierten Untersuchung unterzogen wurden, wurden in Zusammenarbeit mit dem Verein festgelegt. Dabei wurde besonders auf Gebäude geachtet, die ein hohes Potenzial zur Energieeinsparung und zur Reduzierung von CO₂-Emissionen aufweisen. Außerdem wurden Gebäude ausgewählt, die insbesondere aus den Nachkriegsjahren 1950er bis 1970er Jahren stammen. Sie machen von der Gebäudestruktur den Großteil der Gebäude in Wittmoldt aus. Neuere Bauten aus den 1980er Jahren bis heute sind in geringerem Umfang vertreten. Es gibt auch eine signifikante Anzahl von Gebäuden aus der Zeit vor 1949. Deshalb wurde auch historisches Reetdachhaus aus der Zeit vor 1949 analysiert.

Datengrundlage

Als Datengrundlage diente eine umfassende Vor-Ort-Begehung der jeweiligen Gebäude. Zusätzlich wurden Grundrissdaten sowie Informationen zur Gebäudetechnik, insbesondere zur Wärmeversorgung, erhoben. Diese Daten ermöglichten eine detaillierte Analyse der baulichen und technischen Gegebenheiten der Gebäude.

Analyse mittels Software-Modellierung

Um den energetischen Ist-Zustand der Gebäude präzise zu erfassen, wurden die gesammelten Daten mithilfe einer speziellen Software modelliert (Energieberater 2024 von Hottgenroth). Diese Modellierung diente dazu, den aktuellen Energieverbrauch der Gebäude zu ermitteln und Schwachstellen in der Gebäudehülle sowie in der Heiz- und Wärmetechnik zu identifizieren.

Aufstellung von Sanierungsvarianten



Auf Basis der Analyse wurden verschiedene Sanierungsvarianten entwickelt. Diese Varianten beinhalten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz der Gebäude, wie etwa die Optimierung der Gebäudehülle, den Austausch der Heiztechnik oder den Einsatz erneuerbarer Energien.

Bericht an die Gebäudeeigentümer

Die detaillierten Ergebnisse der Analyse sowie die Sanierungsvorschläge wurden den jeweiligen Gebäudeeigentümern in einem separaten Bericht zur Verfügung gestellt. Daher werden die Inhalte in diesem Dokument nur kurz in einer Übersicht zusammengefasst.

4.4.1 Mustergebäude - Hauptweg 31/33

Tabelle 11: Gebäudesteckbrief für die energetische Sanierung eines typischen Zweifamilienhauses - Hauptweg 31/33

Allgemeine Daten		
Ist-Stand		
	Gebäudetyp	Zweifamilienhaus, Privatgebäude, zwei Parteien mit jeweils 2 Personenhaushalt
	Baujahr	Ca. 1850, denkmalgeschütztes Gebäude
	Anzahl Vollgeschosse	1,5
	Keller	Unbeheizter Kriechkeller
	Dach	Reetdach, mit runden Dachfenstern, ausgebautes Dachgeschoss
	Beheizte Fläche	Ca. 276 m ²
	Sanierungszustand: Moderat	<ul style="list-style-type: none"> • Ungedämmte Außenwand (Fachwerk) zum Erdreich und zur Außenluft • Innenwanddämmung nur in einem Teil des Gebäudes • Zwischensparrendämmung mit Ausbau des Dachgeschosses • Südseite teilweise neue Fenster im EG und neue Dachfenster, Türen und Fenster auf der Nordseite sind sanierungsbedürftig (einfachverglast) • Moderne Flüssiggas-Brennwertheizung, Kurzzeitspeicher, Warmwassererzeugung dezentral über elektrische Durchlauferhitzer, keine Zirkulationsleitung, 2 Holzstücköfen zur Heizungsunterstützung

Beschreibung der empfohlenen Sanierungsmaßnahmen

Energetische Sanierung

Maßnahme 1: Innenwanddämmung im ungedämmten Gebäudeteil im EG mit z.B. Kalziumsilikatplatten

Maßnahme 2: Sanierungsbedürftige Fenster und Türen tauschen, Luftdichtigkeit vor allem im Eingangsbereich der ungedämmten Gebäudes herstellen

Maßnahme 3: 2-3 Heizkörper tauschen & vergrößern, damit die Systemtemperatur des Heizsystems auf unter 55°C abgesenkt werden kann: „Niedertemperaturfit“

Maßnahme 4: Einbau einer Luft-Wärmepumpe mit Pufferspeicher als Hybridlösung (bivalenter Betrieb von Wärmepumpe und zweitem Wärmeerzeuger für Spitzelast) und Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

4.4.2 Mustergebäude - Hauptweg 20

Tabelle 12: Gebäudesteckbrief für die energetische Sanierung eines typischen Einfamilienhauses - Hauptweg 20

Allgemeine Daten		
Ist-Stand		
	Gebäudetyp	Einfamilienhaus, Privatgebäude, zwei 2 Personenhaushalt
	Baujahr	1969
	Anzahl Vollgeschosse	1,5
	Keller	Teilbeheizter Keller
	Dach	Satteldach, Solarthermie-Anlage,
	Beheizte Fläche	Ca.144 m ²
	Sanierungszustand: Sehr gut	
<ul style="list-style-type: none"> • Perimeterdämmung an der Außenwand zum Erdreich • Erdgeschoss Innenwanddämmung • Aufsparrendämmung bis obere Geschossdecke • Dämmung oberster Geschossdecke • Neue Fenster und Türen • Solarthermie für Warmwasser-Unterstützung • Öl-Brennwertheizung, Warmwassererzeugung über Heizungsanlage, Zirkulationsleitung vorhanden 		

Beschreibung der empfohlenen Sanierungsmaßnahmen

Energetische Sanierung

Maßnahme 1: 2-3 Heizkörper tauschen & vergrößern, damit die Systemtemperatur des Heizsystems auf unter 55°C abgesenkt werden kann: „Niedertemperaturfit“

Maßnahme 2: Warmwasserbereitung von der Heizungsanlage entkoppeln und durch elektrische Durchlauferhitzer dezentral in der Nähe der Zapfstelle installieren, Zirkulationsleitung mit entsprechenden Wärmeverlusten entfallen hierdurch.

Maßnahme 3: Einbau einer Luft-Wärmepumpe mit Pufferspeicher und Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

Maßnahme 4: Installation einer Photovoltaik-Dachanlage zur gebäudenahen und klimafreundlichen Stromerzeugung. Hierdurch kann ein Teil des Strombedarfes der Wärmepumpe und des Haushaltsstroms gedeckt werden.

4.4.3 Mustergebäude - Am Lütten Diek 8

Tabelle 13: Gebäudesteckbrief für die energetische Sanierung eines typischen Einfamilienhauses - Am Lütten Diek 8

Allgemeine Daten		
		
Ist-Stand	Gebäudetyp	Einfamilienhaus, Privatgebäude, 2 Personenhaushalt
	Baujahr	Keine Angabe
	Anzahl Vollgeschosse	1,5
	Keller	Teilunterkellert unbeheizt
	Dach	Krüppelwalmdach, Dachfenstern, ausgebautes Dachgeschoss, unbeheizter Spitzboden, unbeheizter Speicher im OG mit Vorhangfassade
	Beheizte Fläche	Keine Angabe
	Sanierungszustand: Moderat bis Gut <ul style="list-style-type: none"> • Außenwanddämmung • Sanierungsbedürftiges Dach, sanierte Geschossdecke zum Speicher im OG • Teilweise neue Fenster, teilweise unsaniert • Warmwasser über Heizungsanlage • Brennwertgastherme, gedämmte Leitungsrohre, Stückholzofen zur Heizungsunterstützung • Typische Plattenheizkörper, teilweise Flächenheizkörper mit optimierten Thermostaten 	

Beschreibung der empfohlenen Sanierungsmaßnahmen

Energetische Sanierung

Maßnahme 1: 2-3 Heizkörper tauschen & vergrößern, damit die Systemtemperatur des Heizsystems auf unter 55°C abgesenkt werden kann: „Niedertemperaturfit“

Maßnahme 2: Warmwasserbereitung von der Heizungsanlage entkoppeln und durch elektrische Durchlauferhitzer dezentral in der Nähe der Zapfstelle installieren

Maßnahme 3: Sanierungsbedürftige Fenster und Türen tauschen und ggf. oberste Geschossdecke, inkl. Abseiten dämmen. Ggf. Tür zum Speicher im OG sanieren.

Maßnahme 4: Einbau einer Luft-Wärmepumpe mit Pufferspeicher als Hybridlösung (bivalenter Betrieb von Wärmepumpe und zweitem Wärmeerzeuger für Spitzelast) und Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

4.4.4 Mustergebäude - Am Lustholz 1

Tabelle 14: Gebäudesteckbrief für die energetische Sanierung eines typischen Einfamilienhauses - Am Lustholz 1

Allgemeine Daten



Ist-Stand

Gebäudetyp	Einfamilienhaus, Privatgebäude, 2 Personenhaushalt
Baujahr	1976
Anzahl Vollgeschosse	1,5
Keller	Vollunterkellert, teilbeheizt
Dach	Satteldach, mit Dachfenstern, ausgebautes Dachgeschoss, unbeheizter Spitzboden, unbeheizte Abseiten im Dachgeschoss
Beheizte Fläche	Ca. 198 m ²

Sanierungszustand: Moderat

- Ungedämmte Außenwand im Keller und Erdgeschoss
- Dämmung der obersten Geschossdecke unklar
- Sanierte Fenster, teilweise sanierungsbedürftige Türen
- Solarthermie für Warmwasser-Unterstützung
- Ausgebautes Dachgeschoss mit wahrscheinlich gedämmter Vorhangsfassade aus Holz
- Ölzentralheizung mit bivalentem Solarspeicher für Solarthermieanlage und Warmwasser

Beschreibung der empfohlenen Sanierungsmaßnahmen

Energetische Sanierung

Maßnahme 1: Kellerdeckendämmen mit z.B. mit Hartschaumplatten aus Polystyrol, Mineralstoffplatten oder Dämmplatten aus Steinwolle, 8-12 cm, Keller nicht zwangsläufig beheizt

Maßnahme 2: Innenwanddämmung im ungedämmten Gebäudeteil im EG mit z.B. Kalziumsilikatplatten, 5-8 cm dämmen oder Holzfaser-WDVS für eine Außenwanddämmung, zusätzlich Heizkörpernischen dämmen

Maßnahme 3 Sanierungsbedürftige Türen tauschen, ggf. oberste Geschossdecke nachdämmen, 2-3 Heizkörper tauschen & vergrößern damit die Systemtemperatur des Heizsystems auf unter 55°C abgesenkt werden kann: „Niedertemperaturfit“

Maßnahme 4: Einbau einer Luft-Wärmepumpe, unklar ist, wie der bestehende Solarspeicher in das neue System integriert werden kann, die Wärmepumpe sollte als Hybridlösung (bivalenter Betrieb von Wärmepumpe und zweitem Wärmeerzeuger für Spitzelast) umgesetzt werden, Durchführung eines hydraulischen Abgleichs.

Maßnahme 5: Installation einer Photovoltaik-Dachanlage zur gebäudenahen und klimafreundlichen Stromerzeugung. Hierdurch kann ein Teil des Strombedarfes der Wärmepumpe und des Haushaltsstroms gedeckt werden.

4.4.5 Stromnetzstabilität

Die Stabilität des Stromnetzes und der notwendige Netzausbau sind zentrale Herausforderungen der Energiewende. Sowohl rechtliche Rahmenbedingungen als auch technische Anforderungen spielen eine entscheidende Rolle bei der Integration erneuerbarer Energien und neuer Technologien wie Wärmepumpen und E-Ladestationen. Kommunen, Netzbetreiber:innen und Verbraucher:innen müssen eng zusammenarbeiten, um eine stabile und zukunftsfähige Energieversorgung sicherzustellen. Im Folgenden sind die Rahmenbedingungen und gesetzlichen Grundlagen näher beschrieben.

Gesetzliche Grundlagen

Zu den wichtigsten gesetzlichen Regelungen, die den Ausbau der Stromnetze regeln, gehören:

- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG): Es stellt den rechtlichen Rahmen für den Betrieb und den Ausbau der Stromnetze dar.
- Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG): Dieses Gesetz zielt speziell darauf ab, den Ausbau der Übertragungsnetze zu beschleunigen.
- Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG): Hier werden konkrete Projekte definiert, die für den Netzausbau erforderlich sind.
- Netzentwicklungsplan Strom (NEP): Der NEP wird regelmäßig erstellt und enthält Maßnahmen zur Erweiterung und Modernisierung der Stromnetze.

Die Verpflichtung der Netzbetreiber:innen, das Netz auszubauen, ergibt sich aus der steigenden Nachfrage nach Strom, insbesondere durch die Integration erneuerbarer Energien und den Aufbau von Ladeinfrastrukturen. Netzbetreiber:innen müssen diese Pflicht zügig erfüllen, wobei die Geschwindigkeit vom jeweiligen Netzentwicklungsplan und den Genehmigungsprozessen abhängt.

Dabei gilt es zu beachten, dass sich das „Stromnetz“ in verschiedene Spannungsebenen unterteilt:

- **Hochspannungsnetz oder auch Übertragungsnetz:** Dieses Netz transportiert große Mengen Strom (üblicherweise 110 bis 380 Kilovolt – kV) über weite Entfernungen. Es bildet die oberste Ebene der Stromversorgung und verbindet Kraftwerke mit den regionalen Verteilnetzen²⁸. In Umspannwerken wird der Strom auf Mittelspannung transformiert.

²⁸ Umfassen i. d. R. mehrere Spannungsebene, insbesondere das Mittelspannungsnetz und Niederspannungsnetz.

- **Mittelspannungsnetz:** Dieses Netz transportiert Strom (üblicherweise 10 bis 30 kV) in regionale und städtische Bereiche, bevor dieser weiter auf Niederspannung transformiert wird.
- **Ortsnetzstationen:** Die Transformatorenstationen wandeln den Strom von Mittelspannung auf Niederspannung (230/400 Volt) um, bevor dieser in das Niederspannungsnetz eingespeist wird.
- **Niederspannungsnetz:** Dieses Netz transportiert den Strom (230 V einphasig und 400 V dreiphasig) direkt zu den Haushalten und kleineren Unternehmen. Es stellt die Versorgung in einem Wohnviertel oder einer Siedlung sicher und wird auch als Ortsnetz bezeichnet. Es ist die letzte Stufe vor dem Hausanschluss.
- **Hausanschluss:** Der Hausanschluss ist die Verbindung zwischen dem Niederspannungsnetz und einem einzelnen Gebäude. Über diese Leistung wird der Strom (üblicherweise 30 bis 50 Ampere bei Einfamilienhäusern) vom Niederspannungsnetz in die Hausinstallation geleitet.

Die Rolle der Trafos und Netzmodernisierung

Transformatoren, kurz Trafos, wandeln Strom von einer Spannungsebene in eine andere um. Sie sind essenziell für die Stromverteilung und müssen bei höheren Anforderungen, beispielsweise durch Wärmepumpen oder E-Ladestationen, oft modernisiert oder ausgetauscht werden. Der Netzbetreiber SH Netz plant in Schleswig-Holstein beispielsweise, bis 2035 umfangreiche Netzausbauprojekte umzusetzen, um den wachsenden Bedarf an Strominfrastruktur zu decken. Dabei werden die Netze und auch die angeschlossenen Verbrauchseinrichtungen immer regelbarer („smarter“).

§ 14a EnWG spielt eine zentrale Rolle bei der Integration neuer, steuerbarer Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen, Elektrofahrzeugen oder Heimspeicheranlagen und der Sicherstellung der Netzstabilität. Seit dem 01.01.2024 dürfen Netzbetreiber:innen den Strombezug von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen zeitweise, in Notfällen, auf bis zu 4,2 kW reduzieren²⁹, um eine mögliche Überlastung des lokalen Stromnetzes zu verhindern. Die Mindestleistung von 4,2 kW soll aber zu jeder Zeit sichergestellt werden, d. h. Wärmepumpen können weiterbetrieben und E-Autos weitergeladen werden. Zugleich ist der reguläre Haushaltsstrom von dieser gesetzlichen Regelung nicht betroffen. Typische Beispiele sind private Ladeeinrichtungen für E-Autos (Wallboxen), Wärmepumpen, Stromspeicher (bei Stromentnahme aus dem Netz) sowie Klimageräte. Die Regelungen gelten nicht für Nachtspeicherheizungen. Sollte eine netzorientierte Steuerung erforderlich sein, erhalten Verbraucher:innen eine Netzentgeltreduzierung.³⁰

Ist beabsichtigt neue, steuerbare Verbrauchseinrichtungen in Betrieb zu nehmen, wie z. B. Wallboxen, Wärmepumpe mit einer Mindestleistung von 4,2 kW sollte der Netzbetreiber kontaktiert werden. SH Netz gibt an, dass voraussichtlich ab dem Jahr 2025 Steuerboxen von Messstellenbetreiber:innen montiert werden und durch den Einbau keine zusätzlichen Kosten für die Verbraucher:innen entstehen würden (Stand: 21.03.2024).³¹

Dieses Verfahren ist wichtig für die Netzstabilität, da es Netzbetreiber:innen ermöglicht, Lasten zu verschieben und Netzengpässe zu vermeiden.

Ausbau des Hausanschlusses für die Installation von Wärmepumpe und/oder privater E-Ladeeinrichtung

Der Standard-Hausanschluss eines Einfamilienhauses ist für einen Bezugsstrom von ca. 50 A (ca. 34 kW) ausgelegt. Mehrfamilienhäuser haben in der Regel größere Anschlüsse, die bis zu 100 A (ca. 62 kW) betragen können, um Haushaltsstrom, Durchlauferhitzer sowie ggf. Wärmepumpe und E-Ladeeinrichtung anschließen zu können. Früher waren Hausanschlüsse für Einfamilienhäuser oft nur für 20 bis 30 A ausgelegt. Wenn angedacht ist, eine Wärmepumpe oder eine E-Ladeeinrichtung zu errichten, muss von SH-Netz zunächst geprüft werden, ob das örtliche Netz dafür ausgelegt ist. Sind Sie SH-Netz Kund:in, können Sie eine Anfrage über ein Online-Portal: <https://www.sh-netz.com/de/meinhausanschluss/antrag.html> stellen.³²

²⁹ Wärmepumpen und Klimageräte > 11 kW werden im Steuerungsfall auf max. 40 % ihrer Nennleistung gedimmt.

³⁰ Weitere Informationen online unter: [Integration von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen](#).

³¹ SH Netz: [Steuerbare Verbrauchseinrichtungen. Fragen-Antwort-Katalog zum § 14a EnWG](#).

³² Über bestehenden Anschluss ändern → Anlagenveränderung; Halten Sie Ihren Grundriss oder Fotos Ihres Gebäudes bereit.

Nach der Anfrage prüft SH-Netz, ob das bestehende Netz die zusätzlichen Lasten tragen kann. Sollte dies nicht der Fall sein, kann ein Ausbau des Hausanschlusses oder des Ortsnetzes erforderlich werden.

Netzbetreiber:innen sind gesetzlich verpflichtet, den Anschluss von Wärmepumpen oder Wallboxen zu genehmigen, sofern die technischen Voraussetzungen erfüllt sind. Die Dauer des Verfahrens variiert je nach Kapazität des bestehenden Netzes und kann mehrere Wochen bis Monate in Anspruch nehmen. Sollte der Ausbau eines Hausanschlusses erforderlich sein, tragen in der Regel die Gebäudeeigentümer:innen die Kosten³³.

Für den umgekehrten Fall der Einspeisung von Strom durch z. B. eine PV-Anlage gibt das „EE-Netznavi“ von SH-Netz erste Hinweise.³⁴ Basierend auf der Adresseingabe, Anlagentyp (z. B. PV-Anlage) und geplante Leistung (z. B. 7 kW_p) macht das EE-Netznavi eine Aussage dazu, ob ein Anschluss einer PV-Anlage voraussichtlich möglich ist oder Maßnahmen von SH-Netz, wie die Verlegung eines Niederspannungskabels als Verstärkung, notwendig ist.

5 Kostenrahmen

Im Rahmen der Ermittlung eines Kostenrahmens der potenziellen Wärmenetze werden in diesem Kapitel Wirtschaftlichkeits- und Finanzierungskonzepte für die Prüfgebiete entworfen. Hierfür werden grob die Investitionssummen der einzelnen Komponenten der Wärmenetze sowie die Randbedingungen dargestellt. Die jeweiligen Betriebs- und verbrauchsbedingten Kosten werden abgeschätzt und die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgungsvarianten werden miteinander verglichen.

5.1 Prüfgebiet Dorf Wittmoldt

Dezentrale Investitionskosten für anzuschließende Gebäuden

Zu den dezentralen Investitionen in den anzuschließenden Gebäuden zählen die Kosten für Hausanschlüsse und Wärmeübergabestationen. Darüber hinaus wird angenommen, dass das Wärmenetz ausschließlich für die Deckung des Raumwärmebedarfs und nicht für die Erwärmung des Trinkwassers genutzt wird. Diese Auslegung ermöglicht eine zentrale Wärmeerzeugung mit geringerer Leistung und reduziert dadurch die Investitionskosten für das Wärmenetz. Zudem müsste für die Bereitstellung von Warmwasser über ein Wärmenetz auch in der Sommerzeit der Bedarf der angeschlossenen Gebäude sichergestellt werden, und zwar bei einem Temperaturniveau deutlich über 55 °C. Dies würde die Wärmeverluste im Wärmenetz deutlich erhöhen. Mit der Annahme einer dezentralen Warmwasserbereitung in den Gebäuden kann das Gesamtsystem wirtschaftlicher und effizienter betrieben werden.

Folglich wird angenommen, dass in jedem Haus eine Frischwasserstation für die dezentrale Erwärmung von Trinkwarmwasser und ein Speicher installiert werden müssen, soweit beide noch nicht vorhanden sind. Weiterhin werden in der Kostenschätzung die Kosten für zwei neue Heizkörper je Gebäude berücksichtigt, die notwendig sein könnten, um die Wärmeversorgung mit einer Vorlauftemperatur von ca. 55 °C zu ermöglichen.

Für die dezentralen Variante 1 b) wird neben der dezentralen Luftwärmepumpe eine PV-Dachanlage mit 10 kW_p in die Investitionen einbezogen.

Die Kosten der aufgezählten Komponenten des Heizungssystems können über die BEG-Förderung mit 49 % im Jahr 2030 gefördert werden, wenn davon ausgegangen wird, dass vom Planungsprozess heute bis zum Bau des Netzes 5 Jahre vergehen. Tabelle 15 stellt die Kostenarten und Kosten je Variante in der Übersicht dar.

³³ Die Kosten hängen stark von den individuellen Gegebenheiten vor Ort ab und können für den Ausbau auf 50 A ca. zwischen 1.500 und 3.500 € betragen (u. a. Elektroinstallateur:in, Baukostenzuschuss für Netzverstärkung).

³⁴ <https://ee-netznavi.sh-netz.com/#>.

Tabelle 15: Dezentrale Investitionen in anzuschließenden Gebäuden inklusive Förderung (Quelle: OCF Consulting)

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
Investitionen						
dezentral je Haus						
mittlerer Anschlusswert	kW/Geb	9	9	9	9	9
Wärmeerzeuger	€/Geb	26.157	26.157	0	0	0
Frischwasserstation, Speicher, Durchlauferhitzer	€/Geb	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Anpassung Verteilung, 2 neue Heizkörper	€/Geb	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Übergabestation	€/Geb			3.000	3.000	3.000
Hausanschluss	€/Geb			5.000	5.000	5.000
Photovoltaik-Anlage (10 kWp, 1.400 Euro/kWp)	€/Geb		14.000			
Summe	€/Geb	29.157	29.157	11.000	11.000	11.000
Förderung BEG 49% (2030)	€/Geb	14.287	14.287	5.390	5.390	5.390
Summe ./. Förderung	€/Geb	14.870	14.870	5.610	5.610	5.610
dezentrale Investitionen gesamt im Plangebiet						
Wärmeerzeuger	T€	641	641	0	0	0
Frischwasserstation, Speicher, Durchlauferhitzer	T€	49	49	49	49	49
Anpassung Verteilung, 2 neue Heizkörper	T€	25	25	25	25	25
Übergabestation	T€	0		74	74	74
Hausanschluss	T€	0		123	123	123
Photovoltaik-Anlage	T€		343			
Summe	T€	714	1.057	270	270	270
Förderung BEG 49% (2030)	T€	350	350	132	132	132
Summe ./. Förderung	T€	364	707	137	137	137

Investitionskosten für das Wärmenetz

Die Kosten für Rohrleitungen (inkl. Montage) und den Tiefbau (inkl. Oberflächenwiederherstellung) werden anhand der Länge und der Wärmeleistung des jeweiligen Leitungsabschnittes und dem dafür notwendigen Rohrdurchmesser grob abgeschätzt (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Rohrdimensionierung und Kostenkalkulation für das Nahwärmernetz – Dorf Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Abschnitt	Länge	Raumwärme- Leistung an Abschnitt	Wärme- Leistung kumuliert	Verluste spezifische Rohrlei- tungskosten	spezifische Rohrlei- tungskosten	Rohr- Trassen- kosten	Ober- flächen- Typ	spezifische Kosten Tiefbau	Trassen- Kosten Tiefbau	gesamt Trassen- kosten	
	m	kW	kW	DN	Stufe	€/m	€	€/m	€	€	
				mm	8760 h						
Zulauf	20	-	474	100	3	320	6.400	einfach	416	8.320	14.720
Hauptweg	256	164	164	65	32	248	63.525	Asphalt	372	95.288	158.813
Hauptweg	110	67	310	80	15	279	30.683	Asphalt	418	46.025	76.708
Am Beek	74	86	86	50	8	217	16.084	Asphalt	326	24.126	40.210
Hauptweg	65	29	157	65	8	248	16.129	Asphalt	372	24.194	40.324
Schwentineweg	82	128	128	50	9	217	17.823	Asphalt	326	26.734	44.557
Summe	607	474			76		150.645			224.688	375.333

Die Kosten für die Verbindung der Wärmequelle mit der Heizzentrale, die Fachplanung (mit 20 %) und Unvorhergesehenes (mit 10 %) werden berücksichtigt. Im Jahr 2030 könnten voraussichtlich 40 % dieser Kosten des Wärmenetzes voraussichtlich durch die BEW-Förderung abgedeckt werden (siehe Tabelle 17).

Tabelle 17: Investitionskosten für das Wärmenetz inklusive Förderung – Dorf Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
Netze						
Verbindung Wärmequelle bis Heizhaus	m			20	150	20
Nennweite (für 100% Anschluss)	mmDN			98	93	96
spezifische Kosten Ø	€/m			507	507	507
Anschlussleitung Wärmequelle	T€		✓	10	76	10
Netzlänge Verteilung	m			607	607	607
spezifische Kosten Ø	€/m			618	618	618
Nahwärmernetz	T€			375	375	375
Planung 20%	T€			75	75	75
Unvorhergesehenes 10%	T€			38	38	38
Summe	T€			498	564	498
Förderung BEW 40% (Jahr 2030)	T€			199	226	199
Summe ./ . Förderung	T€			299	338	299

Investitionskosten für die zentrale Wärmeerzeugung

Die Investitionen für die zentrale Wärmeerzeugung umfassen die Kosten für die Heizzentrale mit Großwärmepumpe, Nebenanlagen, Bauwerke, Anschlüsse sowie für die Wärmeerzeugung, d. h. Erdsonden, Erdkollektoren oder eine Pumpstation (bei der Seewassernutzung). Zusätzlich werden Kosten in Höhe von 20 % für die Fachplanung und 10 % der Gesamtkosten für Unvorhergesehenes eingeplant. Im Jahr 2030 könnten voraussichtlich 40 % dieser Kosten durch die BEW-Förderung abgedeckt werden (siehe Tabelle 18).

Tabelle 18: Investitionskosten für die zentrale Wärmeerzeugung – Dorf Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
Heizzentrale, Pumpstation						
thermische Leistung Wärmepumpe	kW			221	221	221
spezifische Kosten	€/kW			470	470	470
Wärmepumpenanlage	T€			104	104	104
Sondenfeld	T€			272		
Anlagentechnik Pumpstation	T€				79	
Kollektorfeld	T€					223
hydraulische/elektrische Einbindung						
Pufferspeicher für 2 Stunden	T€			15	15	15
Netzpumpen, Druckhaltung	T€			20	20	20
Gebäude (350 - 500 €/m³)	T€		✓	72	72	72
Planung 20%	T€			44	32	41
Unvorhergesehenes 10%	T€			22	16	21
Wärmeerzeugung zentral	T€			661	393	594
Förderung BEW 40%	T€			265	157	238
Wärmeerzeugung zentral ./ . Förd.	T€			397	236	356

Gesamtinvestitionskosten

Die Gesamtinvestitionen für ein Wärmenetz und Wärmeerzeugung liegen je nach Variante zwischen 710.000 und 830.000 Euro. Für die dezentrale Lösung mit Luftwärmepumpe betragen sie etwa 365.000 Euro, und mit zusätzlicher PV-Dachanlage rund 710.000 Euro (siehe Tabelle 19).

Tabelle 19: Gesamtinvestitionskosten in Wärmeerzeugung, Wärmenetz und dezentral in Gebäude inklusive Förderung – Dorf Wittmoldt

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
Summe Wärmeerzeugung zentral ./ . Förd.	T€			397	236	356
Summe Netze ./ . Förd.	T€			299	338	299
Summe Gebäude dezentral ./ . Förd.	T€	364	707	137	137	137
Summe ./ . Förderung	T€	364	707	833	712	793

Verbrauchskosten

Die Verbrauchskosten der Wärmelösungen hängen von der Effizienz des Heizsystems ab. Dezentrale Lösungen sind oft etwas effizienter, da sie besser auf die Bedürfnisse der Nutzer:innen abgestimmt werden können als zentrale Netzlösungen. Bei den betrachteten Wärmepumpensystemen wird die benötigte Strommenge durch die Vorlauftemperatur (55°C) und die Temperatur der Umweltwärmequelle (z. B. Luft, Seewasser, Erdwärme) bestimmt. Je höher die Quellentemperatur, desto weniger Strom wird für die Wärmeerzeugung benötigt. Das Erdsondennetz ist am effizientesten und verursacht die geringsten Verbrauchskosten, gefolgt von der Variante mit Erdkollektor. Am teuersten ist das Wärmenetz mit Seewasserwärmepumpe. Dezentrale Lösungen mit Luftwärmepumpe haben ähnliche Verbrauchskosten wie das Erdsondennetz. Wird eine PV-Dachanlage hinzugefügt, sinken die Stromkosten durch die Eigenstromnutzung und Vergütung der Netzeinspeisung deutlich (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Verbrauchskosten – Dorf Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Netztyp		V1 Luft-WP	V1 Luft-WP	V4 NW max. 55 °C ErdWP	V5 NW max. 55 °C SeeWP	V6 NW max. 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
Endenergiekosten						
Strom dezentrale Wärmepumpen	€/a	35.716	35.716	0	0	0
Strom zentrale Wärmepumpe	€/a	0	0	29.219	37.963	32.629
Strom Nacherhitzung Warmwasser	€/a	0	0	3.536	3.536	3.536
Hilfsstrom Wärmenetz und HZ	€/a	0	0	3.142	3.142	3.142
Kostenersparnis durch Eigenversorgung (PV)	€/a		-4.740			
Kostenersparnis durch Netzeinspeisung (PV)	€/a		-16.923			
gesamt	€/a	35.716	14.053	35.896	44.641	39.306
bezogen auf Wärmelieferung	ct/kWh	7,14	2,81	7,18	8,93	7,86

Vollkostenvergleich: Kapital-, Betriebs- und Verbrauchskosten

Die Kapitalkosten der Wärmeversorgungsvarianten werden über die jeweiligen Investitionskosten und der voraussichtlichen technischen Lebensdauer der Einzelkomponenten sowie einem Kalkulationszinssatz von 3,0 % berechnet. Bezogen auf die Wärmeabnahme ergeben sich die spezifischen Kapitalkosten in Cent pro kWh.

Die Betriebskosten der Wärmeversorgungsvarianten, d. h. die Kosten für Wartung, Instandhaltung oder Instandsetzung werden mit 1 bis 2 % der jeweiligen Investitionskosten der Einzelkomponenten grob abgeschätzt. Bezogen auf die Wärmeabnahme ergeben sich die spezifischen Betriebskosten in Cent pro kWh.

Klimaneutrale Wärmenetze mit zentraler Wärmepumpe im Sinne des Fördermittelgebers können nach Umsetzung einer BEW-Machbarkeitsstudie über einen Zeitraum von 10 Jahren einen BEW-Betriebskostenzuschuss für den Betrieb erhalten.

Die Summe der spezifischen Kapitalkosten, Betriebskosten und Verbrauchskosten abzüglich der Kostenersparnis durch den BEW-Betriebskostenzuschuss ergibt die sogenannten Wärmegestehungskosten.

Die Vollkosten ergeben sich aus den Kapitalkosten, Betriebskosten und Verbrauchskosten über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und sind ein wichtiger Indikator für den Vergleich verschiedener Wärmesysteme (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Übersicht der Kapital-, Betriebs-, Verbrauchs- und Vollkosten – Dorf Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Netztyp		V1 a) Luft-WP	V1 b) Luft-WP	V4 NW 55 °C ErdWP	V5 NW 55 °C SeeWP	V6 NW 55 °C Erdkoll
Wärmequelle		Luft	Luft+PV	Erdsonden	Seewasser	Erdkollektor
Wärmeerzeugung		WP dezentral	WP dezentral	WP zentral	WP zentral	WP zentral
kapitalgebundene Kosten						
Kapitaldienstfaktor Ø	%	6,6%	5,9%	4,5%	4,6%	4,3%
Kapitaldienst	€/a	24.091	41.591	37.632	32.935	33.968
bezogen auf Wärmeabnahme	ct/kWh	4,82	8,32	7,53	6,59	6,79
Betriebskosten						
Wartung, Instandhaltung, Instandsetzung	€/a	14.042	17.472	16.171	14.419	15.367
bezogen auf Wärmeabnahme	ct/kWh	2,81	3,49	3,23	2,88	3,07
Verbrauchskosten						
gesamt	€/a	35.716	14.053	35.896	44.641	39.306
bezogen auf Wärmeabnahme	ct/kWh	7,14	2,81	7,18	8,93	7,86
Betriebskostenzuschuss BEW für zentrale Wärmepumpe						
bezogen auf Umgebungswärme	ct/kWh			4,74	6,66	5,44
Zuschuss Ø über 20 Jahre	€/a			12.027	15.222	13.273
bezogen auf Wärmeabnahme	ct/kWh			2,41	3,04	2,65
Kostenübersicht						
Kapitalkosten	ct/kWh	4,8	8,3	7,5	6,6	6,8
Betriebskosten	ct/kWh	2,8	3,5	3,2	2,9	3,1
Verbrauchskosten	ct/kWh	7,1	2,8	4,8	5,9	5,2
BEW-Zuschuss	ct/kWh			2,4	3,0	2,7
Wärmegestehung mit Zuschuss	ct/kWh	14,8	14,6	15,5	15,4	15,1
Wärmegestehung ohne Zuschuss	ct/kWh	14,8	14,6	17,9	18,4	17,7
Vollkosten über 20 Jahre	€	1.476.988	1.462.320	1.793.992	1.839.881	1.772.813

Abbildung 16 stellt die Wärmegestehungskosten der verschiedenen Varianten im Vergleich zueinander dar.

Aus Sicht eines Haushalts im Dorf Wittmoldt ist die dezentrale Lösung mit einer Luftwärmepumpe und den damit einberechneten Umbauten mit ca. 14 bis 15 Cent pro kWh am wirtschaftlichsten. Um ca. 1 Cent/kWh höher liegen die Wärmegestehungskosten der Wärmenetzvarianten 4, 5 und 6 mit zentraler Wärmeversorgung über Erdsonden, Erdkollektoren oder Seewasserwärmepumpe. Würde der BEW-Betriebskostenzuschuss nicht gewährt werden, lägen die Netzvarianten 2-3 Cent pro kWh über den Wärmegestehungskosten der dezentralen Varianten. Anzumerken ist außerdem, dass die Wirtschaftlichkeit der Wärmenetzvarianten voraussichtlich noch unwirtschaftlicher ausfallen, wenn ein potenzieller Wärmenetzbetreiber eine Gewinnmarge auf die Gestehungskosten aufschlägt. Diese ist in den Berechnungen nicht enthalten.

Vorteilhaft bei der Erdsonden-Variante ist der geringere Platzbedarf im Vergleich zu den Erdkollektoren. Dieser ist bei einem Erdkollektorfeld fast doppelt so hoch.

Es zeigt sich, dass die Verbrauchskosten (Energiekosten) einen entscheidenden Einfluss auf die Vollkosten und die Wirtschaftlichkeit der Wärmeversorgung haben. Aufgrund der schlechteren Effizienz der Seewasserwärmepumpe ergibt sich eine schlechtere Jahresarbeitszahl und ergeben sich somit höhere Verbrauchskosten im Vergleich zu den Varianten mit Erdkollektor oder Erdsondenfeld. Kompensiert werden höhere Verbrauchskosten des Seewassernetzes mit niedrigeren Kapitalkosten im Vergleich zu dem Netz mit Erdsondenfeld. Am wirtschaftlichsten schneidet die Netzvariante mit Erdkollektor ab.

Die Analyse zeigt außerdem, dass bei den dezentralen Varianten (V1a, V1b) ein zusätzlicher Kauf einer PV-Dachanlage über 20 Jahre keinen Kostenvorteil aber auch keinen Kostennachteil gegenüber der Variante ohne PV-Dachanlage hat. Hierbei ist erwähnen, dass die Lebenszeit der Solaranlage typischerweise deutlich über 20 Jahre liegt.

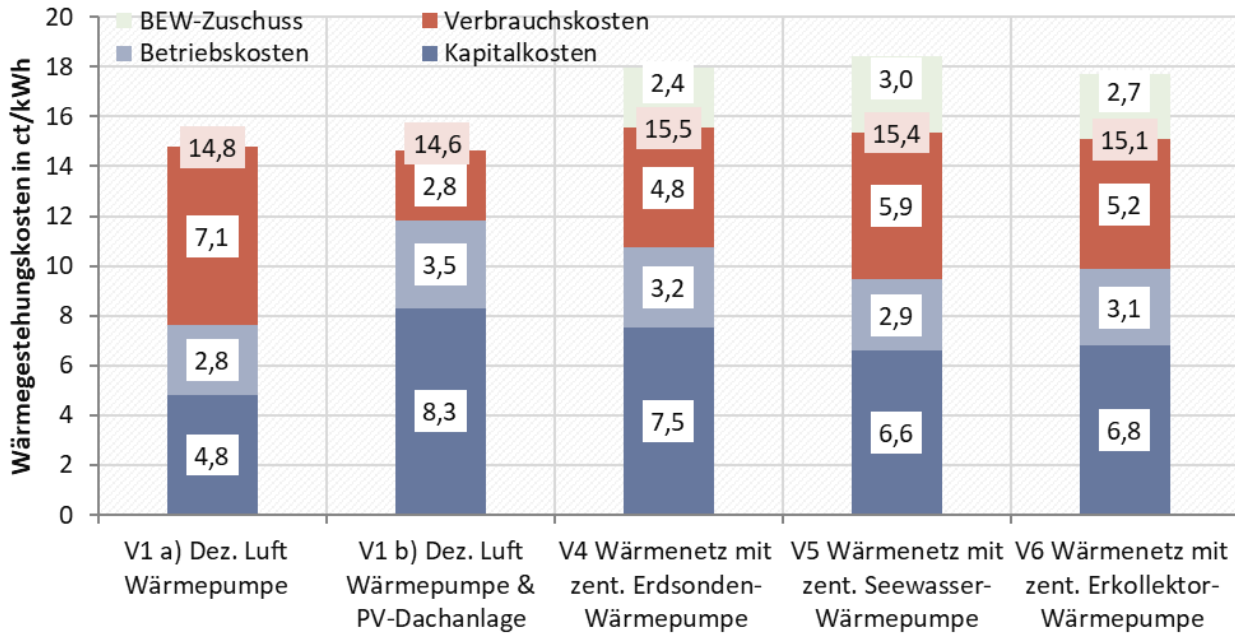


Abbildung 16: Wärmegestehungskosten in Cent pro kWh der Wärmeversorgungsvarianten – Dorf Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

Vom Gutachterteam wird eine dezentrale Wärmeversorgung mit Luft-Wärmepumpen für Einfamilienhäuser und mit Sole-Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser empfohlen.

5.2 Prüfgebiet Gut Wittmoldt

Abbildung 17 zeigt zusammenfassend die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsanalyse für das Prüfgebiet Gut Wittmoldt. Aus Sicht eines Haushalts ist die dezentrale Lösung mit einer Luftwärmepumpe und den damit einberechneten Umbauten mit ca. 12 Cent pro kWh am wirtschaftlichsten. Die Wärmegestehungskosten der Wärmenetzvarianten 4, 5 und 6 mit zentraler Wärmeversorgung über Erdsonden, Erdkollektoren oder Seewasserwärmepumpe liegen mehr als doppelt so hoch. Aufgrund der geringen Anzahl der Gebäude (Wärmenetz mit weniger als 16 Gebäude gilt als Gebäudenetz) würde der BEW-Betriebskostenzuschuss nicht gewährt werden. Möglich wäre aber eine Förderung als Gebäudenetz über die Bundesförderung Effiziente Gebäude (BEG)³⁵. Anzumerken ist außerdem, dass die Wirtschaftlichkeit der Wärmenetzvarianten voraussichtlich noch unwirtschaftlicher ausfallen, wenn ein potenzieller Wärmenetzbetreiber eine Gewinnmarge auf die Gestehungskosten aufschlägt. Diese Marge ist in den Berechnungen nicht enthalten.

Vorteilhaft bei der Erdsonden-Variante ist der geringere Platzbedarf im Vergleich zu den Erdkollektoren. Dieser ist bei einem Erdkollektorfeld fast doppelt so hoch.

Die Analyse zeigt, dass bei den dezentralen Varianten (V1a, V1b) ein zusätzlicher Kauf einer PV-Dachanlage über 20 Jahre keinen Kostenvorteil aber auch keinen Kostennachteil gegenüber der Variante ohne PV-Dachanlage hat. Hierbei ist erwähnen, dass die Lebenszeit der Solaranlage typischerweise deutlich über 20 Jahre liegt.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die Machbarkeitsprüfung für dieses Prüfgebiet nicht weiter vertieft.

Vom Gutachterteam wird eine dezentrale Wärmeversorgung mit Luft-Wärmepumpen für Einfamilienhäuser und mit Sole-Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser empfohlen.

³⁵ Im Rahmen der Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) können auch freistehende Einfamilienhäuser, die sich eine zentrale Wärmeversorgung teilen, ein sogenanntes Gebäudenetz bilden und gefördert werden. Solche Netze sind besonders sinnvoll, wenn die Haushalte nahe beieinander liegen und gemeinsam eine effiziente Lösung wie eine Wärmepumpe oder ein Blockheizkraftwerk nutzen möchten. Betrieb eines Gebäudenetzes kann durch: 1. Gemeinschaftliche Verantwortung durch die beteiligten Haushalte, 2. Beauftragung eines Energiecontractors, 3. Gründung einer Gesellschaft oder Genossenschaft oder durch 4. Einzelverantwortung durch einen Betreiber gewährleistet werden.

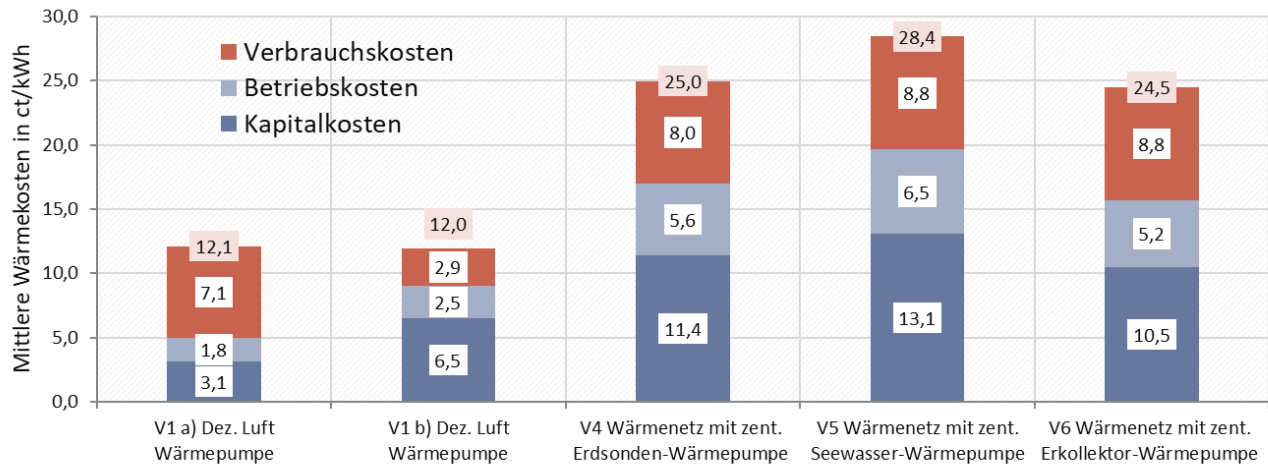


Abbildung 17: Wärmegestehungskosten in Cent pro kWh der Wärmeversorgungsvarianten – Gut Wittmoldt (Quelle: OCF Consulting)

6 Pfad zur Treibhausgasneutralität

Das vorliegende Kapitel führt die Ergebnisse der vorangegangenen Analysen zusammen und gibt einen Ausblick auf die Entwicklung des Wärmebedarfs der Gebäude und der Wärmeversorgungssysteme bis zum Jahr 2045. Das Zielszenario zeigt einen möglichen Pfad, wie sich die Energieträger und die Energiemengen für die Wärmeversorgung in Wittmoldt zukünftig zusammensetzen könnten.

6.1 Startwerte, Annahmen und Zielwerte des Zielszenarios

Startwerte

Als Basis für das Zielszenario wurden unter anderem die folgenden Ausgangsdaten für das Startjahr 2022 bestimmt:

- Aus Geodaten und Energie-Kennzahlen wurde der Wärmebedarf für alle Gebäude errechnet.
- Die Nutzenergiemenge für Heizöl, Flüssiggas, Holz und Strom zu Heizzwecken, sowie deren prozentualer Anteil an den Energieträgern wurde aus den Wärmebedarfen der Prüfgebiete ermittelt.
- Die Nutzenergiemenge sowie der Anteil von Solarthermie wurde basierend auf Expertenschätzungen ergänzt.

Annahmen und Zielwerte

Auf Grundlage der Startwerte erfolgte die Berechnung der Zielwerte für das Jahr 2045 unter den folgenden Annahmen.

Gebäude:

- Jedes Jahr wird ein Anteil von 1 % der Gebäude mit einer Sanierungstiefe von 30 % energetisch saniert.
- Die sonstigen Änderungen im Gebäudebestand (Neubauaktivitäten, Abriss und Neubau mit deutlich höherem Energiestandard, Effizienzgewinne im Bestand) haben keinen wesentlichen Einfluss auf den Wärmebedarf. Sie gleichen sich bis zum Jahr 2045 in etwa aus.

Energieträger:

- Der Emissionsfaktor von Strom reduziert sich durch die Dekarbonisierung der Stromherstellung.
- Auf die Energieträger Holz und/oder Pellets, Solarthermie entfallen aufgrund ihrer begrenzten Verfügbarkeit und/oder ihrer zukünftig erwarteten hohen Erzeugungskosten nur geringe prozentuale Anteile.
- Der dezentrale Nutzenergiebedarf verteilt sich anhand der Gebäudegröße und der damit zusammenhängenden Wirtschaftlichkeit auf Luft-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen. Für Gebäude mit einem rechnerischen Wärmebedarf von ≥ 50.000 kWh/a wurde aufgrund einer verbesserten Wirtschaftlichkeit gegenüber Luft-Wasser-Wärmepumpen die Verwendung von Sole-Wasser-Wärmepumpen angenommen.

Das Gutachterteam empfiehlt auf Grundlage der Soll-Analyse eine dezentrale Wärmeversorgung mit überwiegende Luft- und Solewärmepumpen in Wittmoldt bis zum Jahr 2045 zu realisieren. Voraussetzung hierfür ist die Sanierung der Gebäude auf einen Stand, der es erlaubt, die Systemtemperaturen der Heizsysteme auf unter 55°C abzusenken („niedertemperaturfit“). Von der Umsetzung einer zentralen Wärmeversorgung und dem Bau eines Wärmenetzes oder kleiner Micronetze rät das Gutachterteam aufgrund fehlender Wirtschaftlichkeit ab.

Der nachfolgende Pfad zur Treibhausgasneutralität stellt einen Zeitplan zur Umsetzung des in der SOLL-Analyse angedachten Versorgungskonzeptes dar. Hierbei sind für den IST-Zustand und die Wegmarken 2030, 2035, 2040, 2045 folgende Parameter tabellarisch und graphisch dargestellt und die Zielerreichung mit den dafür umzusetzenden Maßnahmen erläutert.

6.2 Wärmebedarf nach Wärmeversorgungsart bis 2045

Basierend auf den Annahmen in Bezug auf u. a. der Sanierungsquote ergibt sich bis zum Jahr 2045 folgendes Szenario für die Entwicklung des Wärmebedarfs (Nutzenergie) für die individuelle Wärmeversorgung im Prüfgebiet:

Tabelle 22 Wärmebedarf nach Wärmeversorgungsart bis 2045

		2022	2030	2035	2040	2045
Gesamtwärmebedarf	GWh/a	1.629	1.591	1.567	1.544	1.521
Anzahl Endkunden	-	Ca. 168	Ca. 168	Ca. 168	Ca. 168	Ca. 168
Anzahl Gebäude	-	57	57	57	57	57
Anteil erneuerbar Energien ³⁶ ohne Biomasse	%	18	29	37	44	52
	MWh/a	301	465	576	683	786
Anteil Strom für Wärmepumpen	%	6	12	16	19	22
	MWh/a	93	197	247	295	342
Anteil Biomasse	%	5	9	11	14	16
	MWh/a	80	140	176	211	245
Anteil gas- und ölbefuerter Kesselanlagen	%	71	50	36	23	10
	MWh/a	1.155	789	569	355	147
Dez. Wärmeversorgung: Systemvorlauf-temperaturniveau im Durchschnitt	°C	70	65°C	60°C	55°C	50°C
Dez. Wärmeversorgung: Systemrücklauf-temperaturniveau im Durchschnitt	°C	55	50°C	45°C	40°C	35°C

Weitere Parameter, wie der

- Anteil an Abwärme,
- Anteil wasserstoffbefuerter KWK-Anlagen,
- Anteil wasserstoffbefuerter Kesselanlagen,
- Anteil von Müllheiz- und -kraftwerken,
- Anteil gasbefuerter KWK-Anlagen sowie der
- Trassenlänge (Netzgröße)

entfallen, da keine Empfehlung für eine zentrale Wärmeversorgung mit Wärmenetzen ausgesprochen wird.

³⁶ Umweltwärme für dezentrale Wärmepumpen und Solarthermie

6.3 Wärmebedarf nach Energieträgern bis 2045

Basierend auf den Annahmen in Bezug den Ersatz fossiler Energieträger durch erneuerbare Energie und der Sanierung der Wohngebäude wurde das Szenario für die Entwicklung des Wärmebedarfs (Nutzenergie) nach Energieträgern berechnet (siehe Abbildung 18). Die Nutzenergie entspricht der Energie, die den Endverbraucher:innen in Form von Wärme zur Verfügung steht.

Im Folgenden wird betrachtet, wie sich die Zusammensetzung der Energieträger an dem Nutzenergiebedarf durch die Umstellung der Wärmeerzeugungsanlagen auf emissionsfreie oder emissionsarme Energieträger im Zielszenario ändert. Im Jahr 2022 machen fossile Energieträger (Heizöl, Flüssiggas) noch 71 % des Nutzenergiebedarfs in Wittmoldt aus. Der deutlich größere Anteil entfällt auf Heizöl (63 %). Der restliche Bedarf setzt sich aus den Energieträgern Umweltwärme für Luft-Wärmepumpen, Strom für die Luft-Wärmepumpen, Holz/Pellets und Solarthermie zusammen.

Gemäß den Annahmen reduziert sich bis 2045 der Anteil der fossilen Energieträger auf 10 %. Der Anteil des Heizöls am liegt 2045 voraussichtlich bei rund 6,5 %, der Anteil des Flüssiggases bei 3,5 % des Nutzenergiebedarfs. Die anderen Energieträger machen 2045 dementsprechend ein Anteil von 90 % des Nutzenergiebedarfs aus. Der größte Anteil entfällt mit 52 % auf Umweltwärme für Wärmepumpen und Solarthermie.

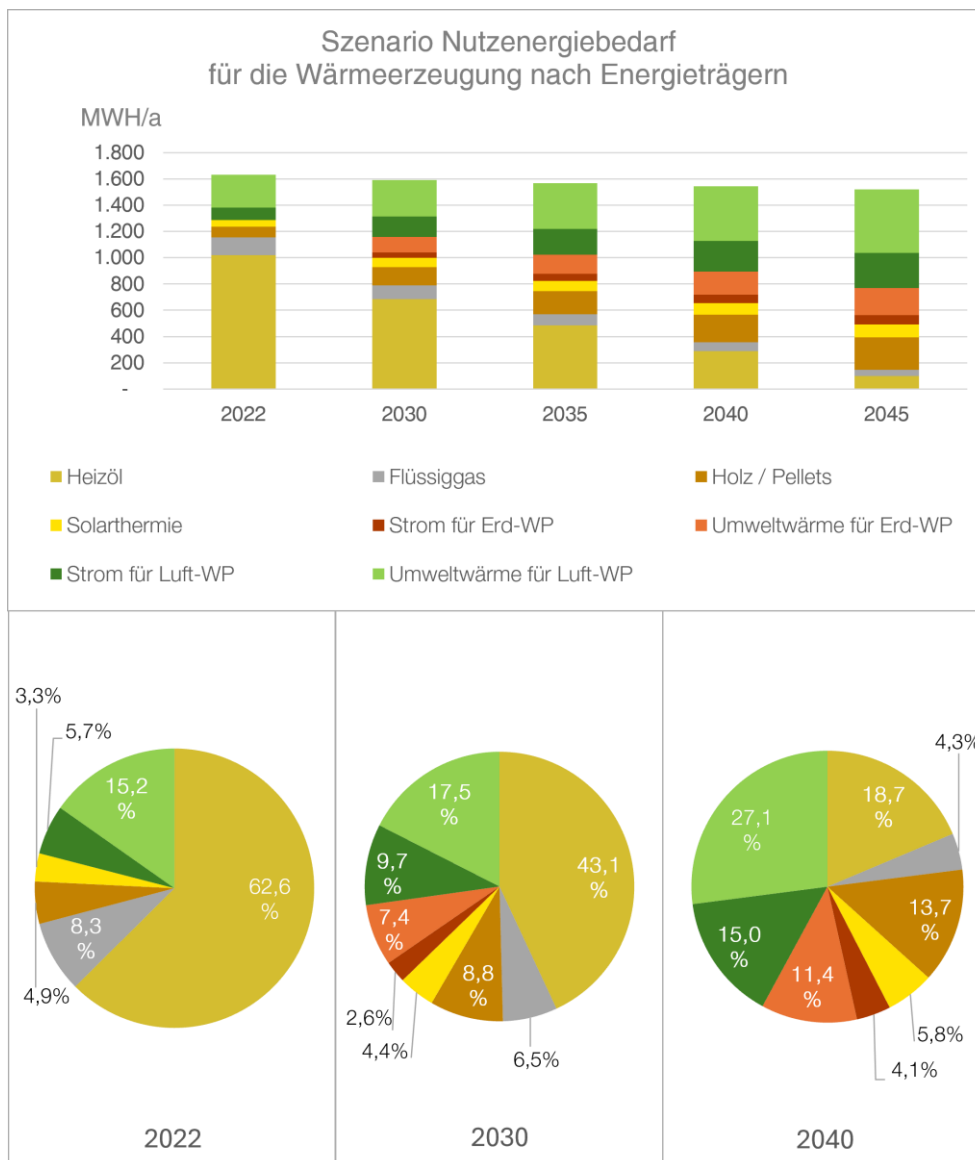


Abbildung 18: Szenario Nutzenergiebedarf für Wärmeerzeugung nach Energieträgern (2022-2045)

6.4 THG-Emissionen nach Energieträgern bis 2045

Wie stark die THG-Emissionen durch die Umstellung der Wärmeerzeugungsanlagen auf emissionsfreie oder emissionsarme Energieträger im Zielszenario gesenkt werden können, stellt Abbildung 19 dar. Die Abbildung schlüsselt die THG-Emissionen nach Energieträgern auf. Im Jahr 2022 fallen ca. 464 t CO₂ für die Wärmeversorgung in Wittmoldt an. Fossile Energieträger (Flüssiggas und Heizöl) machen noch 93 % (432 t CO₂) der Emissionen im Jahr 2022 aus. Gemäß den Annahmen reduzieren sich die THG-Emissionen der fossilen Energieträger bis 2045 auf 37 % (53 t CO₂) der Gesamtemissionen. Insgesamt fallen in Wittmoldt 2045 noch 143 t CO₂ an. Die 2045 noch verbleibenden THG-Emissionen stammen größtenteils aus der Stromnutzung für den Betrieb von Wärmepumpen 58 % (82 t CO₂) und zu 5 % (7 t CO₂) aus Biomasse in Form von Holz.

Sollte es bundesweit gelingen, die Stromerzeugung durch Windkraft und Solarenergie weiter zu dekarbonisieren, könnte so die Wärmeversorgung in Wittmoldt größtenteils treibhausgasneutral werden.

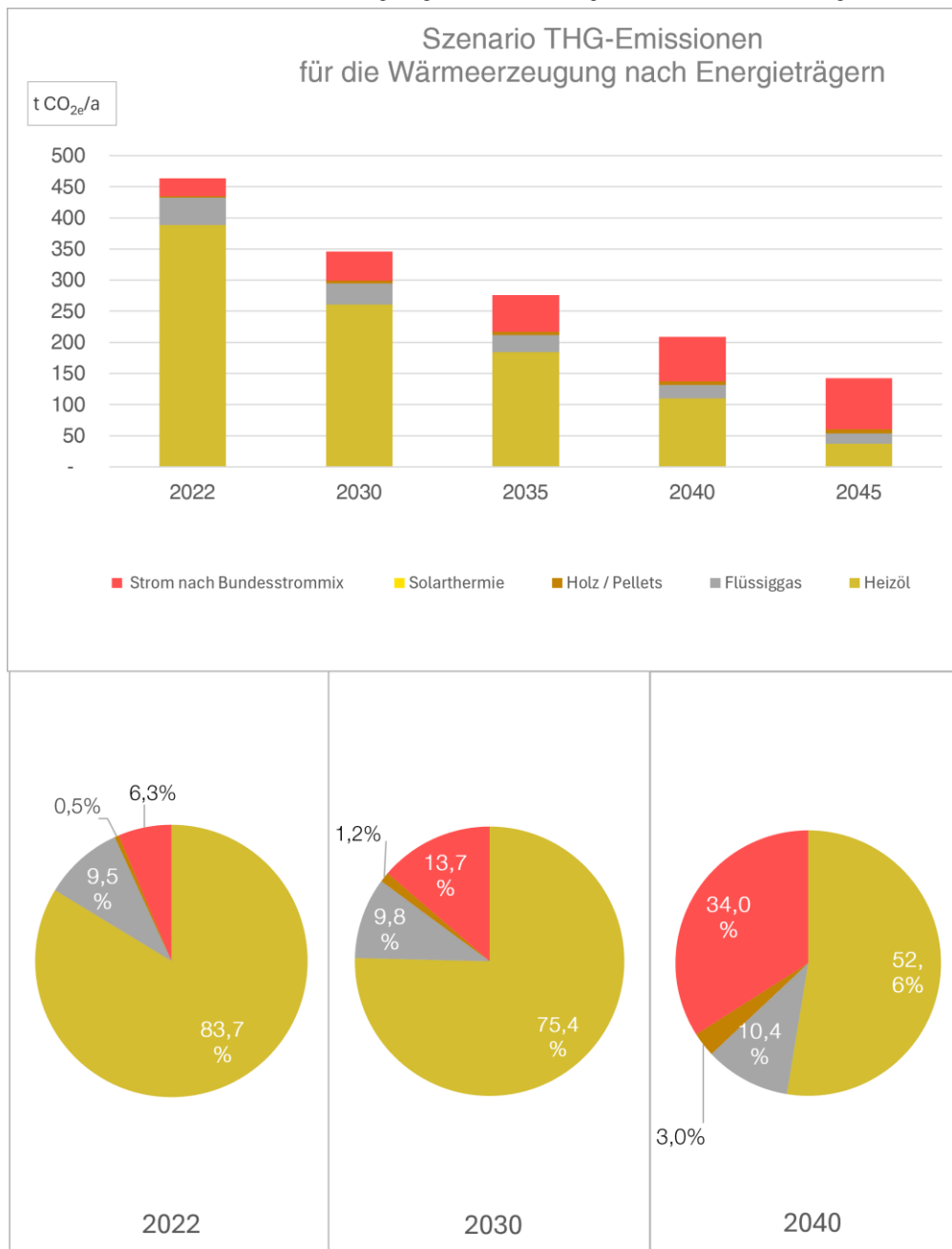


Abbildung 19: Szenario THG-Emissionen für Wärmeerzeugung nach Energieträgern (2022-2045)

Abkürzungsverzeichnis

A	Jahr
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BbergG	Bundesberggesetz
BEG	Bundesförderung für effiziente Gebäude
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BMWK	Bundeswirtschaftsministerium
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
ct	Cent
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
FFH-Gebieten	Flora-Fauna-Habitat-Gebiete
GIS	Geoinformationssystem
JAZ	Jahresarbeitszahl (SCOP)
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kWh	Kilowattstunden
kWp	Kilowatt Peak
KW	Kilowatt
KWK-Anlagen	Kraft-Wärme-Kopplung
LWG	Landeswassergesetze
Mio	Million
MWh	Megawattstunden
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz
NEP	Netzentwicklungsplan Strom
PV	Photovoltaik
SH Netz	Schleswig-Holstein Netz GmbH
THG-Emission	Treibhausgas-Emission
TRT	Thermal-Response-Test
t	Tonnen
W	Watt
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WN	Wärmenetz
WP	Wärmepumpe