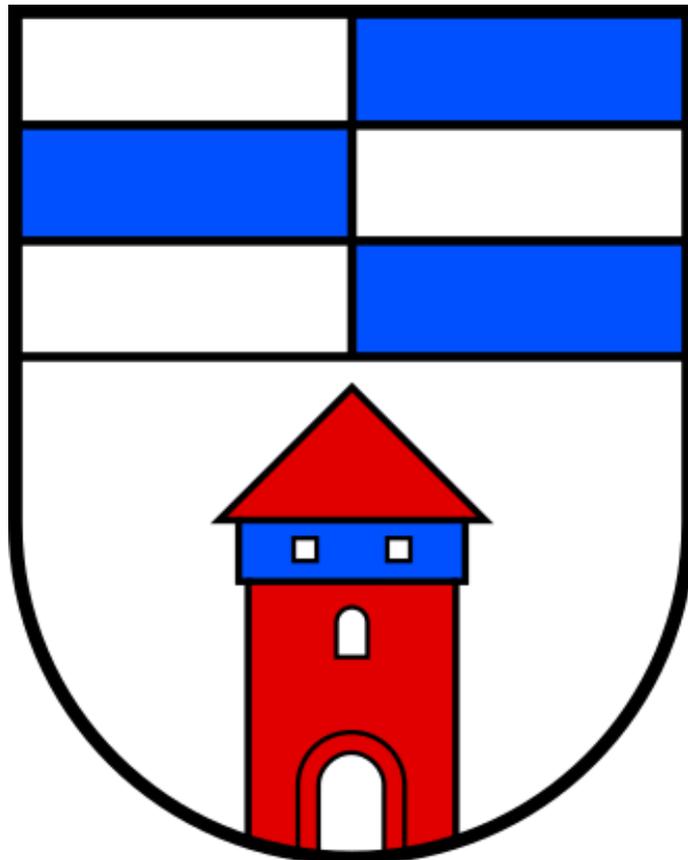


# Kommunale Wärmeplanung

## Abschlussbericht

für die

Gemeinde Wardenburg



## Förderprojekt

Die kommunale Wärmeplanung wurde im Rahmen des Förderprojektes Kommunale Wärmeplanung für die Gemeinde Wardenburg erstellt und aus Mitteln der Nationalen Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert.

Förderkennzeichen: 67K27159

Laufzeit: 01.07.2024 – 30.09.2025

Informationen zum Projektträger: [www.klimaschutz.de](http://www.klimaschutz.de)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz



NATIONALE  
KLIMASCHUTZ  
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Nationale Klimaschutzinitiative

Mit der Nationalen Klimaschutzinitiative initiiert und fördert das Bundesumweltministerium seit 2008 zahlreiche Projekte, die einen Beitrag zur Senkung der Treibhausgasemissionen leisten. Ihre Programme und Projekte decken ein breites Spektrum an Klimaschutzaktivitäten ab: Von der Entwicklung langfristiger Strategien bis hin zu konkreten Hilfestellungen und investiven Fördermaßnahmen. Diese Vielfalt ist Garant für gute Ideen. Die Nationale Klimaschutzinitiative trägt zu einer Verankerung des Klimaschutzes vor Ort bei. Von ihr profitieren Verbraucherinnen und Verbraucher ebenso wie Unternehmen, Kommunen oder Bildungseinrichtungen.

### Auftraggebender:

Gemeinde Wardenburg  
Friedrichstraße 16  
26203 Wardenburg

### © EWE NETZ GmbH in Kooperation mit greenventory GmbH

Dieses Dokument unterliegt dem Copyright der EWE NETZ GmbH. Dieses Dokument in Gänze oder in Teilen zu reproduzieren, zu versenden oder in elektronischer Form auf Web-Seiten oder anders gearteten elektronischen Speichermedien abzulegen, ist nur unter Nennung der Quelle zulässig. Alle Kopien dieses Dokuments müssen diesen Copyright Hinweis enthalten.

EWE NETZ GmbH  
Cloppenburger Straße 302  
26133 Oldenburg

greenventory GmbH  
Georges-Köhler-Allee 302  
79110 Freiburg im Breisgau

Wir vernetzen Ihre Zukunft | [www.ewenetz.de](http://www.ewenetz.de)

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	3
Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
<b>1. Einführung.....</b>	<b>10</b>
1.1. Motivation.....	10
1.2. Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext .....	11
1.3. Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung .....	12
1.4. „Digitaler Zwilling“ als zentrales Arbeitswerkzeug.....	13
1.5. Aufbau des Berichts .....	14
<b>2. Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung .....</b>	<b>15</b>
2.1. Was ist ein Wärmeplan? .....	15
2.2. Gibt es verpflichtende Ergebnisse?.....	15
2.3. Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung? .....	16
2.4. Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet? .....	17
2.5. In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?.....	17
2.6. Kann eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreicht werden?.....	18
2.7. Welchen Mehrwert bietet die Wärmeplanung?.....	18
2.8. Was bedeutet die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans für die Anwohnerschaft? .....	19
<b>3. Bestandsanalyse.....</b>	<b>20</b>
3.1. Das Projektgebiet .....	21
3.2. Datengrundlage und Methodik der Erhebung .....	22
3.3. Gebäudebestand .....	26
3.4. Wärmebedarf .....	32
3.5. Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger .....	34
3.6. Eingesetzte Energieträger .....	38
3.7. Gas- und Stromnetzinfrastruktur .....	40
3.8. Wärmenetze.....	41
3.9. Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung .....	42
3.10. Zusammenfassung und Fazit der Bestandsanalyse.....	46
<b>4. Potenzialanalyse .....</b>	<b>47</b>

4.1.	Erfasste Potenziale .....	48
4.2.	Methode: Indikatorenmodell .....	49
4.3.	Thermische und elektrische Potenziale .....	52
4.3.1.	Potenziale zur Stromerzeugung .....	53
4.3.2.	Potenziale zur Wärmeerzeugung .....	58
4.3.3.	Einsatz von Wasserstoff .....	66
4.3.4.	Sanierung .....	67
4.4.	Zusammenfassung und Fazit der Potenzialanalyse .....	69
<b>5.</b>	<b>Eignungsgebiete für Wärmenetze .....</b>	<b>70</b>
5.1.	Einordnung der Verbindlichkeit zum Neu- und Ausbau von Wärmenetzen .....	71
5.2.	Eignungsgebiete im Projektgebiet .....	72
5.3.	Weitere Prüfgebiete .....	78
<b>6.</b>	<b>Zielszenario .....</b>	<b>79</b>
6.1.	Erneuerbare Beheizungsoptionen und Wärmegestehungskostenvergleich .....	80
6.2.	Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs .....	86
6.3.	Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung .....	87
6.4.	Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung .....	92
6.5.	Entwicklung der eingesetzten Energieträger .....	94
6.6.	Bestimmung der Treibhausgasemissionen .....	96
6.7.	Zusammenfassung des Zielszenarios .....	97
<b>7.</b>	<b>Maßnahmen und Wärmewendestrategie .....</b>	<b>98</b>
7.1.	Übergreifende Wärmewendestrategie .....	99
7.1.1.	Empfehlungen für private Haushalte .....	113
7.2.	Konzept für ein Monitoring der Zielerreichung .....	113
7.2.1.	Monitoringziele .....	114
7.2.2.	Instrumente und Methoden .....	114
7.2.3.	Datenerfassung und -analyse .....	114
7.3.	Kommunikationsstrategie und Berichterstattung .....	115
7.4.	Verstetigungsstrategie .....	115
7.5.	Finanzierung .....	116
7.6.	Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende .....	117
7.7.	Fördermöglichkeiten .....	117
<b>8.</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>119</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>121</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visualisierung der Betrachtungsobjekte im KWP-Prozess .....	12
Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse.....	20
Abbildung 3: Projektgebiet Wardenburg .....	21
Abbildung 4: Gebäudeanzahl nach Sektoren in Wardenburg.....	26
Abbildung 5: Räumliche Gebäudeverteilung nach Sektoren in Wardenburg .....	27
Abbildung 6: Gebäudeanzahl nach Baualtersklassen in Wardenburg .....	28
Abbildung 7: Räumliche Gebäudeverteilung nach Baualtersklassen in Wardenburg.....	29
Abbildung 8: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte) in Wardenburg.....	30
Abbildung 9: Wärmebedarf nach Sektoren in Wardenburg .....	32
Abbildung 10: Räumliche Gebäudeverteilung nach spezifischem Wärmebedarf in Wardenburg.....	33
Abbildung 11: Gesamtleistung jährlich neu installierter Heizsysteme nach Energieträgern, gruppiert in 5-Jahresabschnitten (Summe).....	34
Abbildung 12: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme in Wardenburg.....	35
Abbildung 13: Räumliche Gebäudeverteilung nach Alter der bekannten Heizsysteme in Wardenburg.....	36
Abbildung 14: Wärmebedarf nach Energieträgern in Wardenburg.....	38
Abbildung 15: Räumliche Gebäudeverteilung nach Energieträgern in Wardenburg.....	39
Abbildung 16: Gasnetzinfrastruktur in Wardenburg.....	40
Abbildung 17: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Wardenburg .....	42
Abbildung 18: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern in Wardenburg.....	43
Abbildung 19: Räumliche Gebäudeverteilung der Treibhausgasemissionen in Wardenburg .....	45
Abbildung 20: Vorgehensweise bei der Ermittlung von Potenzialen.....	47
Abbildung 21: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse .....	48
Abbildung 22: Erneuerbare Strompotenziale in Wardenburg .....	53
Abbildung 23: Potenziale von PV-Freiflächen in Wardenburg.....	54
Abbildung 24: Potenziale von PV-Dachflächen in Wardenburg .....	55
Abbildung 25: Potenziale von WEA in Wardenburg.....	56
Abbildung 26: Potenziale von Biomassenutzung in Wardenburg.....	57
Abbildung 27: Erneuerbare Wärmepotenziale in Wardenburg .....	58
Abbildung 28: Potenziale von Solarthermie-Freiflächen in Wardenburg .....	60
Abbildung 29: Potenziale von oberflächennaher Geothermie (Erdwärmekollektoren) in Wardenburg.....	61
Abbildung 30: Potenziale von oberflächennaher Geothermie (Erdwärmesonden) in Wardenburg .....	62
Abbildung 31: Potenziale von Solarthermie-Dachflächen in Wardenburg .....	63
Abbildung 32: Funktionsweise von Biogaseinspeisung.....	65
Abbildung 33: Reduktionspotenzial nach Baualtersklassen in Wardenburg .....	67

Abbildung 34: Vorgehensweise bei der Identifikation von Eignungsgebieten .....	70
Abbildung 35: Räumliche Verteilung von Wärmenetzeignungsgebieten in Wardenburg .....	73
Abbildung 36: Eignungsgebiet Wardenburg „IGS Gesamtschule Am Everkamp“ .....	75
Abbildung 37: Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“ .....	77
Abbildung 38: Prüfgebiete in Wardenburg .....	78
Abbildung 39: Komponenten des Zielszenarios für 2040 .....	79
Abbildung 40: Funktionsschema einer Wärmepumpe .....	80
Abbildung 41: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion nach energetischer Sanierung in Ziel- und Zwischenjahren in Wardenburg .....	86
Abbildung 42: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2040 in Wardenburg.....	87
Abbildung 43: Gebäudeanzahl nach Energieträgern im Jahr 2040 in Wardenburg .....	88
Abbildung 44: Wärmebedarf nach Energieträgern im Jahr 2040 in Wardenburg .....	89
Abbildung 45: Endenergiebedarf nach Energieträgern im Jahr 2040 in Wardenburg .....	90
Abbildung 46: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040 in Wardenburg.....	91
Abbildung 47: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern im Zieljahr 2040 in Wardenburg .....	92
Abbildung 48: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im zeitlichen Verlauf in Wardenburg.....	94
Abbildung 49: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträgern im zeitlichen Verlauf in Wardenburg .....	96
Abbildung 50: Emissionsfaktoren in tCO <sub>2</sub> /MWh (Quelle: KEA-BW 2024) .....	97
Abbildung 51: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios .....	98
Abbildung 52: Gebäude bis Baujahr 1978.....	112

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträgern (KWW-Halle, 2024) .....	44
Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien .....	50
Tabelle 3: Übersicht über definierte Wärmenetzeignungsgebiete in Wardenburg.....	73
Tabelle 4: Wärmegestehungskostenvergleich verschiedener Versorgungsstrukturen mit und ohne Wärmenetz im Jahr 2030 .....	85
Tabelle 5: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien .....	100
Tabelle 6: Kurzübersicht der erarbeiteten Maßnahmen in Wardenburg .....	120

## Abkürzungsverzeichnis

<b>ALKIS</b>	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
<b>BAFA</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<b>BEG</b>	Bundesförderung für effiziente Gebäude
<b>BEW</b>	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
<b>BHKW</b>	Blockheizkraftwerk
<b>BMWK</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
<b>BMWSB</b>	Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen
<b>CO<sub>2</sub>e</b>	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
<b>Dena</b>	Deutsche Energie-Agentur
<b>DVGW e.V.</b>	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
<b>EE</b>	Erneuerbare Energien
<b>GEG</b>	Gebäudeenergiegesetz
<b>GHD</b>	Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor
<b>GIS</b>	Geoinformationssystem
<b>IKK</b>	Investitionskredit Kommunen
<b>IKU</b>	Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen
<b>IWU</b>	Institut Wohnen und Umwelt
<b>KEA-BW</b>	Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg
<b>KEMS</b>	Kommunales Energiemanagementsystem

KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KSG	Klimaschutzgesetz
KWP	Kommunale Wärmeplanung
KWK	Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen
KWW	Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende
LoD2	Level of Detail 2
LPG	Liquified Petroleum Gas
LWK	Landwirtschaftskammer
NKlimaG	Niedersächsisches Klimagesetz
PPP	Public-Private-Partnerships
PV	Photovoltaik
THG	Treibhausgas
WEA	Windenergieanlagen
WLD	Wärmelinieendichte
WPG	Wärmeplanungsgesetz

## 1. Einführung

In den vergangenen Jahren ist zunehmend deutlich geworden, dass Deutschland angesichts des fortschreitenden Klimawandels und internationaler Krisen eine sichere, kosteneffiziente und treibhausgasneutrale Energieversorgung benötigt. Die Wärmeversorgung spielt dabei eine zentrale Rolle. Die kommunale Wärmeplanung (KWP) dient der systematischen Analyse des energetischen Ist-Zustands, der Ermittlung lokaler Potenziale sowie der Bewertung klimafreundlicher Versorgungsoptionen – mit dem Ziel, eine zukunftsfähige Wärmewende zu gestalten. Dabei werden gezielt Gebiete identifiziert, die sich besonders für den Ausbau von Wärmenetzen oder für dezentrale Versorgungslösungen eignen.

Mit dem Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (WPG) welches am 01. Januar 2024 in Kraft trat, wurden die rechtlichen Rahmenbedingungen für die KWP konkretisiert. Das WPG verpflichtet alle Kommunen, mit weniger als 100.000 Einwohnenden, bis spätestens 30. Juni 2028 einen kommunalen Wärmeplan zu erstellen. Dieser muss auf einem gesetzlich definierten Analyseprozess basieren und eine konkrete Handlungsstrategie zur Erreichung der Treibhausgasneutralität der Wärmeversorgung bis 2045 enthalten. Das Gesetz hat unter anderem das Ziel, ab dem 1. Januar 2030 Wärmenetze in Deutschland im bundesweiten Mittel zu 50 % mit unvermeidbarer Abwärme oder erneuerbaren Energien zu speisen. Die Fortschreibung des Wärmeplans hat in einem Abstand von spätestens fünf Jahren zu erfolgen. Die Umsetzung der Maßnahmen selbst ist jedoch nicht Bestandteil der KWP.

### 1.1. Motivation

Angesichts des fortschreitenden Klimawandels hat die Bundesrepublik Deutschland im Klimaschutzgesetz (KSG) das Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 gesetzlich verankert. Das Land Niedersachsen geht noch einen Schritt weiter und strebt gemäß des NKlimaG bereits bis 2040 die vollständige Treibhausgasneutralität an.

Dem Wärmesektor kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da bundesweit rund die Hälfte des gesamten Endenergieverbrauchs auf die Bereitstellung von Wärme und Kälte entfällt (Umweltbundesamt, 2024). Dazu zählen unter anderem Prozesswärme, Raumheizung, Warmwasserbereitung sowie Kälteerzeugung. Während im Stromsektor bereits über 50 % der Energie aus erneuerbaren Quellen stammt, liegt der Anteil im Wärmesektor bislang lediglich bei 18,8 % (Umweltbundesamt, 2023).

Kommunen tragen eine zentrale Verantwortung für die Dekarbonisierung des Wärmesektors. Durch ihre planerischen und steuernden Kompetenzen, ihre Vorbildfunktion sowie durch die Umsetzung konkreter Maßnahmen zur Energieeinsparung und zum Ausbau erneuerbarer Energien leisten sie einen entscheidenden Beitrag zur Erreichung nationaler und internationaler Klimaziele. Die KWP bildet hierfür eine strategische Grundlage.

Vor diesem Hintergrund hat die Gemeinde Wardenburg frühzeitig beschlossen, den Prozess der KWP einzuleiten. Dabei kann sie auf bestehende Konzepte, Strukturen und Erfahrungen aus der kommunalen Energie- und Klimaschutzarbeit zurückgreifen. Diese fließen in die Erstellung des Wärmeplans ein und bilden eine wertvolle Basis für die Entwicklung einer zukunftsfähigen, klimaneutralen Wärmeversorgung.

## 1.2. Ziele der KWP und Einordnung in den planerischen Kontext

Da Investitionen in die Energieinfrastruktur mit hohen Kosten und langen Zykluszeiten verbunden sind, ist eine ganzheitliche Strategie unerlässlich, um eine solide Grundlage für zukünftige Maßnahmen zu schaffen. Die KWP ist ein strategisches Planungsinstrument, welches drei übergreifende Ziele verfolgt:

### 1. Versorgungssicherheit

Das Ziel der Versorgungssicherheit bedeutet, dass die kommunale Wärmeversorgung langfristig stabil und verlässlich gewährleistet ist. Dies umfasst die Bereitstellung von Energie für Heizung und Warmwasser. Die Versorgungssicherheit soll sicherstellen, dass Haushalte, öffentliche Einrichtungen und Unternehmen nicht von plötzlichen Energieengpässen betroffen sind.

### 2. Treibhausgasneutralität

Das Ziel der Treibhausgasneutralität ist es, den Ausstoß von Treibhausgasen aus der Wärmeversorgung so weit wie möglich zu reduzieren und alle verbleibenden Emissionen durch klimafreundliche Maßnahmen auszugleichen. Dies beinhaltet den Einsatz erneuerbarer Energien, die Verbesserung der Energieeffizienz und die Umstellung auf CO<sub>2</sub>-freie Technologien, um die Erderwärmung und die damit verbundenen Klimawandelfolgen zu minimieren.

### 3. Wirtschaftlichkeit

Die Wärmeversorgung ist kosteneffizient zu gestalten, sodass sowohl die Investitions- als auch die Betriebskosten für die Wärmeinfrastruktur angemessen und tragbar bleiben. Dabei sollen Kostenoptimierungen erreicht werden, ohne die Versorgungssicherheit oder Umweltziele zu gefährden, sodass langfristig eine finanzielle Entlastung für Kommunen, Unternehmen und Privathaushalte gewährleistet wird.

Zudem stellt sie eine hochwertige erste Planungsgrundlage für Investitionsentscheidungen in Heizungssysteme sowie die Eingrenzung der möglichen Lösungsansätze und Handlungsoptionen für städtische Energieprojekte dar. Die KWP ist eng mit anderen planerischen Instrumenten wie dem Klimaschutzkonzept oder dem Flächennutzungsplan verknüpft. Durch die Integration der KWP in den planerischen Kontext wird eine ganzheitliche Betrachtung der Energieversorgung möglich. Synergien können genutzt und Maßnahmen effizient koordiniert werden, um die Durchführung von Vorstudien, Machbarkeitsstudien, die Planung und Realisierung von Quartierskonzepten sowie die Entwicklung und Ausführung von sowohl öffentlichen als auch privaten Bauprojekten erfolgreich zu gestalten. Somit profitiert von dieser erhöhten Planungssicherheit neben der Kommune auch die Bevölkerung der Kommune.

### 1.3. Erarbeitung der kommunalen Wärmeplanung

Die KWP gliedert sich in vier aufeinanderfolgende Prozessphasen, die systematisch durchlaufen werden (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Visualisierung der Betrachtungsobjekte im KWP-Prozess

Den Auftakt bildet die Bestandsanalyse, in der die aktuelle Situation der Wärmeversorgung in der Gemeinde Wardenburg umfassend untersucht wurde. Zunächst erfolgte eine Erfassung der vorhandenen Gebäudetypen und ihrer Baualtersklassen. Darauf aufbauend wurden der aktuelle Wärmebedarf und -verbrauch sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen ermittelt. Auch die bestehende Infrastruktur der Gas- und Wärmenetze wurde analysiert. Die Beheizungsstrukturen in Wohn- und Nichtwohngebäuden konnten so detailliert erfasst werden. Ergänzend wurden bereits genutzte erneuerbare Energiequellen dokumentiert, um ein vollständiges Bild des energetischen Ist-Zustands zu erhalten.

In der anschließenden Potenzialanalyse wurden die lokalen Möglichkeiten zur Energieeinsparung sowie zur Nutzung erneuerbarer Energien für die Wärme- und Stromerzeugung untersucht. Ziel war es, Bereiche zu identifizieren, in denen Effizienzmaßnahmen sinnvoll umgesetzt werden können, um den Energieverbrauch nachhaltig zu senken. Gleichzeitig wurde geprüft, in welchem Umfang erneuerbare Energiequellen wie Solarenergie, Geothermie, Biomasse oder Abwärme zur Deckung des lokalen Energiebedarfs beitragen können. Diese Analyse bildet die Grundlage für eine langfristig klimafreundliche und resiliente Energieversorgung in der Kommune.

Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde im dritten Schritt ein Zielszenario für die zukünftige Wärmeversorgung entwickelt. Dabei wurden Eignungsgebiete für den Ausbau von Wärmenetzen sowie geeignete Energiequellen identifiziert. Ebenso wurden Bereiche bestimmt, in denen dezentrale Wärmeversorgungs-lösungen besonders geeignet erscheinen. Das Zielszenario beschreibt eine mögliche räumlich differenzierte Versorgungsstruktur für das Jahr 2045 und dient als strategische Orientierung für die weitere Planung.

Im vierten und letzten Schritt wurde eine Gesamtstrategie zur Umsetzung der Wärmewende formuliert. Daraus wurden konkrete Maßnahmen abgeleitet, priorisiert und als erste Umsetzungsschritte für die kommenden fünf Jahre festgelegt. Die Entwicklung dieser Maßnahmen erfolgte unter aktiver Beteiligung der Verwaltung der Gemeinde Wardenburg sowie weiterer lokaler Mitwirkender. Ihre Kenntnisse der örtlichen Gegebenheiten waren entscheidend für die realistische und praxisnahe Ausgestaltung der Maßnahmen. Die Gemeinde Wardenburg wurden eng in den Planungsprozess eingebunden und wirkten bei der Validierung von Analysen sowie der Ausweisung von Wärmenetzeignungsgebieten mit.

Es ist zu betonen, dass die KWP ein dynamischer und fortlaufender Prozess ist. Sie muss regelmäßig überprüft, weiterentwickelt und an neue technische, rechtliche und gesellschaftliche Rahmenbedingungen angepasst werden. Der kontinuierliche Austausch und die enge Zusammenarbeit aller beteiligten Akteurinnen und Akteure tragen maßgeblich zur Qualität und Wirksamkeit des Wärmeplans bei.

#### **1.4. „Digitaler Zwilling“ als zentrales Arbeitswerkzeug**

Ein zentrales Merkmal der KWP ist der Einsatz eines sogenannten digitalen Zwillings. Dieser wurde von der Firma greenventory GmbH entwickelt und dient als zentrales Arbeitsinstrument für alle Projektbeteiligten. Der digitale Zwilling ist ein spezialisiertes, interaktives Kartentool, das ein virtuelles, gebäudescharfes Abbild des gesamten Gebiets der Kommune darstellt. Er bildet nicht nur die Grundlage für sämtliche Analysen, sondern fungiert zugleich als zentrale Plattform für die Datenhaltung und -verarbeitung im Projekt.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Werkzeugs liegt in der hohen Datenqualität und -konsistenz, die für fundierte Analysen und belastbare Entscheidungen unerlässlich ist. Durch die Integration verschiedenster Datenquellen – etwa zu Gebäudestrukturen, Energieverbräuchen, Versorgungsnetzen und erneuerbaren Potenzialen – entsteht ein umfassendes, dynamisches Abbild der realen Wärmeinfrastruktur. Dieses kann kontinuierlich aktualisiert und erweitert werden, wodurch auch zukünftige Entwicklungen und Szenarien simuliert und bewertet werden können.

Darüber hinaus erleichtert der digitale Zwilling die Zusammenarbeit innerhalb des Projektteams erheblich. Alle Beteiligten können auf einer gemeinsamen Plattform arbeiten, Informationen austauschen und Planungsstände transparent nachvollziehen. Dies trägt wesentlich zu einer effizienten und koordinierten Prozessgestaltung bei.

Nicht zuletzt eignet sich der digitale Zwilling hervorragend für die Kommunikation der Projektergebnisse. Komplexe Sachverhalte und technische Zusammenhänge lassen sich anschaulich visualisieren und so auch für nicht fachlich vorgebildete Interessensgruppen verständlich aufbereiten. Damit wird der digitale Zwilling nicht nur zu einem technischen Werkzeug, sondern auch zu einem wichtigen Instrument für Beteiligung, Transparenz und Akzeptanz in der kommunalen Wärmewende.

## 1.5. Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht ist in acht Kapitel gegliedert. Nach der Einführung, in welcher, Zielsetzung und methodisches Vorgehen erläutert werden, folgen in den Kapiteln über die Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung grundlegende Informationen zur KWP. Die folgenden Kapitel Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Eignungsgebiete für Wärmenetze und Zielszenario bilden den Kern des Berichts und behandeln die vier Phasen der Wärmeplanung. Das Kapitel der Eignungsgebiete für Wärmenetze enthält Steckbriefe zu den identifizierten Wärmenetzeignungsgebieten, die eine detaillierte räumliche Einordnung ermöglichen. Kapitel 7 stellt die entwickelten Maßnahmen und die übergreifende Wärmewendestrategie vor, die das Herzstück der Wärmewendestrategie bilden. Den Abschluss bildet das Fazit mit einer Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse der KWP und einem Ausblick.

## 2. Grundlagen der kommunalen Wärmeplanung

Dieser Abschnitt bietet eine Einführung in die Thematik der KWP sowie eine sorgfältig zusammengestellte Auswahl der wichtigsten und am häufigsten gestellten Fragen.

### 2.1. Was ist ein Wärmeplan?

Der Wärmeplan ist ein strategisches Instrument zur vorausschauenden und integrierten Gestaltung der kommunalen Wärmeversorgung. Ziel ist es, den zukünftigen Wärmebedarf methodisch zu prognostizieren und auf dieser Grundlage eine treibhausgasneutrale, sichere und wirtschaftlich tragfähige Versorgung zu gewährleisten.

Der Plan umfasst die Analyse der aktuellen Versorgungssituation, die Abschätzung des zukünftigen Wärmebedarfs sowie die Identifikation lokaler Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien und zur Steigerung der Energieeffizienz. Diese Erkenntnisse fließen in ein räumlich differenziertes Zielszenario ein, das als Leitbild für die künftige Wärmeversorgung dient.

Darüber hinaus beinhaltet der Wärmeplan die Entwicklung konkreter Strategien und Maßnahmen, die als erste Schritte zur Zielerreichung umgesetzt werden sollen. Der Plan ist dabei spezifisch auf die Gegebenheiten und Bedürfnisse der jeweiligen Kommune zugeschnitten, um lokale Rahmenbedingungen bestmöglich zu berücksichtigen.

### 2.2. Gibt es verpflichtende Ergebnisse?

Der Wärmeplan dient als strategischer Fahrplan zur Gestaltung einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung und liefert erste Handlungsempfehlungen sowie fundierte Entscheidungsgrundlagen für die relevanten Mitwirkenden. Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen ermöglichen es, kommunale Prioritäten und Planungen gezielt auf dieses Ziel auszurichten. Ergänzend werden konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, die sowohl den Ausbau der Wärmeversorgungsinfrastruktur als auch die Integration erneuerbarer Energien betreffen.

Nach Ende der Projektlaufzeit liegt das Ergebnis der KWP der Kommune in Form einer umfassenden Transformationsstrategie vor. Diese enthält einen konkreten Maßnahmenkatalog zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Bereich der Wärmeversorgung innerhalb der Kommune. Die Ergebnisse und Empfehlungen bilden eine zentrale Grundlage für die weitere Kommunen- und Energieplanung – sowohl für die Verwaltung als auch für politische Entscheidungsgremien.

Die KWP ist dabei kein einmaliger Vorgang, sondern ein fortlaufender Prozess. Sie muss regelmäßig überprüft, an neue technische und gesetzliche Entwicklungen angepasst und im Dialog mit relevanten Mitwirkenden – wie Energieversorgern, Industrie, Handwerk und Verwaltung – weiterentwickelt werden.

Durch diese kontinuierliche Zusammenarbeit bleibt der Wärmeplan ein lebendiges Instrument der kommunalen Energiewende und trägt langfristig zur Klimaneutralität bei.

### 2.3. Wie ist der Zusammenhang zwischen GEG, BEG und kommunaler Wärmeplanung?

Die gesetzliche Grundlage für Energieeffizienz und Klimaschutz im Gebäudesektor ist komplex und vielschichtig. Zentrale Instrumente sind das Gebäudeenergiegesetz (GEG), die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) sowie die KWP, geregelt durch das NKlimaG und das Wärmeplanungsgesetz des Bundes (WPG). Obwohl diese Regelwerke auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen, verfolgen sie ein gemeinsames Ziel: die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Förderung einer nachhaltigen, effizienten Energieversorgung.

Das GEG definiert die energetischen Mindestanforderungen an Gebäude sowie den Einsatz erneuerbarer Energien. Die BEG flankiert diese Vorgaben durch finanzielle Anreize für Sanierungen und Neubauten, die über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgehen. Die KWP ergänzt diese Instrumente durch eine strategische Perspektive auf die Wärmeversorgung im gesamten Gebiet der Kommune.

Ein zentrales Element des GEG ist die 65 %-Regelung (§ 71 GEG): Für Neubauten, deren Bauantrag nach dem 1. Januar 2024 gestellt wird, dürfen nur noch Heizsysteme installiert werden, die mindestens 65 % erneuerbare Energien nutzen. Bei Bestandsgebäuden gilt die 65 %-Regelung nach § 71 (8) GEG ab dem 01. Juli 2028. Dies kann z. B. durch den Einsatz von Wärmepumpen, Photovoltaik, Biogas oder andere klimaneutrale Energieträger erfüllt werden.

Diese Vorgaben sind eng mit dem Stand der KWP verzahnt. In Gebieten, die durch Satzung als Wärmenetzausbaugebiete oder Wasserstoffnetzausbaugebiete ausgewiesen wurden (§ 26 WPG), gelten die 65 %-Vorgaben bereits einen Monat nach Bekanntgabe. Für Wärmenetze gilt eine Übergangsfrist von zehn Jahren, für Wasserstoffnetze bis zu deren vollständiger Inbetriebnahme – spätestens jedoch bis Ende 2044. Während dieser Übergangsphasen dürfen auch Heizsysteme eingebaut werden, die die 65 %-Anforderung noch nicht erfüllen. Bestehende Heizungen dürfen weiterhin betrieben und repariert werden.

Wichtig ist: Die Ausweisung solcher Gebiete erfolgt nicht durch den Wärmeplan selbst, sondern ausschließlich durch eine separate Satzung des Rats der Kommune. Der Wärmeplan (§ 23 (4) WPG) entfaltet keine unmittelbare Rechtswirkung und begründet keine einklagbaren Rechte oder Pflichten.

Für bereits bestehende Wärmepläne, die nach dem NKlimaG erstellt wurden, gilt ein Bestandsschutz, sofern sie mit Bundes- oder Landesmitteln gefördert wurden oder anerkannten Leitfäden entsprechen und im Wesentlichen den Anforderungen des WPG genügen.

Die BEG fungiert als zentrales Umsetzungsinstrument: Sie unterstützt Eigentümerinnen und Eigentümer dabei, die Anforderungen des GEG zu erfüllen oder zu übertreffen, und erleichtert so die Umsetzung der KWP.

Insbesondere in Neubaugebieten können Kommunen über die gesetzlichen Mindeststandards hinausgehen und ambitioniertere Ziele in ihre Wärmeplanung integrieren – etwa durch die Festlegung höherer Effizienzstandards oder den gezielten Ausbau erneuerbarer Wärmenetze.

In der Praxis greifen GEG, BEG und KWP ineinander und bilden ein abgestimmtes Instrumentensystem zur Förderung einer klimafreundlichen und zukunftssicheren Wärmeversorgung.

#### **2.4. Welche Gebiete sind prinzipiell für den Bau von Wärmenetzen geeignet?**

Im Rahmen der KWP wurden sogenannte Eignungsgebiete identifiziert – also Bereiche, die sich aufgrund ihrer strukturellen und energetischen Merkmale besonders gut für den Ausbau von Wärmenetzen eignen. Ein zentrales Kriterium bei der Auswahl dieser Gebiete ist die Wärmelinien-dichte, also die Menge an Wärmebedarf pro Meter Straßenlänge. Eine hohe Wärmelinien-dichte ermöglicht eine besonders effiziente und wirtschaftliche Versorgung über ein Wärmenetz.

Darüber hinaus wird die Eignung durch die Nähe zu potenziellen Wärmequellen – etwa Industrieanlagen, Klärwerken oder Biomasseheizkraftwerken – sowie zu größeren Wärmesenken wie Wohn- oder Gewerbegebieten begünstigt. Diese räumliche Nähe von Quelle und Verbrauch schafft Synergien, die eine ressourcenschonende und kosteneffiziente Wärmeversorgung ermöglichen.

In den identifizierten Eignungsgebieten erscheint eine vertiefte Planung daher besonders sinnvoll und vielversprechend – sowohl aus technischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht.

#### **2.5. In welchen Gebieten werden Wärmenetze ausgebaut?**

Auf Basis der identifizierten Eignungsgebiete können in einem nachgelagerten Schritt konkrete Ausbaupläne für Wärmenetzausbaugebiete entwickelt werden. Diese Pläne berücksichtigen neben der Wärmebedarfsdichte auch weitere Kriterien wie die wirtschaftliche Tragfähigkeit, die technische Machbarkeit sowie die Verfügbarkeit lokaler Ressourcen.

Die Erstellung dieser Ausbaupläne obliegt der Kommune in Zusammenarbeit mit Projektentwicklern und Wärmenetzbetreibern. Der Ausbau der Wärmenetze soll schrittweise bis zum Jahr 2040 erfolgen und wird maßgeblich von infrastrukturellen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen beeinflusst. Sobald entsprechende Ausbaupläne vorliegen, werden sie von der Kommune veröffentlicht.

## 2.6. Kann eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung erreicht werden?

Die Umsetzung des kommunalen Wärmeplans schafft grundsätzlich die Voraussetzungen dafür, die Treibhausgasneutralität im Wärmesektor bis zum angestrebten Zieljahr 2040 zu erreichen. Allerdings ist dieses Ziel nicht ausschließlich auf lokaler Ebene vollständig realisierbar. Der Grund dafür liegt in der Verfügbarkeit emissionsfreier Technologien sowie in der Tatsache, dass einige derzeit genutzte oder künftig verfügbare Wärmequellen weiterhin Treibhausgase emittieren. In dem Zusammenhang sind Wärmepumpen zu nennen, die mit Strom aus dem öffentlichen Stromnetz betrieben werden. Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien wie Windenergieanlagen und PV-Anlagen, sinkt der THGE-Faktor des Bundesstrommixes sukzessive, so dass die Emissionen einer Wärmepumpe erst im Zeitverlauf auf 0 g/kWh sinken. Dennoch sind Wärmepumpen wegen ihrer hohen Effizienz bereits klimafreundlicher als der Betrieb eines Erdgaskessels.

Hinzu kommen infrastrukturelle und wirtschaftliche Herausforderungen: Der vollständige Umstieg auf klimaneutrale Versorgungslösungen erfordert erhebliche Investitionen und ist mit langen Planungs- und Umsetzungszeiträumen verbunden. In der Folge verbleiben sogenannte Restemissionen, z.B. durch die Verbrennung von Abfällen, die durch geeignete Kompensationsmaßnahmen ausgeglichen werden müssen.

Auch wenn die vollständige Treibhausgasneutralität allein durch die im Wärmeplan vorgesehenen Maßnahmen nicht garantiert werden kann, stellen diese dennoch einen entscheidenden Schritt in Richtung Klimaneutralität dar. Sie schaffen die strukturellen und planerischen Grundlagen für eine nachhaltige Transformation des Wärmesektors und leisten damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der übergeordneten Klimaziele.

## 2.7. Welchen Mehrwert bietet die Wärmeplanung?

Die Umsetzung einer KWP bietet vielfältige Vorteile. Durch das koordinierte Zusammenspiel von strategischer Wärmeplanung, integrierten Quartierskonzepten und privaten Initiativen kann eine kosteneffiziente und zielgerichtete Wärmewende realisiert werden. Dies trägt dazu bei, Fehlinvestitionen zu vermeiden und das Investitionsrisiko für alle Beteiligten deutlich zu senken. Insbesondere durch die gezielte Eingrenzung potenzieller Ausbaugebiete für Wärmenetze wird die Planungssicherheit erhöht und das Risiko für Fehlentscheidungen minimiert.

Eine fundierte Planungsgrundlage ermöglicht es, frühzeitig relevante Daten zu erfassen, zu analysieren und in Entscheidungsprozesse einzubinden. Diese vorausschauende Auseinandersetzung mit lokalen Gegebenheiten und Potenzialen schafft Orientierung – sowohl für kommunale Akteurinnen und Akteure als auch für Bürgerinnen und Bürger. Sie fördert die Transparenz, stärkt die Akzeptanz und erhöht die Bereitschaft zur aktiven Mitwirkung.

Insgesamt leistet die KWP einen wesentlichen Beitrag zur Gestaltung einer zukunftssicheren, klimafreundlichen und sozial verträglichen Energieversorgung.

## 2.8. Was bedeutet die Erstellung eines kommunalen Wärmeplans für die Anwohnerschaft?

Die KWP dient in erster Linie als strategische Planungsgrundlage und identifiziert potenzielle Handlungsfelder für die Kommune. Die im Wärmeplan ausgewiesenen Eignungsgebiete für Wärmenetze oder dezentrale Versorgungslösungen sowie die vorgeschlagenen Maßnahmen sind dabei als Orientierungshilfe zu verstehen – nicht als verbindliche Vorgaben. Vielmehr bilden sie eine fundierte Ausgangsbasis für weiterführende Überlegungen in der kommunalen Planung und Energieplanung und sollten an den relevanten Schnittstellen berücksichtigt werden.

Insbesondere bei der Entwicklung von Wärmenetzen – aber auch in Gebieten, die perspektivisch nicht für den Netzanschluss geeignet sind – ist eine frühzeitige Information und Einbindung der Bevölkerung vorgesehen. So kann sichergestellt werden, dass individuelle Entscheidungen zur Umstellung der Wärmeversorgung im Einklang mit der kommunalen Planung getroffen werden (BMWK, 2023).

**Ich lebe zur Miete:** Informieren Sie sich über mögliche geplante Maßnahmen und suchen Sie das Gespräch mit Ihrer Vermieterin oder Ihrem Vermieter, um sich über bevorstehende Änderungen auszutauschen.

**Ich besitze Gebäudeeigentum:** Berücksichtigen Sie die Empfehlungen des kommunalen Wärmeplans bei Sanierungen oder Neubauten. Prüfen Sie die Wirtschaftlichkeit möglicher Maßnahmen auf Gebäudeebene – etwa energetische Sanierungen, den Einbau einer Wärmepumpe oder den Anschluss an ein Wärmenetz – im Hinblick auf langfristige Wertsteigerung und mögliche Auswirkungen auf Mietverhältnisse. Achten Sie bei der Umsetzung auf eine transparente Kommunikation mit den Mietparteien, da Sanierungsmaßnahmen mit temporären Einschränkungen und Kostensteigerungen verbunden sein können.

Ermitteln Sie, ob sich Ihre Immobilie in einem ausgewiesenen Eignungsgebiet für den Wärmenetzausbau befindet. Ist dies der Fall, können Sie sich bei der Verwaltung der Gemeinde Wardenburg über konkrete Ausbaupläne informieren. Liegt Ihre Immobilie außerhalb dieser Gebiete, ist ein kurzfristiger Anschluss an ein Wärmenetz eher unwahrscheinlich. Dennoch stehen zahlreiche Alternativen zur Verfügung, um die Energieeffizienz zu steigern und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren. Dazu zählen etwa Heizsysteme auf Basis erneuerbarer Energien – wie Wärmepumpen mit Luft-, Erd- oder Grundwasserquellen – sowie Photovoltaikanlagen zur Eigenstromversorgung.

Auch energetische Sanierungsmaßnahmen wie die Dämmung von Dach und Fassade, der Austausch von Fenstern, der hydraulische Abgleich der Heizungsanlage oder der Einbau moderner Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung können einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplans kann dabei helfen, Maßnahmen sinnvoll zu priorisieren und schrittweise umzusetzen.

Zudem stehen verschiedene Förderprogramme zur Verfügung – von der BEG bis hin zu kommunalen Angeboten. Eine qualifizierte Energieberatung kann Sie dabei unterstützen, passende Maßnahmen zu identifizieren und auf Ihre individuellen Bedürfnisse abzustimmen.

### 3. Bestandsanalyse

Die Grundlage der KWP bildet eine detaillierte Analyse der aktuellen Ist-Situation, gestützt auf eine umfassende und sorgfältig aufbereitete Datenbasis. Diese Daten wurden digital erfasst, systematisch ausgewertet und für die Bestandsanalyse nutzbar gemacht. Dabei flossen zahlreiche Datenquellen zusammen, die integriert und allen Beteiligten der Wärmeplanung zur Verfügung gestellt wurden.

Die Bestandsanalyse liefert einen fundierten Überblick über den aktuellen Energiebedarf, die Energieverbräuche, die bestehende Versorgungsstruktur, die eingesetzten Energieträger, die Gebäudestruktur sowie die damit verbundenen Treibhausgasemissionen im kommunalen Kontext (siehe Abbildung 2). Sie bildet damit das Fundament für alle weiteren Planungsschritte.

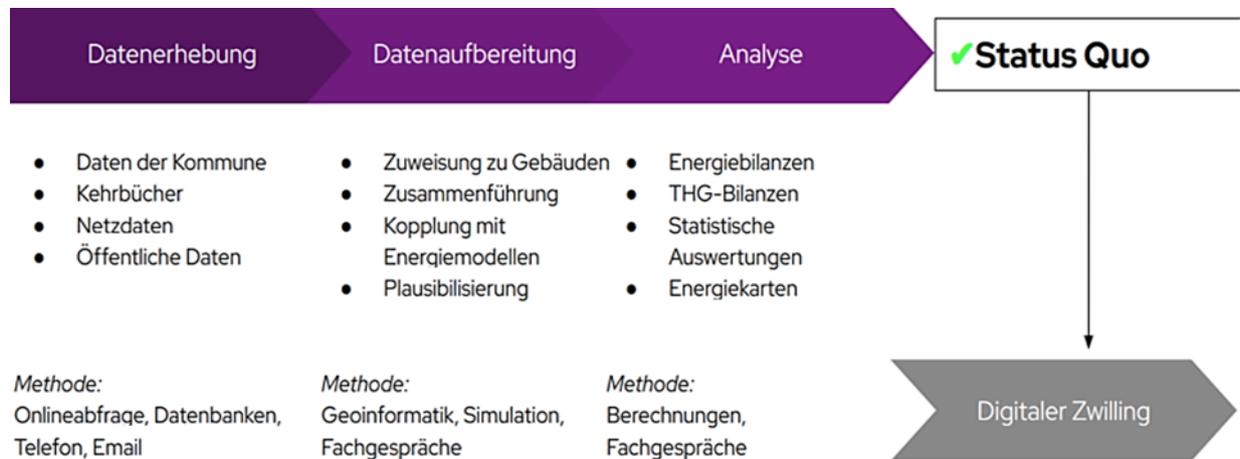
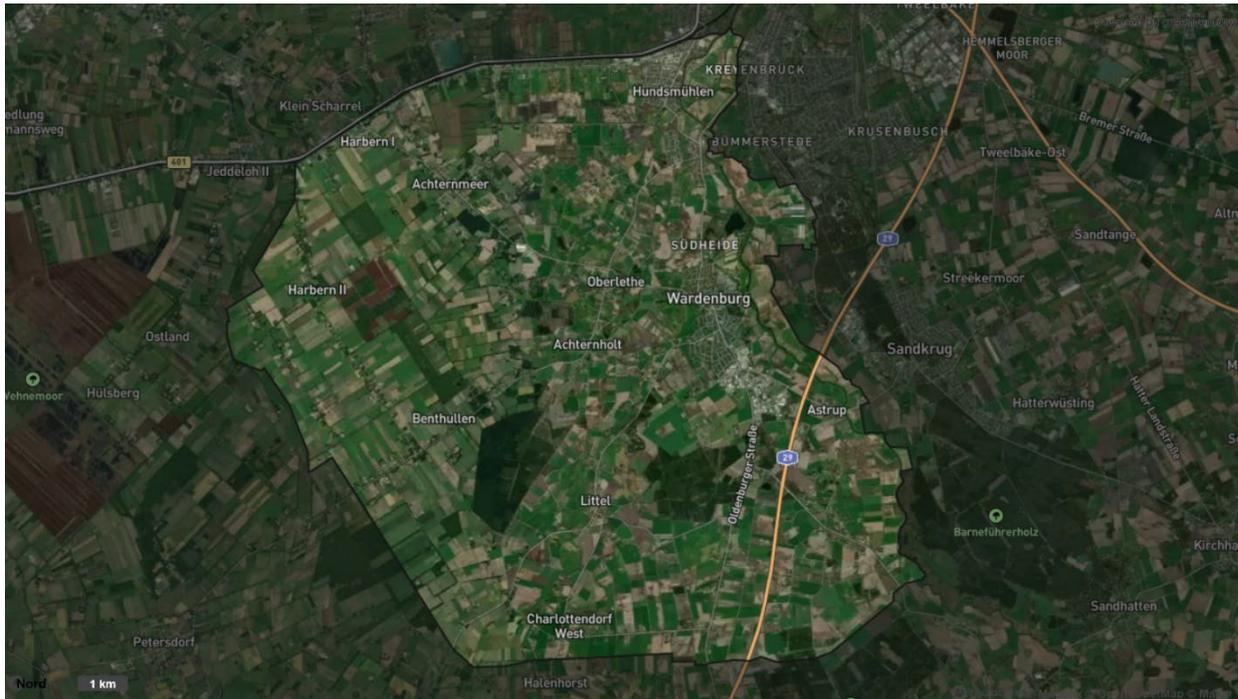


Abbildung 2: Vorgehen bei der Bestandsanalyse

### 3.1. Das Projektgebiet

Die Gemeinde Wardenburg liegt im Nordwesten Niedersachsens im Landkreis Oldenburg (siehe Abbildung 3), südlich von Oldenburg, und erstreckt sich über eine Fläche von rund 118,7 km<sup>2</sup>. Zum Stichtag 31. Dezember 2024 lebten in der Gemeinde insgesamt 17.570 Einwohnerinnen und Einwohner, was einer Bevölkerungsdichte von etwa 148 Personen pro Quadratkilometer entspricht. (Quelle: [www.wardenburg.de](http://www.wardenburg.de))



**Abbildung 3: Projektgebiet Wardenburg**

Das Gebiet der Gemeinde Wardenburg zeichnet sich durch eine abwechslungsreiche Landschaftsstruktur aus, die landwirtschaftlich genutzte Flächen, naturnahe Räume, Biototypen sowie kleinere Siedlungszentren umfasst. Die Gemeinde hat einen eigenen Landschaftsplan entwickelt, der die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege konkretisiert. Die ländlich geprägte Umgebung mit ihren 18 Ortsteilen, darunter bedeutende Ortsteile wie Achternmeer, Littel, Tungeln, Hundsmühlen, Benthullen, Oberlethe und Westerholt, bietet eine hohe Lebensqualität und verbindet naturnahes Wohnen mit der Nähe zur Stadt Oldenburg und zur Metropolregion Bremen. (Quelle: [www.wardenburg.de](http://www.wardenburg.de))

Die Wirtschaftsstruktur Wardenburgs ist durch einen gesunden Mittelstand, Handwerksbetriebe und Dienstleistungsunternehmen geprägt. Die Gemeinde bietet fünf großzügige und gut erschlossene Gewerbegebiete mit über 95 Hektar Fläche, was sie zu einem attraktiven Standort für junge und etablierte Unternehmen macht. Die niedrigen Gewerbesteuersätze und die Nähe zu den Wirtschaftsregionen Oldenburg, Bremen und Bremerhaven schaffen zusätzliche Beschäftigungsmöglichkeiten und stärken Wardenburg als Wohn- und Arbeitsstandort. Ergänzt wird das wirtschaftliche Profil durch lokale Betriebe in den Bereichen Bau, Logistik, Gesundheitswesen sowie durch Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung und Bildung. (Quelle: [www.wardenburg.de](http://www.wardenburg.de))

### 3.2. Datengrundlage und Methodik der Erhebung

Die KWP basiert auf einer fundierten Bestandsaufnahme des Wärmebedarfs sowie der bestehenden Versorgungsstruktur in der Gemeinde Wardenburg. Die Methodik zur Datenerhebung richtet sich dabei konsequent nach den Vorgaben des NKlimaG.

Gemäß § 20 (4) Nr. 1 NKlimaG bildet eine systematische und qualifizierte Erhebung des aktuellen Wärmebedarfs bzw. -verbrauchs sowie der damit verbundenen Treibhausgasemissionen die Grundlage für die KWP.

Die rechtliche Ermächtigungsgrundlage zur Erhebung der hierfür erforderlichen – teils sensiblen – Daten liefert § 21 NKlimaG. Dieser Paragraph räumt der Kommune die entsprechenden Befugnisse ein und verpflichtet zugleich relevante Datenhaltende zur Mitwirkung.

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden zunächst die Verbrauchsdaten für Wärme systematisch erhoben – einschließlich der Gasverbräuche und der relevanten Stromverbräuche zu Heizzwecken. Auf Grundlage des § 21 NKlimaG wurden zudem die bevollmächtigten Schornsteinfegerinnen und -feger zur Bereitstellung der elektronischen Kkehrbücher angefragt und entsprechend autorisiert. Ergänzend wurden bei der Gemeinde Wardenburg ortsspezifische Daten aus den Planungs- und Geoinformationssystemen (GIS) angefragt.

Bei der Erstellung eines kommunalen Wärmeplans ist es üblich und fachlich geboten, unterschiedliche Datenstände und Zeiträume bei der Analyse zu verwenden. Dies liegt daran, dass verschiedene Datenquellen unterschiedliche Aktualität, Genauigkeit und Anwendungszwecke besitzen, welche sich ergänzen und gemeinsam ein aussagekräftiges Gesamtbild ermöglichen.

Die wesentlichen Datenquellen für die Bestandsanalyse umfassten:

- Statistik- und Katasterdaten aus dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS)
- Strom- und Gasverbrauchsdaten, bereitgestellt durch den zuständigen Netzbetreiber
- Informationen zu bestehenden Wärmenetzen
- Auszüge aus den elektronischen Kehrbüchern der Schornsteinfeger mit Angaben zu Feuerstätten
- Leitungsverläufe des Gas- und Abwassernetzes
- Daten zu industriellen Abwärmequellen, erhoben durch Befragungen lokaler Betriebe
- 3D-Gebäudemodelle (LoD2)

#### **Verbrauchsdaten mit mehrjährigem Betrachtungszeitraum:**

Die Verbrauchsdaten der Energieversorger werden in der Regel über mehrere Jahre gesammelt und der Medianwert verwendet, um saisonale, witterungsbedingte und nutzungsbedingte Schwankungen auszugleichen. Dies ist eine etablierte Methodik, die auch von Forschungseinrichtungen und kommunalen Planungsstellen empfohlen wird. Der Median über mehrere Jahre sichert eine stabile und robuste Datengrundlage, da einzelne Ausreißer oder außergewöhnliche Wetterjahre die Analyse nicht verzerren. In der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Wardenburg wurden die Verbrauchsdaten von 2020 bis 2022 verwendet.

#### **Schornsteinfegerdaten:**

Die Kehrbuchdaten der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfeger sind meist aktueller, da sie regelmäßig und zeitnah geführt werden und die tatsächliche Ausstattung der Feuerstätte (Art, Alter und Brennstoff) widerspiegeln. Diese Daten sind für die Bewertung der Wärmeerzeugerstruktur unverzichtbar, da sie aktuelle technologische Entwicklungen und Umrüstungen erfassen, die in älteren Verbrauchsdaten noch nicht abgebildet sein können. Das jüngste Datenjahr gewährleistet eine präzise Abbildung des Status quo, um insbesondere Veränderungen im Bereich Heiztechnik und Brennstoffe zu berücksichtigen. In der kommunalen Wärmeplanung der Gemeinde Wardenburg wurden die Kehrbücher im Jahr 2025 angefragt und verwendet.

#### **ALKIS-Daten und Geodaten:**

ALKIS-Daten und kommunale Geodaten werden regelmäßig aktualisiert, jedoch je nach Datenquelle und Aktualisierungszyklus zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Grundstücks- und Gebäudebestandsdaten spiegeln den aktuellen baulichen Zustand wider, der für die räumliche Analyse notwendig ist, jedoch erfolgen diese Aktualisierungen oft in jährlichen Intervallen, daher können diese Datenstände variieren. Ihre Einbindung erfolgt dennoch, da sie wichtige raumbezogene Informationen zur Gebäudestruktur, Nutzungsarten und baulichen Gegebenheiten liefern, die für eine ganzheitliche Wärmebedarfsanalyse unerlässlich sind.

### **Datenqualität und Methodik des Zensus 2022:**

Die Daten des Zensus 2022 bilden eine zentrale Grundlage für die raumbezogene Analyse im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung, insbesondere hinsichtlich von Wohngebäuden (z. B. Gebäudeanzahl, Baualtersklassen, Heizenergieträger). Allerdings werden diese Daten nicht auf Gebäudeebene, sondern aggregiert auf Rasterzellen mit einer Größe von 100 × 100 m veröffentlicht.

Diese Aggregation führt zu methodisch bedingten Einschränkungen, insbesondere bei der Zuordnung der Baualtersklassen: Innerhalb einer Rasterzelle wird in der Regel die dominierende Baualtersklasse aller darin erfassten Gebäude als repräsentativ für die gesamte Zelle ausgewiesen. Das Dominanzprinzip, nach dem jeweils nur die überwiegende Baualtersklasse pro Rasterzelle ausgewiesen wird, führt dazu, dass kleinere, energetisch relevante Gebäudegruppen mit abweichendem Baualter nicht erfasst werden. Dadurch wird die tatsächliche Heterogenität der Gebäudestruktur oft stark unterschätzt. Diese Vereinfachung kann insbesondere in innerstädtischen Quartieren mit gemischter Bebauung zu erheblichen Verzerrungen führen, da energetische Ausreißer wie unsanierte Altbauten oder Neubauten mit Niedrigenergie-Standard in der Rasterzelle nicht differenziert abgebildet werden.

Trotz dieser Einschränkungen besitzen die Zensus 2022-Daten einen hohen Wert, insbesondere wenn sie durch aktuellere und detailliertere Datenquellen ergänzt werden.

Die kommunale Wärmeplanung profitiert von einem integrativen Datenmanagement, das verschiedene Datenquellen mit ihren unterschiedlichen Aktualitätsgraden und Genauigkeiten berücksichtigt. Die Kombination aus langjährigen Verbrauchsdaten, aktuellen Schornsteinfegerdaten sowie differenzierten ALKIS- und Geodaten ermöglicht eine belastbare und realistische Abbildung des Wärmebedarfs und der technischen Gebäudesituation. Verbrauchsdaten zeigen langfristige Verbrauchsmuster, Schornsteinfegerdaten liefern aktuelle, gebäudescharfe Informationen zu Wärmeerzeugern und Brennstoffen, und ALKIS-Daten ermöglichen eine präzise räumliche Verortung und Modellierung fehlender Werte.

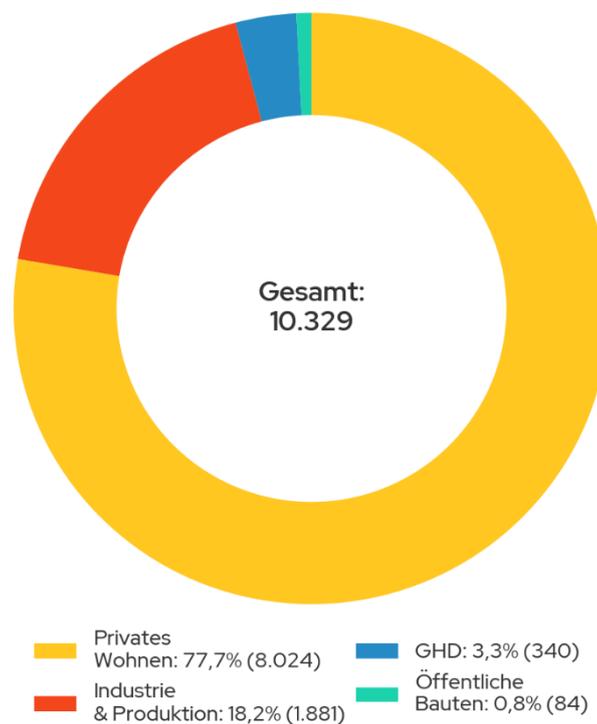
Im Gegensatz dazu weisen die Zensus 2022-Daten – insbesondere die Baualtersklassen, die auf aggregierten 100×100 m Rasterzellen basieren – methodische Einschränkungen und potenzielle Verzerrungen auf, die bei der Wärmeplanung kritisch berücksichtigt werden müssen. Darüber hinaus ist die methodische Inkompatibilität der aggregierten Zensusdaten mit anderen Quellen wie ALKIS- oder Schornsteinfegerdaten eine Herausforderung, die aufwändige Harmonisierungs- und Plausibilisierungsverfahren erfordert. Auch die regional unterschiedliche Qualität und Aktualität der registergestützten Ursprungsdaten kann die Verlässlichkeit der Baualtersklassen-Daten beeinträchtigen.

Aus diesen Gründen sollten die Zensus-Daten nicht als alleinige Entscheidungsgrundlage dienen, sondern nur ergänzend und kritisch in einem ganzheitlichen Datenverbund eingesetzt werden. Nur durch die multiperspektivische Verknüpfung und Abwägung der Stärken und Schwächen aller Datenquellen lässt sich eine realitätsnahe, belastbare und zukunftsfähige Wärmeplanung gewährleisten.

**Hinweis:** Die in diesem Bericht dargestellten räumlich verorteten Informationen werden ausschließlich in aggregierter Form (mindestens fünf Gebäude) und somit anonymisiert präsentiert. Rückschlüsse auf einzelne Gebäude sind nicht möglich. Aufgrund der Zusammenfassung mehrerer Gebäude können die angegebenen Werte im Einzelfall deutlich abweichen.

### 3.3. Gebäudebestand

Nach einer Analyse des offenen Kartenmaterials sowie der Informationen des amtlichen Liegenschaftskatasters befinden sich im Gebiet der Gemeinde Wardenburg 10.329 Gebäude (siehe Abbildung 4). Wie Abbildung 4 und Abbildung 5 zeigen, besteht mit 77,7 % ein überwiegender Anteil der räumlich dargestellten Gebäude aus privaten Wohngebäuden. Gebäude des Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektors (GHD) sowie Industrie- und Produktionsgebäude, worunter beispielsweise auch die Landwirtschaft fällt, machen einen Anteil von 21,5 % aus. Öffentliche Gebäude haben mit 0,8 % lediglich einen geringen Anteil am Gebäudebestand. Hieraus wird ersichtlich, dass die Wärmewende eine kleinteilige Aufgabe ist und sich hauptsächlich im Wohnbereich abspielen muss.



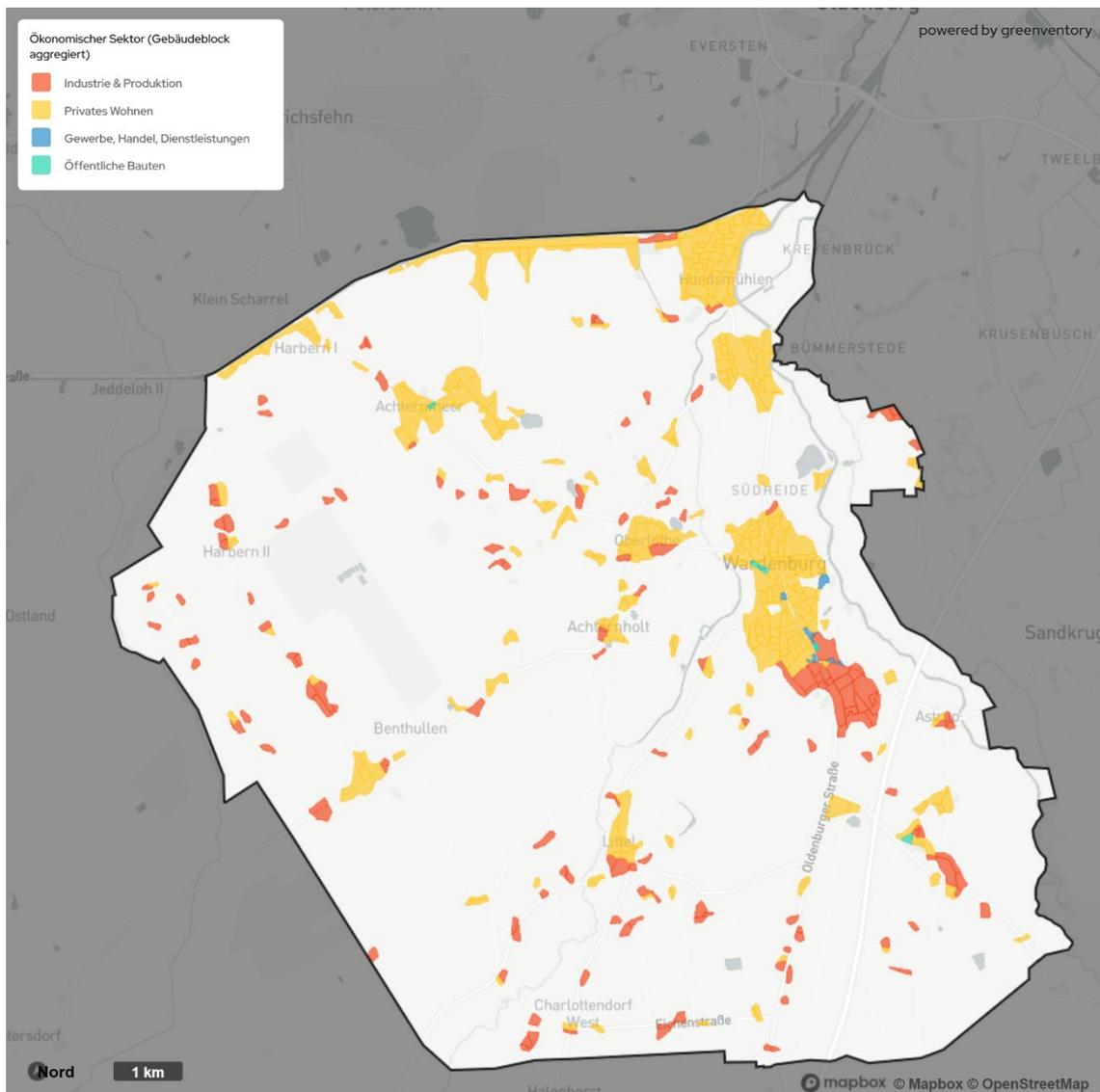
**Abbildung 4: Gebäudeanzahl nach Sektoren in Wardenburg**

Abbildung 5 veranschaulicht die räumliche Struktur in Wardenburg anhand verschiedener Nutzungssektoren. Auffällig ist die geringe Ausprägung industrieller und produktionsbezogener Flächen (rot), die nur vereinzelt und vorwiegend in Randlagen auftreten. Diese Verteilung betont den nicht-industriellen Charakter der Gemeinde Wardenburg und verweist auf eine kleinteilige, dezentral organisierte Wirtschaftsstruktur ohne klassische Gewerbegebiete.

Das Gebiet der Gemeinde Wardenburg wird deutlich von privaten Wohnnutzungen (gelb) dominiert. Diese bilden kompakte, zusammenhängende Siedlungsbereiche, die sich insbesondere in zentralen Lagen sowie siedlungsnahen Randbereichen konzentrieren. Die Struktur ist typisch für gewachsene Wohngebiete mit einer klaren funktionalen Trennung zu gewerblichen Nutzungen.

Die Flächen für Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (blau) sind hauptsächlich im Ort Wardenburg verteilt und treten jedoch in moderatem Umfang auf. Ihre räumliche Nähe zu Wohngebieten spricht für eine funktionale Durchmischung, die kurze Wege für die alltägliche Versorgung sowie lokale wirtschaftliche Aktivitäten ermöglicht – ein zentrales Merkmal nachhaltiger Siedlungsentwicklung.

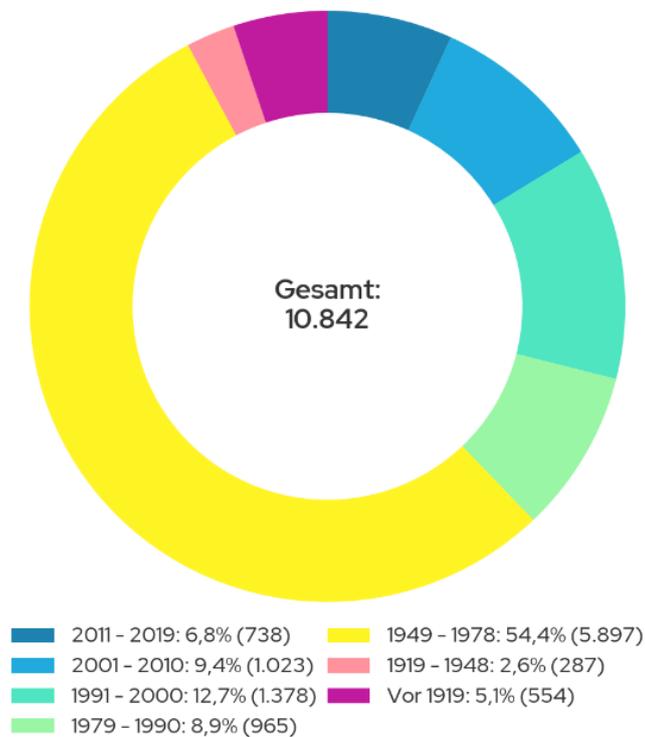
Öffentliche Bauten (grün) erscheinen punktuell und strategisch verteilt, etwa in zentralen Lagen oder in der Nähe wichtiger Infrastruktureinrichtungen. Diese Einrichtungen übernehmen zentrale Aufgaben der Daseinsvorsorge und sind essenziell für eine vorausschauende kommunale Infrastrukturplanung.



**Abbildung 5: Räumliche Gebäudeverteilung nach Sektoren in Wardenburg**

Die Auswertung der Gebäudeanzahl nach Baualtersklassen der Gemeinde Wardenburg (siehe Abbildung 6) verdeutlicht, dass mehr als 62 % der Gebäude vor dem Jahr 1979 errichtet wurden. Damit stammen sie aus einer Zeit vor dem Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung, die erstmals verbindliche Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle stellte. Besonders ins Auge fällt der hohe Anteil der zwischen 1949 und 1978 errichteten Gebäude. Mit einem Anteil von 54,4 % stellen sie die größte Gruppe im Bestand dar und weisen somit ein erhebliches Potenzial für energetische Sanierungsmaßnahmen auf.

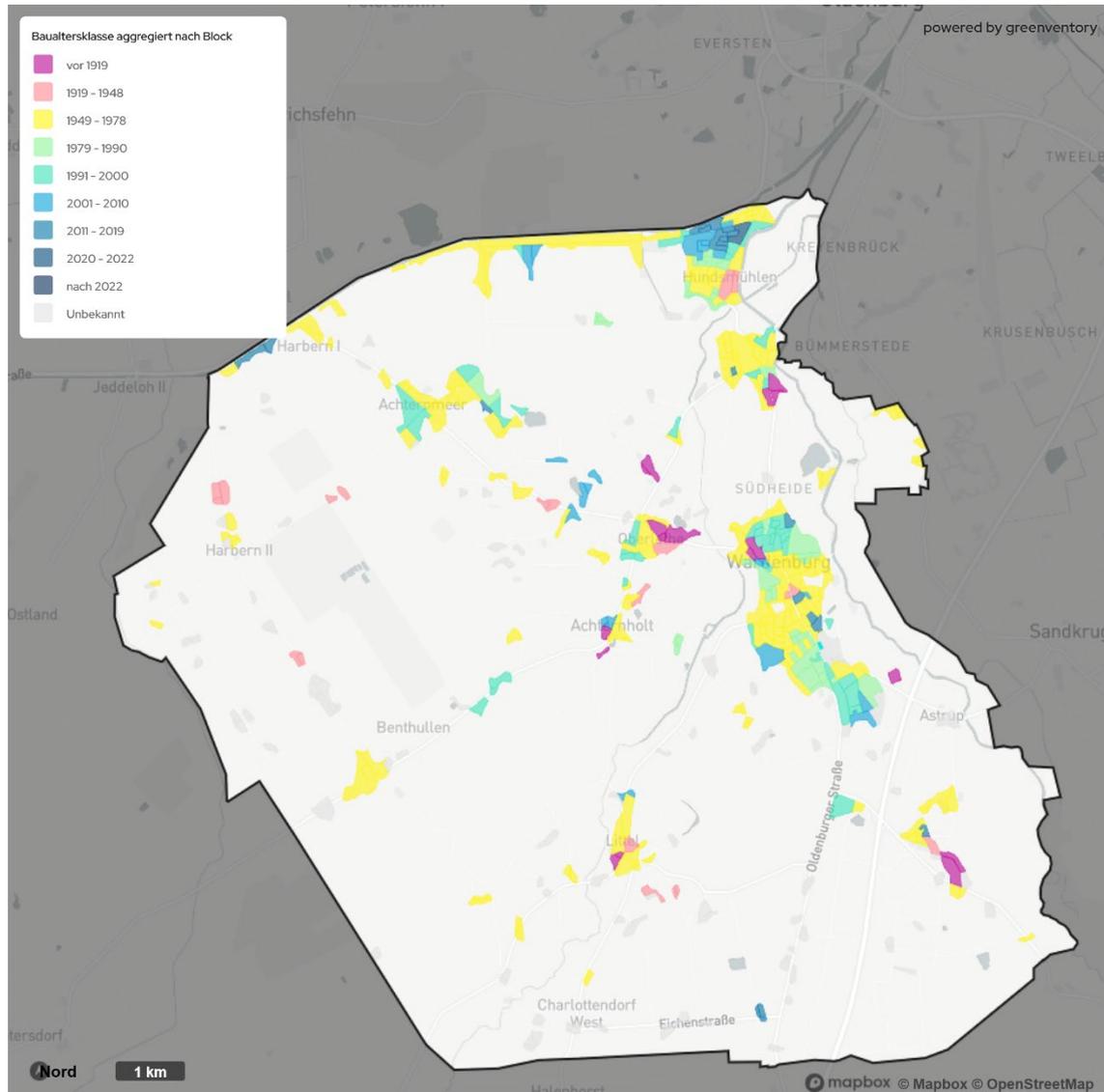
Um das vorhandene Sanierungspotenzial dieser Gebäude bestmöglich zu erschließen, sind individuelle Energieberatungen sowie passgenaue Sanierungskonzepte erforderlich. Diese müssen sowohl technische als auch rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigen, um wirtschaftlich und nachhaltig wirksame Lösungen zu ermöglichen.



**Abbildung 6: Gebäudeanzahl nach Baualtersklassen in Wardenburg**

Abbildung 7 veranschaulicht die zeitliche Entwicklung der Bebauung in Wardenburg anhand farblich differenzierter Baualtersklassen. Die Siedlungsstruktur zeigt sich dabei als vielschichtig und über einen langen Zeitraum gewachsen.

Gebäude aus der Zeit vor 1919 (lila) sowie aus den Jahren 1919 bis 1948 (rosa) prägen insbesondere die älteren Ortskerne. Sie sind punktuell verteilt und weisen auf historische Siedlungskerne hin. Die Nachkriegsbebauung von 1949 bis 1978 (gelb) tritt in mehreren Bereichen auf, jedoch nicht flächendeckend, was auf eine selektive Entwicklung in dieser Phase hindeutet.



**Abbildung 7: Räumliche Gebäudeverteilung nach Baualterklassen in Wardenburg**

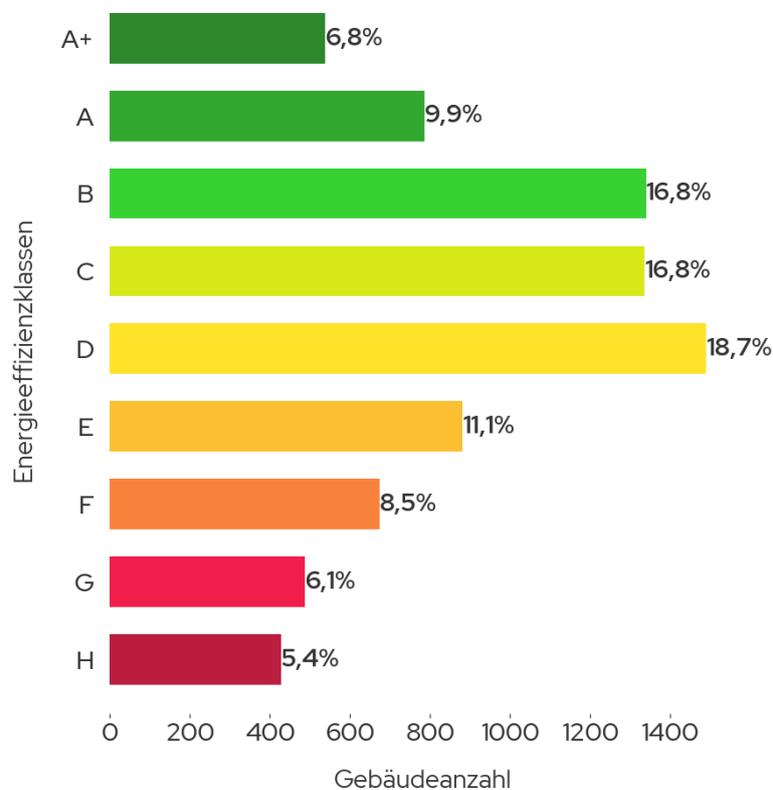
Die Baualterklassen von 1979 bis 1990 (hellgrün) und 1991 bis 2000 (türkis) sind vereinzelt über das gesamte Gebiet der Gemeinde Wardenburg verteilt und häufig in Form von Siedlungserweiterungen erkennbar. Diese Phase markiert eine Phase kontinuierlicher Wohnraumerweiterung. Besonders gut ist diese Siedlungserweiterung in Wardenburg, Achternmeer und Oberlethe zu erkennen.

Jüngere Gebäude aus den Jahren 2001 bis 2010 (hellblau) sowie 2011 bis 2019 (dunkelblau) konzentrieren sich vor allem auf periphere Lagen oder schließen Lücken innerhalb bestehender Strukturen. Die jüngsten Bauaktivitäten ab 2020 (petrol) sowie nach 2022 (navy) sind punktuell verteilt, und deuten auf eine selektive Nachverdichtung und Erschließung neuer Wohnflächen hin. Es lässt sich erkennen, dass in der Ortschaft Hundsmühlen in den letzten Jahren eine hohe Bauaktivität vorhanden war, die sich in zahlreichen neuen Gebäuden widerspiegelt.

Flächen mit unbekannter Baualtersklasse sind vereinzelt vorhanden und lassen auf fehlende oder nicht klassifizierte Daten schließen. Insgesamt ergibt sich ein heterogenes Bild der Siedlungsentwicklung, das sowohl historische Kontinuität als auch moderne Entwicklungsimpulse widerspiegelt.

Zur Abschätzung des energetischen Sanierungsstands wurde eine überschlägige Einordnung der Gebäude in die Energieeffizienzklassen gemäß Gebäudeenergiegesetz (GEG) vorgenommen. Grundlage hierfür bildeten das Baujahr, der Energieverbrauch sowie die jeweilige Grundfläche der Gebäude.

Die Auswertung zeigt eine deutliche Häufung im mittleren bis unteren Effizienzbereich (siehe Abbildung 8). Besonders hervorzuheben ist die Energieeffizienzklasse D, die mit einem Anteil von 18,7% den größten Teil des Gebäudebestands ausmacht. Diese Gebäude entsprechen häufig dem energetischen Standard von Baujahren zwischen den 1980er- und frühen 2000er-Jahren. Sie liegen im mittleren Bereich der Effizienzkala – weder besonders effizient noch stark sanierungsbedürftig.



**Abbildung 8: Gebäudeverteilung nach GEG-Effizienzklassen (Verbrauchswerte) in Wardenburg**

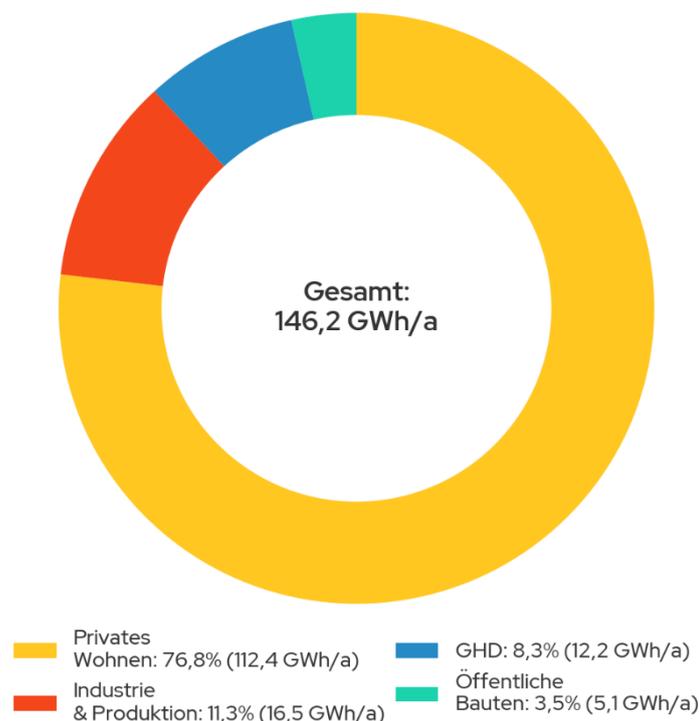
Deutlich wird auch, dass über 50 % der Gebäude die Energieeffizienzklassen A+ bis C abbilden und somit die Mehrzahl der Gebäude bereits einen hohen Sanierungsstand aufweisen. Rund 11,5 % der analysierten Gebäude entfallen auf die Klassen G und H, die typischerweise unsanierten oder nur geringfügig modernisierten Altbauten entsprechen. Diese Gebäude weisen einen deutlich erhöhten energetischen Sanierungsbedarf auf.

Insgesamt verdeutlicht die Analyse eine heterogene Verteilung der Energieeffizienz, die sowohl Potenziale für gezielte Sanierungsmaßnahmen als auch Hinweise auf den energetischen Zustand des Gebäudebestands liefert.

### 3.4. Wärmebedarf

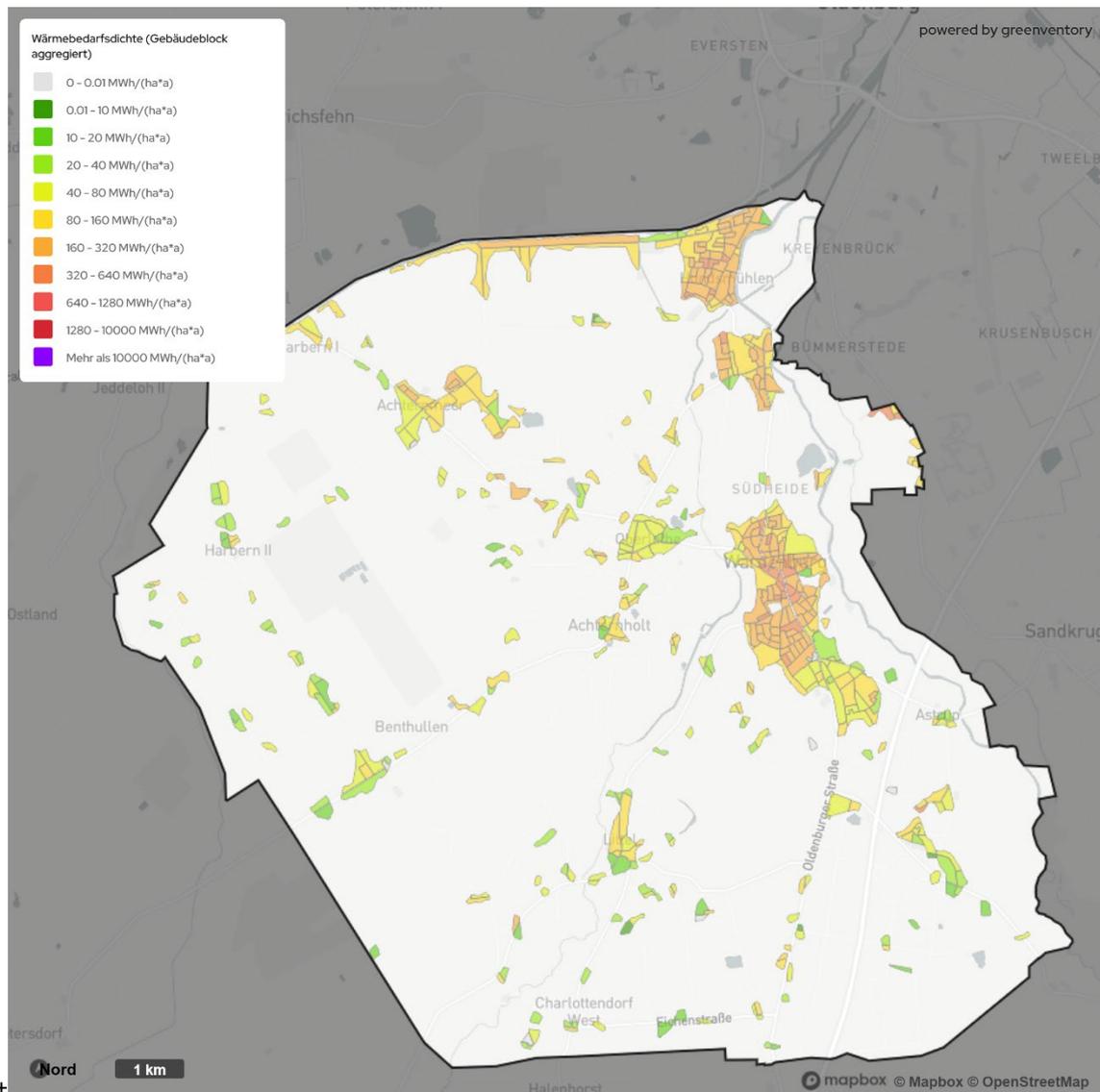
Die Bestimmung des Wärmebedarfs erfolgte für die leitungsgebundenen Heizsysteme (Gas, Strom für Wärmepumpen und Nachtspeicherheizungen) über die von EWE NETZ GmbH bereitgestellten gemessenen Verbrauchsdaten (Endenergieverbräuche). In Verschneidung mit Wirkungsgraden der verschiedenen Heiztechnologien und weiteren Gebäudedaten konnte so der Wärmebedarf bzw. die Nutzenergie ermittelt werden. Bei nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen (Öl, Holz, Kohle) und bei beheizten Gebäuden mit fehlenden Informationen zum verwendeten Heizsystem wurde der Wärmebedarf auf Basis der beheizten Fläche, des Gebäudetyps und weiteren gebäudespezifischen Datenpunkten berechnet. Für die Gebäude mit nicht-leitungsgebundenen Heizsystemen konnte unter Verwendung der entsprechenden Wirkungsgrade auf die Endenergieverbräuche geschlossen werden.

Insgesamt beläuft sich der aktuelle Wärmebedarf in Wardenburg jährlich auf 146,2 GWh (siehe Abbildung 9). Mit einem Anteil von 76,8 % ist der Wohnsektor am stärksten vertreten. An zweiter Stelle folgt der Sektor der Industrie und Produktion mit 11,3 % des Gesamtwärmebedarfs. Der Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungssektor (GHD) beansprucht 8,3 %. Der geringste Anteil entfällt mit 3,5 % auf den öffentlichen Bereich, welcher auch kommunale Liegenschaften beinhaltet.



**Abbildung 9: Wärmebedarf nach Sektoren in Wardenburg**

Die räumliche Verteilung spezifischer Wärmebedarfsdichten ist in anonymisierter Darstellung in Abbildung 10 zu sehen. In der Gemeinde Wardenburg zeigt sich eine deutlich differenzierte räumliche Verteilung der Wärmebedarfsdichten. Besonders hohe Werte treten im Ortskern sowie in den Ortsteilen Hundsmühle und Tungeln auf. Dort erreichen einzelne Bereiche jährliche Wärmebedarfsdichten von bis zu 640 MWh pro Hektar. Diese Konzentration deutet entweder auf eine dichte Bebauung aufgrund der räumlichen Nähe zur Stadt Oldenburg oder auf besonders energieintensive Nutzungen hin. Ein höherer spezifischer Wärmebedarf ist vor allem im Bereich des Wardenburgers Ortskerns erkennbar.



**Abbildung 10: Räumliche Gebäudeverteilung nach spezifischem Wärmebedarf in Wardenburg**

Insgesamt nimmt die Wärmebedarfsdichte von den zentralen und dichten bebauten Ortsteilen wie Hundsmühlen und Tungeln in westlicher Richtung zu den Ortschaften Achternmeer, Charlottendorf, Benthullen, Oberlethe und Habern ab. Dies zeigt deutlich, dass der westliche Teil der Gemeinde eher dünn besiedelt ist und mehrheitlich von landwirtschaftlichen Betrieben geprägt wird. Diese Struktur liefert wichtige Anhaltspunkte für die Planung effizienter Wärmenetze und die gezielte Umsetzung energetischer Maßnahmen.

### 3.5. Analyse der dezentralen Wärmeerzeuger

Die Grundlage für die Untersuchung der dezentralen Wärmeerzeuger in der Gemeinde Wardenburg bildeten die elektronischen Kherbücher der Bezirksschornsteinfeger. Diese enthielten detaillierte Angaben zu verwendeten Brennstoffen, zur Art sowie zum Alter der jeweiligen Feuerungsanlagen. Insgesamt konnten auf diese Weise Daten zu 5.695 Gebäuden mit Heizsystemen ausgewertet werden. Ergänzt wurden diese Informationen durch Verbrauchs- und Netzdaten des regionalen Energieversorgers. Gebäude, zu denen keine Angaben zum Alter der Heizungsanlage vorlagen oder die über keine Heizung verfügen, blieben in der Analyse unberücksichtigt. Heizsysteme auf Basis von Wärmepumpen wurden über spezifische Heizstromverbrauchswerte identifiziert.

Abbildung 11 veranschaulicht die zeitliche Entwicklung der installierten Heizleistung differenziert nach Energieträgern. Seit Mitte der 1970er-Jahre ist ein deutlicher und kontinuierlicher Anstieg bei Gasheizungen zu beobachten, was auf deren zunehmende Verbreitung im Gebäudebestand hinweist. Im Vergleich dazu fällt die installierte Leistung von Ölheizungen deutlich geringer aus; ein moderater Zuwachs ist insbesondere im Zeitraum zwischen 1990 und 2005 erkennbar.

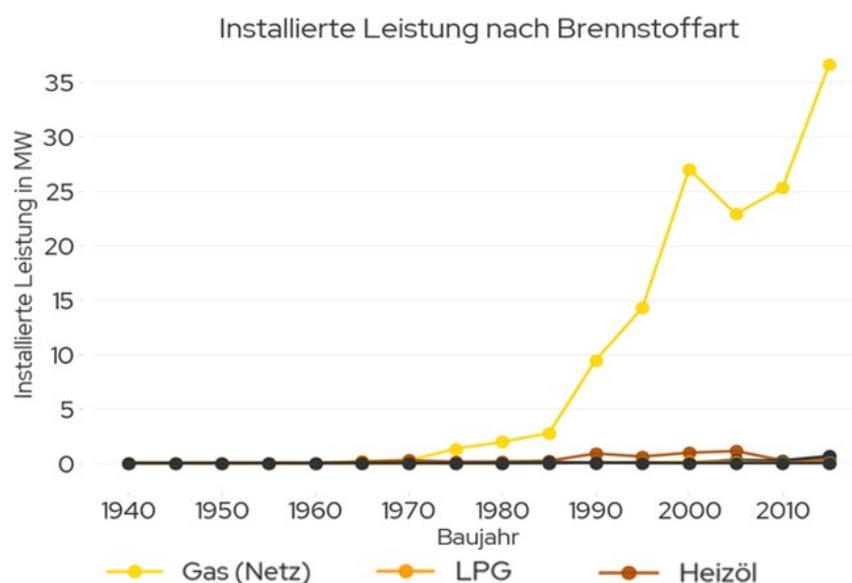
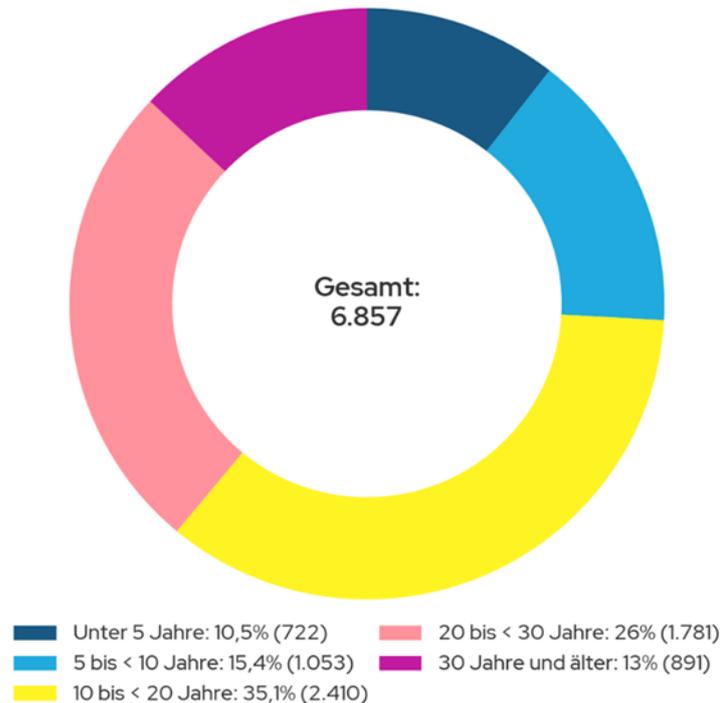


Abbildung 11: Gesamtleistung jährlich neu installierter Heizsysteme nach Energieträgern, gruppiert in 5-Jahresabschnitten (Summe)

Um in Zukunft Treibhausgasneutralität im Wärmesektor gewährleisten zu können, müssen alle fossil betriebenen Heizsysteme ersetzt werden. Die Untersuchung des Alters der derzeit eingebauten Heizsysteme liefert wichtige Anhaltspunkte für eine gezielte Priorisierung beim Austausch dieser Systeme.

Eine Auswertung der Altersstruktur dieser Systeme auf Gebäudeebene der Gemeinde Wardenburg (siehe Abbildung 12) offenbart einen signifikanten Anteil veralteter beziehungsweise stark veralteter Heizanlagen, unter der Annahme einer technisch begründeten Nutzungsdauer von 20 Jahren.

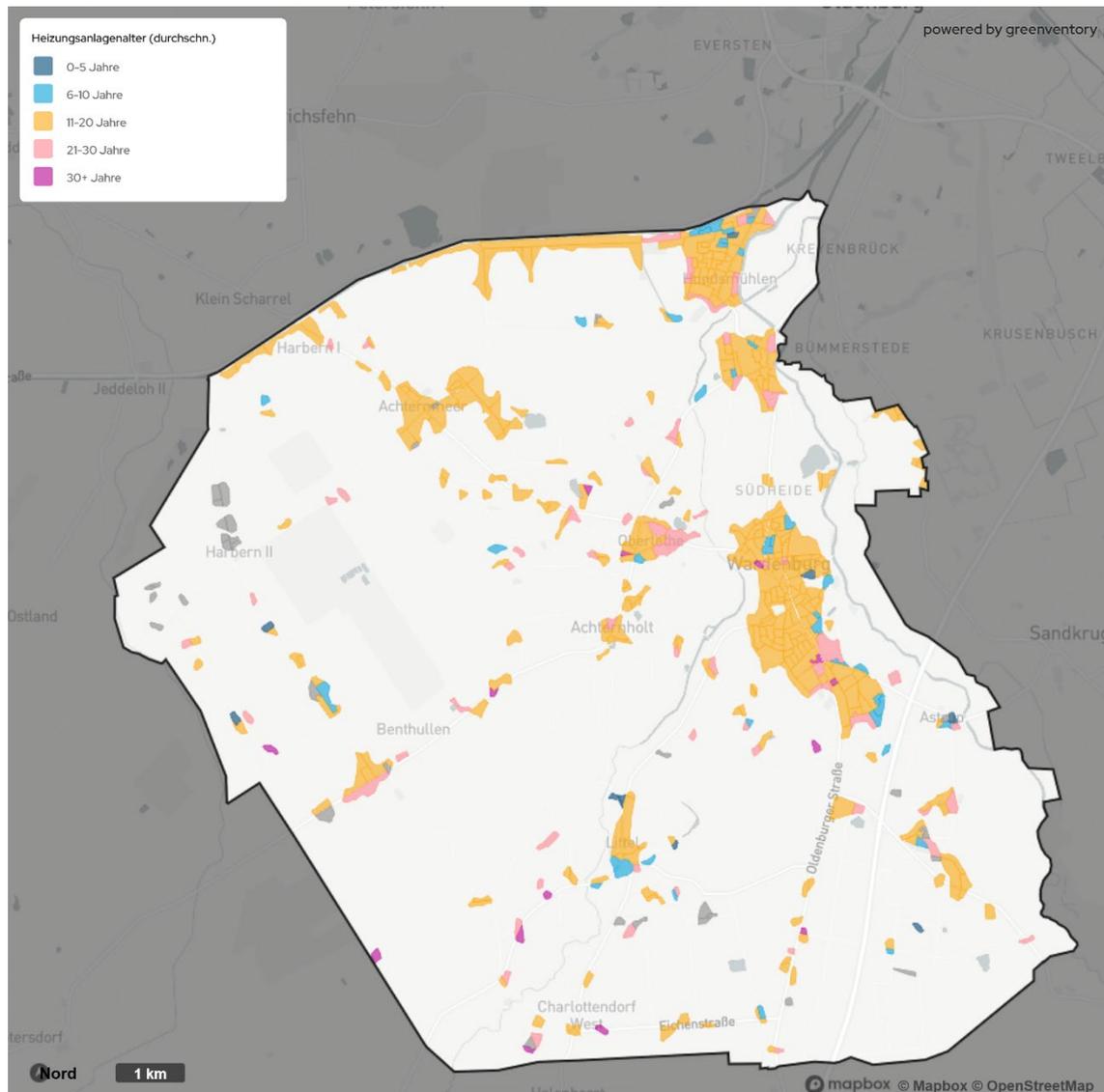


**Abbildung 12: Gebäudeanzahl nach Alter der bekannten Heizsysteme in Wardenburg**

Diese Annahme führt zu einer klaren Erkenntnis hinsichtlich eines dringenden Handlungsbedarfs:

- 26 % aller Heizsysteme überschreiten bereits die Altersgrenze von 20 Jahren, sind aber noch nicht älter als 30 Jahre.
- Bei 13 % der Heizungsanlagen ist sogar die 30-Jahre-Marke überschritten, was insbesondere vor dem Hintergrund des § 72 GEG (Betriebsverbot alter Heizkessel und Ölheizungen) von hoher Relevanz ist.

Abbildung 13 zeigt die anonymisierte räumliche Verteilung des durchschnittlichen Alters der Heizsysteme in der Gemeinde Wardenburg. In weiten Teilen der Gemeinde Wardenburg liegt das durchschnittliche Alter der Heizungsanlagen zwischen 11 und 20 Jahren, in einigen Bereichen sogar bei über 21 Jahren. Lediglich in den neueren Siedlungsgebieten ist ein junges Heizungsalter festzustellen – ein Befund, der mit der dortigen Baualterstruktur korrespondiert.



**Abbildung 13: Räumliche Gebäudeverteilung nach Alter der bekannten Heizsysteme in Wardenburg**

Die Kenntnis über das Alter der Heizsysteme ist ein zentraler Baustein für die KWP. Sie ermöglicht die Identifikation von Modernisierungspotenzialen, die gezielte Ausgestaltung von Förderprogrammen, die vorausschauende Entwicklung der Energieinfrastruktur sowie die Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Eine fundierte Datengrundlage schafft somit die Voraussetzung für eine ökologisch wie ökonomisch tragfähige Wärmeplanung.

Gemäß § 72 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) dürfen Heizkessel, die flüssige oder gasförmige Brennstoffe nutzen und vor dem 1. Januar 1991 installiert wurden, nicht weiter betrieben werden.

Gleiches gilt für später installierte Anlagen, sobald sie eine Betriebsdauer von 30 Jahren überschreiten. Ausgenommen sind u. a. Niedertemperatur- und Brennwertkessel, Anlagen mit sehr geringer oder sehr hoher Leistung sowie bestimmte Hybridheizungen, sofern sie nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Auch Eigentümerinnen und Eigentümer von Ein- oder Zweifamilienhäusern, die ihre Immobilie bereits zum 1. Februar 2002 selbst bewohnt haben, sind unter bestimmten Bedingungen ausgenommen. Unabhängig davon dürfen Heizkessel auf Basis fossiler Brennstoffe spätestens zum 31. Dezember 2044 außer Betrieb genommen werden (GEG 2024).

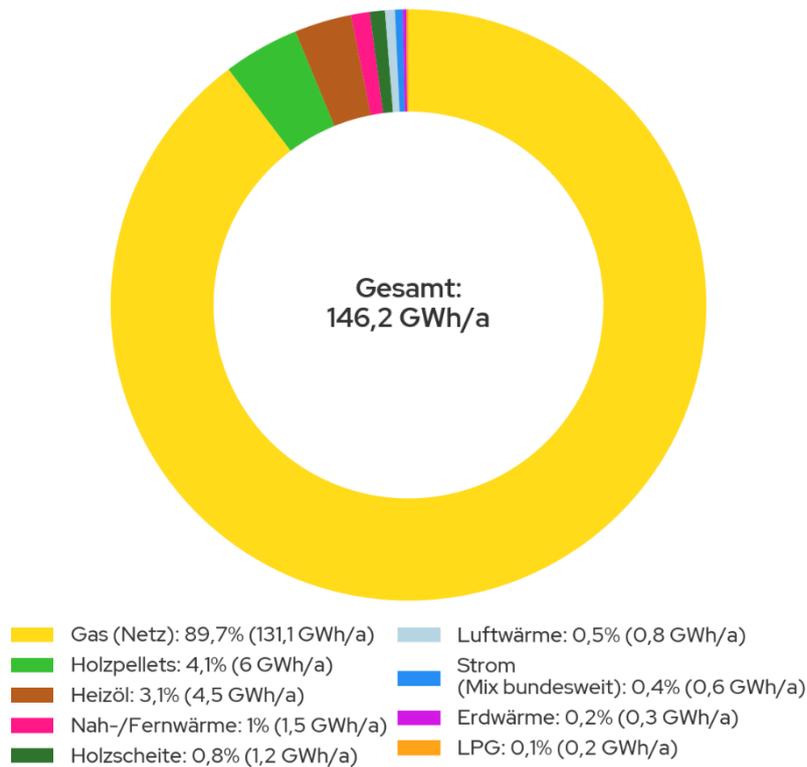
Mit Inkrafttreten der GEG-Novelle zum 1. Januar 2024 gilt: In Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnerinnen und Einwohnern dürfen ab dem 1. Juli 2026 nur noch Heizsysteme neu eingebaut werden, die zu mindestens 65 % mit erneuerbaren Energien betrieben werden. In kleineren Kommunen greift diese Regelung ab dem 1. Juli 2028. Diese Vorgaben stehen im Einklang mit den Zielen des NKlimaG, welches eine klimaneutrale Wärmeversorgung bis spätestens 2040 anstrebt.

Für Neubaugebiete bedeutet dies, dass Heizungsanlagen bereits heute so geplant werden sollten, dass sie langfristig den Anforderungen an eine treibhausgasneutrale Wärmeversorgung entsprechen. Das NKlimaG verpflichtet Kommunen zur aktiven Mitwirkung am Klimaschutz und zur Umsetzung entsprechender Maßnahmen in der Bauleitplanung. Damit wird sichergestellt, dass neue Quartiere von Anfang an auf eine zukunftsfähige, erneuerbare Wärmeversorgung ausgerichtet sind.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein erheblicher Handlungsbedarf für Gebäudeeigentümerinnen und Gebäudeeigentümer. Für 13 % der Heizsysteme, die bereits seit über 30 Jahren in Betrieb sind, ist zu prüfen, ob eine gesetzliche Austauschpflicht besteht. Weitere 26 % der Anlagen mit einem Alter zwischen 21 und 30 Jahren sollten technisch überprüft und – sofern wirtschaftlich und technisch sinnvoll – modernisiert werden. Eine solche Maßnahme sollte idealerweise durch eine ganzheitliche Energieberatung begleitet werden, um Synergien mit weiteren Effizienzmaßnahmen zu identifizieren.

### 3.6. Eingesetzte Energieträger

Um den gesamten Wärmebedarf (Raumwärme, Warmwasser sowie Prozesswärme) zu decken wird in der Gemeinde Wardenburg jährlich eine Wärmemenge von 146,2 GWh benötigt. Diese Energiemenge wird durch unterschiedliche Träger bereitgestellt (siehe Abbildung 14).



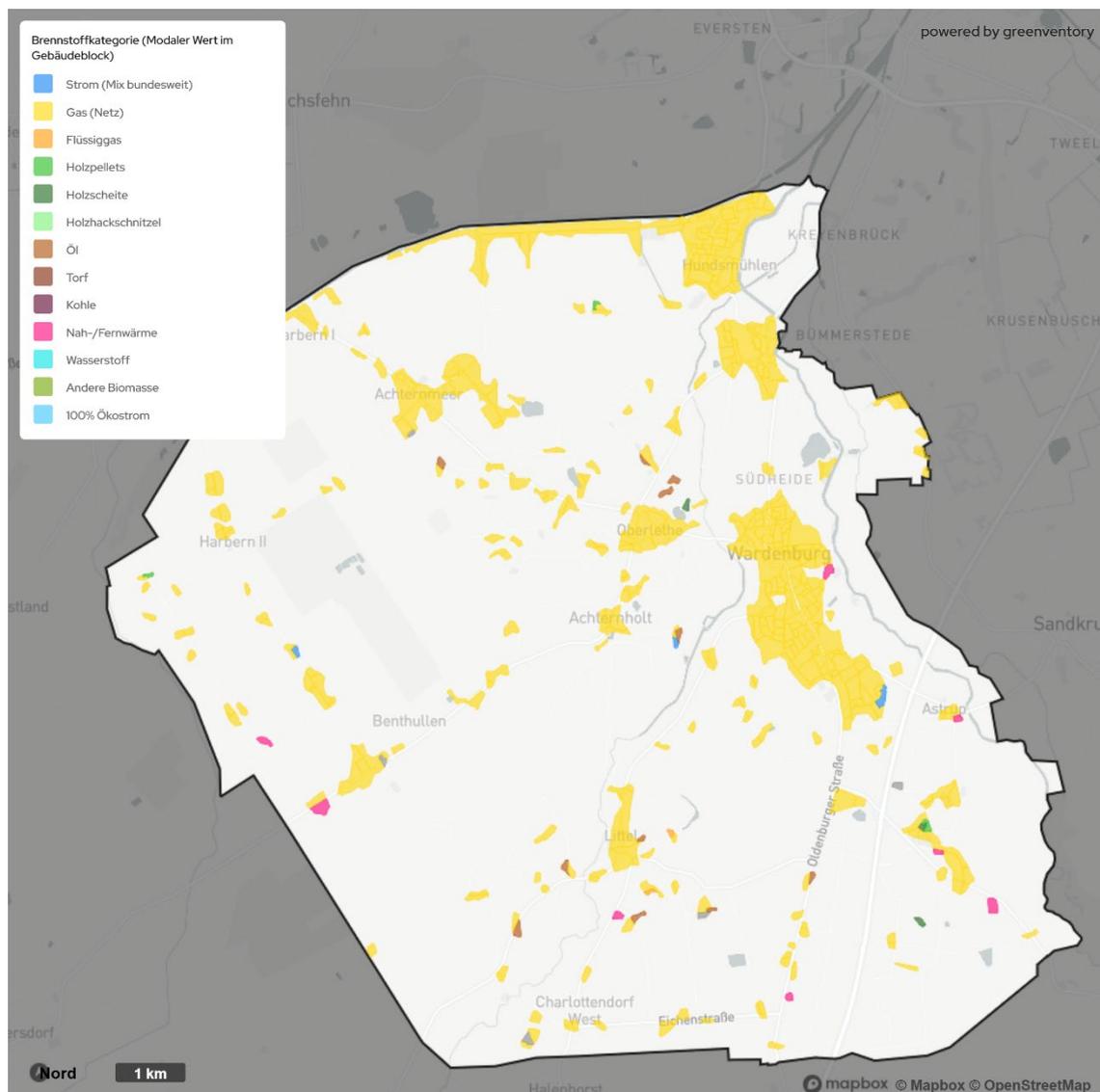
**Abbildung 14: Wärmebedarf nach Energieträgern in Wardenburg**

In vielen Regionen, darunter auch Wardenburg, ist die Wärmeversorgung historisch stark auf Erdgas ausgerichtet. Abbildung 14 zeigt deutlich, dass auch hier fossile Energieträger nach wie vor den mit Abstand größten Anteil an der lokalen Wärmebereitstellung haben. Den Hauptanteil trägt dabei Erdgas mit einer jährlichen Wärmemenge von 131,1 GWh, was einem Anteil von 89,7 % entspricht. Heizöl spielt mit einer jährlichen Wärmemenge von 4,5 GWh, was einem Anteil von 3,1 % entspricht, weniger eine Rolle. Der Beitrag von Luftwärme ist mit lediglich 0,5 % beziehungsweise 0,8 GWh pro Jahr nahezu vernachlässigbar.

Ein geringer Teil des Wärmebedarfs in der Gemeinde Wardenburg wird bereits durch erneuerbare Energien gedeckt. An dieser Stelle steht hier die thermische Nutzung von Biomasse, Luftwärme und Erdwärme, die jährlich 6 % (8,3 GWh pro Jahr) zur Wärmeversorgung beiträgt.

Weitere Energiequellen sind Strom, der für den Betrieb von Wärmepumpen und Direktheizungen genutzt wird und jährlich 0,4 % (0,6 GWh pro Jahr) zur Verfügung stellt sowie Nah- und Fernwärmenetze, die zusammen 1 % (1,5 GWh pro Jahr) bereitstellen und somit nur einen sehr kleinen Anteil haben.

Die derzeitige räumliche Struktur der Wärmeversorgung (siehe Abbildung 15) macht die enormen Herausforderungen auf dem Weg zur Dekarbonisierung deutlich. Eine nachhaltige und klimaneutrale Wärmeversorgung erfordert technologische Innovationen, den verstärkten Einsatz erneuerbarer Energien, den Ausbau von Wärmenetzen sowie die intelligente Integration verschiedener Technologien in bestehende Infrastrukturen. Eine gezielte technische Strategie ist hierbei von zentraler Bedeutung.



**Abbildung 15: Räumliche Gebäudeverteilung nach Energieträgern in Wardenburg**

### 3.7. Gas- und Stromnetzinfrastruktur

EWE NETZ GmbH versorgt das gesamte Gebiet der Gemeinde Wardenburg bereits seit vielen Jahren mit Erdgas. Durch das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 müssen die Netze transformiert werden. Die Versorgungssicherheit von Kundinnen und Kunden steht dabei an oberster Stelle. Entscheidend für diesen Prozess sind die Bedarfe von Endverbrauchenden und die politisch-gesetzlichen Vorgaben, die es gilt einzuhalten und umzusetzen. Die Erdgasnetze werden sich in diesem Zuge den Bedürfnissen anpassen.

Die Gasinfrastruktur ist im gesamten Siedlungsgebiet der Gemeinde Wardenburg flächendeckend ausgebaut (siehe Abbildung 16).

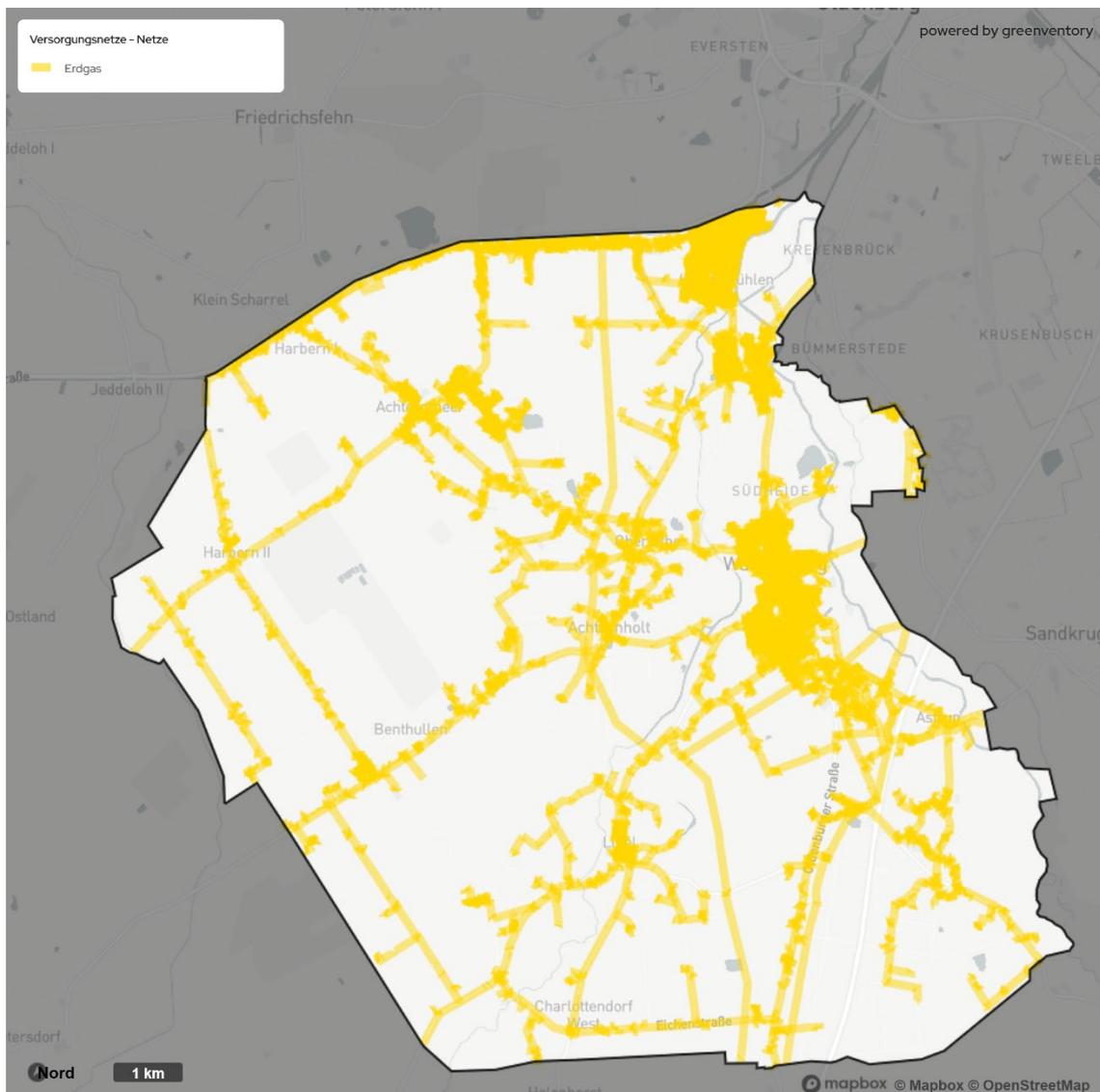


Abbildung 16: Gasnetzinfrastruktur in Wardenburg

Technisch gesehen können die Erdgasleitungen für Wasserstoff oder Biomethan genutzt werden und somit einen Teil zur Dekarbonisierung der Energieversorgung beitragen (siehe dazu auch Kapitel 4.3.3). Die zukünftigen Nutzungen werden ortsbezogen sehr unterschiedlich sein. Ein Rückbau der Infrastruktur, wenn diese aufgrund der Nutzung anderer Energieträger (z. B. Wärmepumpe) nicht mehr in dem Umfang benötigt wird, ist technisch jedoch nicht erforderlich und sollte aus Kostengründen vermieden werden. Der Anteil an fossilen Gasen in den verbleibenden Netzen wird sukzessiv sinken und durch grüne Gase (wie bspw. Biomethan oder Wasserstoff) ersetzt. Die zukünftige Verfügbarkeit von Wasserstoff hinsichtlich Menge und Preis ist allgemein jedoch noch nicht abzusehen. Effizienter als Wasserstoff ist die direkte Nutzung erneuerbarer Energien, da ein Wasserstoffnetzgebiet für die Haushaltskundschaft mit hoher Wahrscheinlichkeit aufgrund des Aufwands und der Kosten für die Herstellung und den Transport nicht wirtschaftlich sein wird.

Das Stromnetz von EWE NETZ GmbH wird stetig ausgebaut und an wichtigen Knotenpunkten verstärkt, um erneuerbare Energien aber auch die steigende Anzahl an Wärmepumpen, Speicher und Ladeinfrastruktur anschließen zu können.

Grundlage hierfür ist eine intelligente Energieversorgung mit entsprechender moderner Mess- und Kommunikationstechnik, um das Netz effizient und bedarfsorientiert betreiben zu können. Beispielhaft hierfür ist der Einsatz von Ortsnetzstationen mit intelligenter Technik, die automatisch die Spannung im Netz regeln, damit mehr erneuerbare Energien aufgenommen werden können.

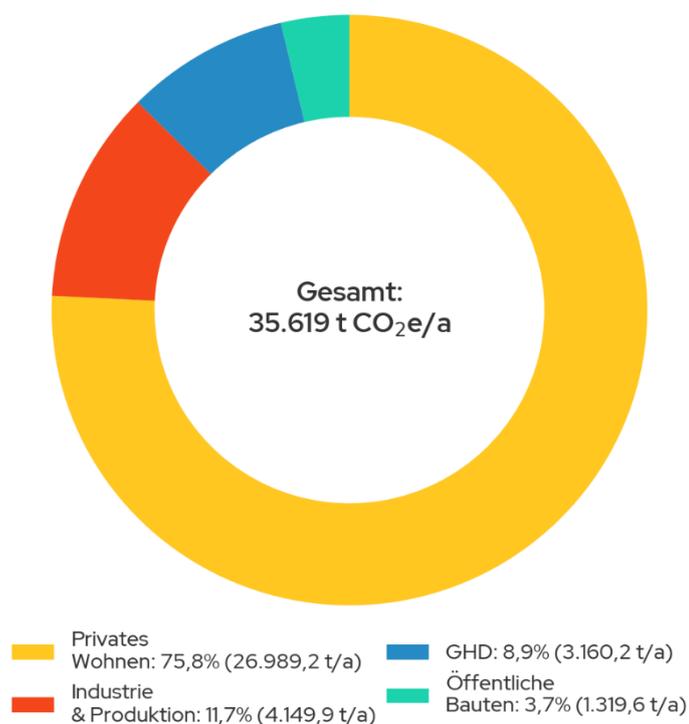
### 3.8. Wärmenetze

In der Gemeinde Wardenburg betreiben zwei Biogasanlagenbetreiber ein kleine Nahwärmenetze, die mit der Abwärme aus bestehenden Blockheizkraftwerken (BHKW) gespeist wird. Dieses Netz wurde über die Jahre sukzessive und punktuell erweitert.

- Ein Nahwärmenetz liegt an der „Freidrichstraße“ und versorgt heute angrenzende Privathaushalte sowie Hotelbetriebe. Die vorhandene Leistungskapazität der Anlagen ist bislang nicht vollständig ausgeschöpft, weshalb der Betreiber eine Ausweitung seines Versorgungsangebots anstrebt. In diesem Zusammenhang steht er in engem Austausch mit den zuständigen Behörden und relevanten lokalen Akteuren.
- Zusätzlich befindet sich am „Grüner Weg“ eine Biogasanlage, die ein Unternehmen im Gewerbegebiet „Astrup“ mit Biogas versorgt.
- Ein weiteres Nahwärmenetz ausgehend von der „Fladderstr.“ versorgt umliegende Wohn- und / oder Gewerbeeinheiten.

### 3.9. Treibhausgasemissionen der Wärmeerzeugung

Im Zuge der Wärmeerzeugung werden in der Gemeinde Wardenburg jährlich 35.619 Tonnen CO<sub>2</sub>- Äquivalente freigesetzt. Diese entfallen vornehmlich, zu 75,8 %, auf den Wohnsektor. Weitere 11,7 % fallen auf den Sektor der Industrie und Produktion, 8,9 % auf den Gewerbe-, Dienstleistungs- und Handelssektor und 3,7 % auf den Sektor der öffentlichen Bauten (siehe Abbildung 17). Die Anteile der Sektoren an den Treibhausgasemissionen entsprechen weitgehend ihren Anteilen am Wärmebedarf. Das bedeutet, dass jeder Sektor pro verbrauchter Gigawattstunde Wärme eine ähnliche Menge an Treibhausgasen emittiert, sodass eine Priorisierung der Sektoren nach spezifischen Emissionen nicht notwendig ist.

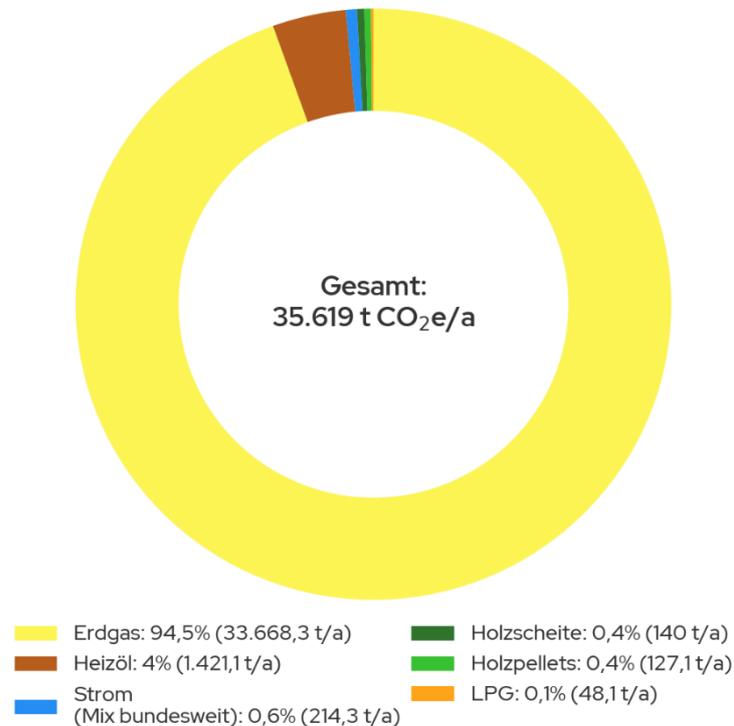


**Abbildung 17: Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Wardenburg**

Hauptverursacher der THG-Emissionen im Bereich Wärme ist in der Gemeinde Wardenburg mit großem Abstand das Erdgas (siehe Abbildung 18). Es verursacht 94,5 % der gesamten Emissionen, was einer jährlichen Menge von rund 33.668 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entspricht. Gemeinsam mit Heizöl, welches hier einen Anteil von 4 % ausmacht, verursachen die beiden Wärmeerzeuger 95,5 % der Emissionen im Wärmesektor der Gemeinde Wardenburg.

Der Anteil von Strom macht mit 0,6% (214,3 t/a) einen sehr geringen Anteil der Treibhausgasemissionen aus. Die Beiträge von Biomasse mit 0,8 % (267 t/a). sowie LPG mit 0,1% fallen kaum ins Gewicht.

An diesen Zahlen wird deutlich, dass der Schlüssel für die Reduktion der Treibhausgase in der Abkehr von Erdgas und Heizöl liegt, aber auch in der erneuerbaren Stromerzeugung, zumal dem Strom durch die prognostizierte starke Zunahme von Wärmepumpen zukünftig eine zentrale Rolle zufallen wird.



**Abbildung 18: Treibhausgasemissionen nach Energieträgern in Wardenburg**

Der dominierende Beitrag von Erdgas zur Treibhausgasbilanz lässt sich sowohl auf den hohen Verbrauch als auch auf den ungünstigen Emissionsfaktor zurückführen. Während emissionsärmere Energieträger wie Biomasse lediglich einen marginalen Anteil ausmachen, prägen fossile Energieträger weiterhin maßgeblich das Emissionsgeschehen. Besonders deutlich fällt der Anstieg bei Heizöl (4 %) und Strom (0,6%) ins Gewicht, da deren spezifische Emissionsfaktoren über denen anderer Energieträger liegen. Allerdings ist mittelfristig mit einer Reduktion des Emissionsfaktors im deutschen Strommix zu rechnen.

Die verwendeten heizwertbezogenen Emissionsfaktoren lassen sich aus Tabelle 1 entnehmen. Bei der Betrachtung der Emissionsfaktoren wird der Einfluss der Brennstoffe bzw. Energiequellen auf den Treibhausgasausstoß deutlich. Zudem spiegelt sich die erwartete Dekarbonisierung des Stromsektors in den Emissionsfaktoren wider. Dieser entwickelt sich für den deutschen Strommix von 0,438 tCO<sub>2</sub>/MWh im Jahr 2021 auf zukünftig 0,032 tCO<sub>2</sub>/MWh – ein Effekt, der elektrische Heizsysteme wie Wärmepumpen zukünftig weiter begünstigen dürfte.

Tabelle 1: Emissionsfaktoren nach Energieträgern (KWW-Halle, 2024)

Energieträger	Emissionsfaktoren (tCO <sub>2</sub> /MWh)			
	Zieljahr	2021	2030	2040
Strom		0,438	0,270	0,025
Heizöl		0,311	0,311	0,310
Erdgas		0,233	0,233	0,240
Steinkohle		0,431	0,431	0,400
Biogas / Biomethan		0,090	0,086	0,126
Biomasse (Holz)		0,022	0,022	0,002
Solarthermie		0	0	0

Eine örtliche Verteilung der aggregierten Treibhausgasemissionen auf Baublockebene (anonymisiert) der Gemeinde Wardenburg ist in Abbildung 19 dargestellt.

Die grafische Darstellung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Heizsystemen in der Gemeinde Wardenburg zeigt eine insgesamt gleichmäßige Verteilung der Emissionen, wobei ein klarer Rückgang von den südlich gelegenen Ortskernen hin zu den nördlichen Randbereichen erkennbar ist. Diese räumliche Differenzierung lässt sich unter anderem durch die höhere Dichte an Gebäuden mit geringem energetischem Standard in den zentralen Siedlungsbereichen erklären. Neben dem möglichen Einfluss größerer Industrieanlagen tragen insbesondere schlecht sanierte Wohngebäude in dicht besiedelten Gebieten maßgeblich zu erhöhten lokalen Treibhausgasemissionen bei.

Eine gezielte Reduktion dieser Emissionen würde nicht nur zur Erreichung klimapolitischer Ziele beitragen, sondern auch die Luftqualität in den betroffenen Wohnquartieren verbessern – ein bedeutender Faktor für die Lebensqualität der Bevölkerung.

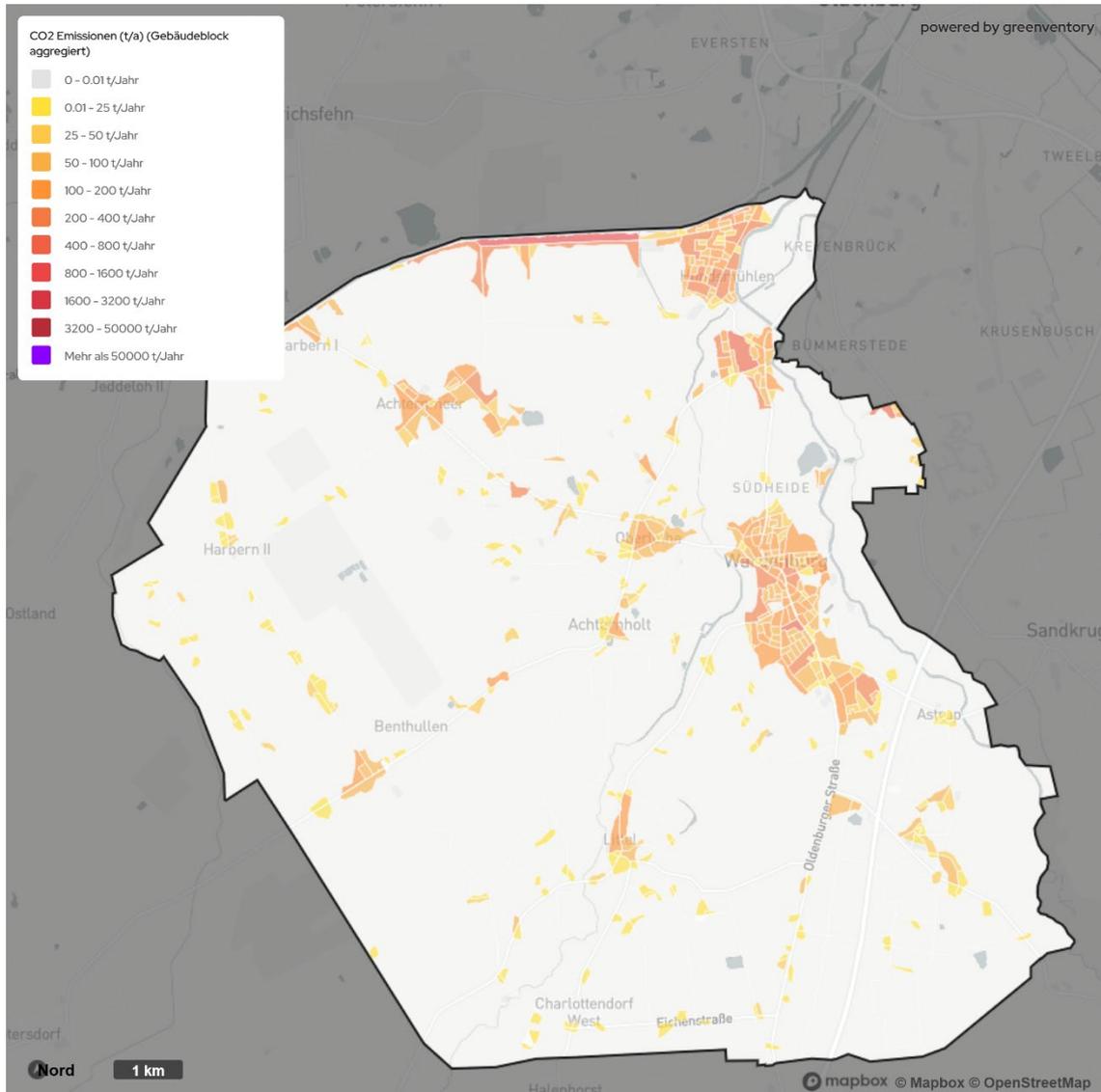


Abbildung 19: Räumliche Gebäudeverteilung der Treibhausgasemissionen in Wardenburg

### 3.10. Zusammenfassung und Fazit der Bestandsanalyse

Die Bestandsanalyse verdeutlicht die zentrale Rolle fossiler Energieträger in der aktuellen Wärmeversorgungsstruktur der Gemeinde Wardenburg. Als überwiegend wohngeprägte Gemeinde entfällt der Großteil der Gebäudeanzahl und der damit verbundenen Emissionen auf den Wohnsektor. Daraus ergibt sich ein besonders hoher Handlungsbedarf zur Dekarbonisierung in diesem Bereich.

Erdgas stellt mit Abstand den dominierenden Energieträger in den Heizsystemen dar. Andere Energieträger wie Strom, Heizöl, Kohle oder Biomasse spielen lediglich eine untergeordnete Rolle. Die Analyse unterstreicht den dringenden Bedarf an technischer Erneuerung und an der Umstellung auf erneuerbare Energien, um den hohen Anteil fossiler Brennstoffe in der Wärmeversorgung signifikant zu senken.

Trotz dieser herausfordernden Ausgangslage lassen sich auch positive Perspektiven ableiten: Die Bestandsanalyse zeigt nicht nur die Notwendigkeit eines systematischen, technisch fundierten Transformationsprozesses auf, sondern identifiziert auch konkrete Ansatzpunkte und Chancen für die zukünftige Gestaltung der Wärmeversorgung. Zentrale Maßnahmen sind dabei die Umstellung auf erneuerbare Energieträger – insbesondere durch den Einsatz von Wärmepumpen – sowie die energetische Sanierung der Gebäudehüllen. Unterstützt durch das Engagement der Gemeinde und vorhandene Erfahrungen mit Wärmenetzen kann so eine nachhaltige Reduktion der Treibhausgasemissionen erreicht werden.

Ein wesentlicher Hebel zur Senkung des Gesamtwärmebedarfs liegt in der vertieften Betrachtung des Wohnsektors. Hier können Effizienzsteigerungen den Energiebedarf deutlich reduzieren, während die Umstellung auf klimafreundliche Energiequellen die Emissionen signifikant senkt.

EWE NETZ GmbH versorgt die Gemeinde Wardenburg seit vielen Jahren zuverlässig mit Erdgas und plant, das bestehende Netz im Zuge der angestrebten Klimaneutralität bis 2045 schrittweise zu transformieren. Die Gasinfrastruktur ist flächendeckend vorhanden und technisch geeignet, künftig auch Wasserstoff oder Biomethan aufzunehmen. Ein Rückbau ist daher nicht erforderlich – stattdessen wird der Anteil fossiler Gase sukzessive durch grüne Gase ersetzt. Parallel dazu wird das Stromnetz kontinuierlich ausgebaut und modernisiert, um den steigenden Anforderungen durch Wärmepumpen, Photovoltaik, Speicherlösungen und Ladeinfrastruktur gerecht zu werden. Intelligente Messsysteme und automatisierte Ortsnetzstationen mit Spannungsregelung ermöglichen eine bedarfsgerechte und effiziente Energieverteilung.

Die jährlichen Treibhausgasemissionen im Wärmebereich der Gemeinde Wardenburg belaufen sich auf rund 35.619 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, wobei über 75,8 % auf den Wohnsektor entfallen. Erdgas ist mit einem Anteil über 94 % der Hauptverursacher, gefolgt von Heizöl mit 4 %. Insgesamt stammen über 98 % der Emissionen aus fossilen Energieträgern. Eine konsequente Abkehr von Erdgas und Heizöl sowie der verstärkte Einsatz erneuerbarer Energien sind daher unerlässlich – nicht nur zur Emissionsminderung, sondern auch zur Verbesserung der Luftqualität und der Lebensverhältnisse in den Wohngebieten.

## 4. Potenzialanalyse

Zur Ermittlung der technischen Potenziale erneuerbarer Energien wurde eine umfassende Flächenanalyse durchgeführt. Dabei kamen sowohl übergeordnete Ausschlusskriterien als auch spezifische Eignungskriterien zur Anwendung. Diese methodische Vorgehensweise ermöglicht eine belastbare, quantitative und räumlich differenzierte Bewertung aller relevanten erneuerbaren Energiequellen im gesamten Gebiet der Gemeinde.

Die tatsächliche Nutzbarkeit der identifizierten Potenziale hängt jedoch von weiteren Faktoren ab – etwa der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit, den Eigentumsverhältnissen sowie standortspezifischen Restriktionen. Diese Aspekte sind Gegenstand weiterführender Untersuchungen und fließen in die spätere Maßnahmenplanung ein.

Ergänzend wurde eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Energieverbrauchs vorgenommen, um die Potenziale in einen realistischen Kontext zu setzen. Die schematische Vorgehensweise zur Ermittlung der Potenziale erneuerbarer Energien ist in Abbildung 20 dargestellt.

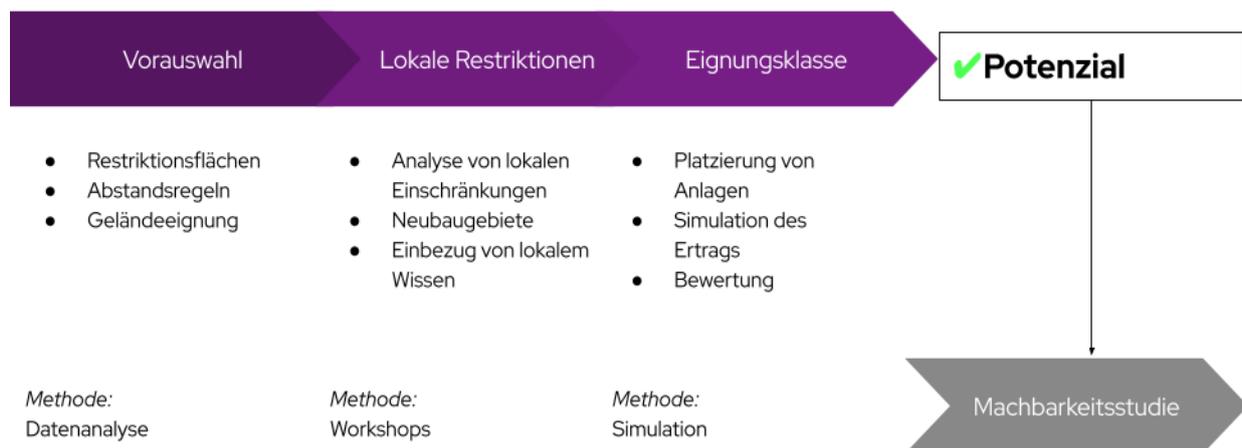


Abbildung 20: Vorgehensweise bei der Ermittlung von Potenzialen

## 4.1. Erfasste Potenziale

Die Potenzialanalyse konzentriert sich auf die technischen Möglichkeiten zur Erschließung erneuerbarer Wärmequellen im Untersuchungsgebiet. Grundlage bildet eine umfassende Auswertung öffentlich zugänglicher Datensätze, die eine räumlich differenzierte Eingrenzung und Quantifizierung der identifizierten Potenziale ermöglicht. Neben der Bewertung erneuerbarer Wärmequellen wurde auch das Potenzial zur Erzeugung regenerativen Stroms systematisch erfasst.

Die wesentlichen Datenquellen für die Potenzialanalyse umfassten:

- Biomasse:** Nutzbare Energie aus organischen Reststoffen
  - Windkraft:** Potenzial zur Stromerzeugung aus Windenergie
  - Solarthermie (Freifläche & Aufdach):** Wärmegegewinnung durch Sonnenstrahlung
  - Photovoltaik (Freifläche & Aufdach):** Stromerzeugung durch solare Einstrahlung
  - Oberflächennahe Geothermie:** Nutzung der Wärme aus den oberen Erdschichten
  - Tiefengeothermie:** Nutzung tieferliegender Erdwärme zur Strom- und Wärmeerzeugung
- Hinweis:** Aufgrund bestehender Restriktionsflächen – insbesondere Siedlungsgebiete und notwendige Abstände – wurde in der Kommune kein wirtschaftlich nutzbares Potenzial für Tiefengeothermie identifiziert. Daher wurde diese Energiequelle im weiteren Verlauf nicht weiter betrachtet.
- Luftwärmepumpe:** Nutzung der Umgebungswärme aus der Außenluft
  - Gewässerwärmepumpe:** Nutzung der thermischen Energie aus Flüssen und Seen
  - Abwärme aus Klärwerken:** Rückgewinnung nutzbarer Wärme aus Abwasserbehandlungsprozessen
  - Industrielle Abwärme:** Nutzung überschüssiger Prozesswärme aus Industrieanlagen

Diese Erhebung bildet eine wichtige Grundlage für die strategische Planung und Priorisierung zukünftiger Maßnahmen zur Energiegewinnung und -versorgung. Eine wirtschaftliche Bewertung der Potenziale erfolgt im Anschluss an die KWP im Rahmen vertiefender Machbarkeitsstudien (siehe Abbildung 21).



Abbildung 21: Vorgehen und Datenquellen der Potenzialanalyse

## 4.2. Methode: Indikatorenmodell

Zur Bestimmung der technischen Potenziale erneuerbarer Energien in der Gemeinde Wardenburg wurde eine stufenweise Flächenanalyse durchgeführt. Grundlage hierfür bildet ein Indikatorenmodell, das sämtliche Flächen systematisch bewertet. Dabei werden sie mit technologiespezifischen Indikatoren – wie etwa Windgeschwindigkeit oder solare Einstrahlung – versehen und analysiert. Diese Methodik ermöglicht eine robuste, räumlich differenzierte und quantitativ belastbare Bewertung der Potenziale im gesamten Untersuchungsgebiet.

Die Potenzialermittlung erfolgt in drei Schritten:

1. **Erfassung struktureller Merkmale** aller Flächen im Untersuchungsgebiet
2. **Eingrenzung geeigneter Flächen** anhand harter und weicher Restriktionskriterien sowie technologiespezifischer Anforderungen (z. B. Mindestflächengrößen für PV-Freiflächenanlagen)
3. **Berechnung des jährlichen energetischen Potenzials** je Fläche oder Energiequelle auf Basis aktuell verfügbarer Technologien

In Tabelle 2 ist eine Auswahl der wichtigsten für die Analyse herangezogenen Flächenkriterien aufgeführt. Diese Kriterien erfüllen die gesetzlichen Vorgaben nach Bundes- und Landesrecht, können jedoch keine raumplanerischen Abwägungen um konkurrierende Flächennutzung ersetzen.

Im Rahmen der KWP dient die Potenzialanalyse insbesondere der Präzisierung und Bewertung von Versorgungsoptionen in den identifizierten Eignungsgebieten – mit besonderem Fokus auf die Fernwärmeversorgung. Gemäß dem Handlungsleitfaden der Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg (KEA-BW, 2021) liegt der Schwerpunkt auf der Identifikation des technischen Potenzials (siehe Infobox „Definition von Potenzialen“).

Gleichzeitig ist zu beachten, dass neben der technischen Machbarkeit auch ökonomische und soziale Aspekte bei der späteren Entwicklung konkreter Flächen eine zentrale Rolle spielen. Die KWP erhebt dabei nicht den Anspruch, eine vollständige Potenzialstudie zu ersetzen. Vielmehr bildet sie die Grundlage für weiterführende Machbarkeitsuntersuchungen, die eine detaillierte Ausarbeitung im Rahmen kommunaler Planungsprozesse anstoßen sollen.

Tabelle 2: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Potenzial		Auswahl wichtiger Kriterien
Elektrische Potenziale	Windkraft	Abstand zu Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte
	PV-Freiflächen	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte
	PV-Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
Thermische Potenziale	Abwärme aus Klärwerken	Klärwerk-Standort, Anzahl versorgter Haushalte, techno-ökonomische Anlagenparameter
	Industrielle Abwärme	Wärmemengen, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit
	Biomasse	Landnutzung, Naturschutz, Hektarerträge von Energiepflanzen, Heizwerte, techno-ökonomische Anlagenparameter
	Solarthermie Freiflächen	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Flächengüte, Nähe zu Wärmeverbrauchern
	Solarthermie Dachflächen	Dachflächen, Mindestgrößen, Gebäudetyp, techno-ökonomische Anlagenparameter
	Oberflächennahe Geothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Nähe zu Wärmeverbrauchern
	Tiefengeothermie	Siedlungsflächen, Flächeneignung, Infrastruktur, Naturschutz, Wasserschutzgebiete, Potenzial, Gesteinstypen
	Luftwärmepumpe	Gebäudeflächen, Gebäudealter, techno-ökonomische Anlagenparameter, gesetzliche Vorgaben zu Abständen
	Großwärmepumpen Flüsse und Seen	Landnutzung, Naturschutz, Temperatur- und Abflussdaten der Gewässer, Nähe zu Wärmeverbrauchern, techno-ökonomische Anlagenparameter

## Infobox: Potenzialbegriffe

### **Theoretisches Potenzial:**

Physikalisch vorhandenes Potenzial der Region, z. B. die gesamte Strahlungsenergie der Sonne, Windenergie auf einer bestimmten Fläche in einem definierten Zeitraum.

### **Technisches Potenzial:**

Eingrenzung des theoretischen Potenzials durch Einbeziehung der rechtlichen Rahmenbedingungen und technologischen Möglichkeiten und unter Einbezug wirtschaftlicher Indikatoren (z. B. Mindestvolllaststunden). Das technische Potenzial wird im Rahmen der KWP ermittelt und analysiert. Differenzierung in:

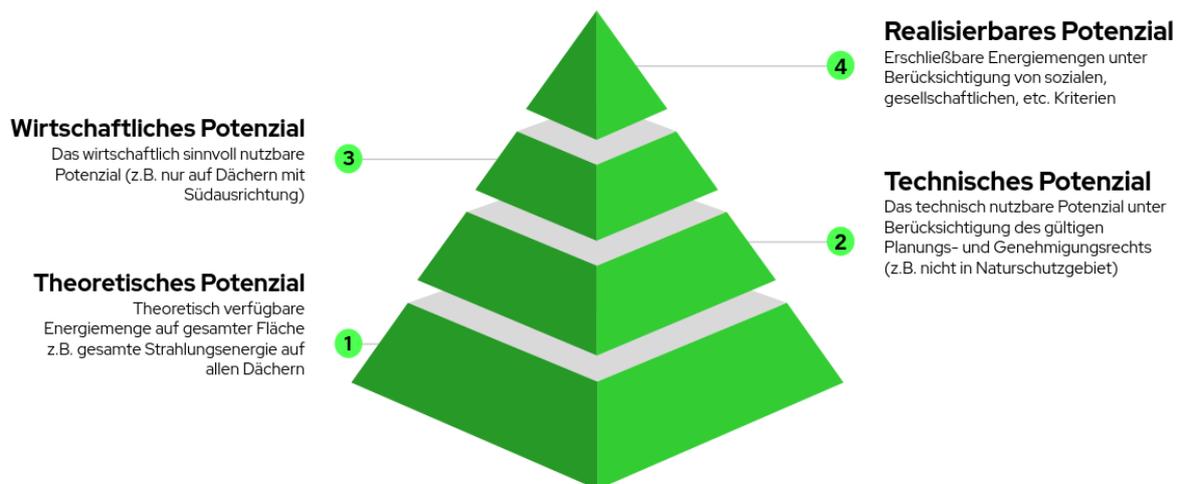
- *Geeignetes Potenzial* (weiche und harte Restriktionen): unter Anwendung harter Kriterien (Restriktionen, die einer Wärme-/Stromerzeugung entgegenstehen) und weicher Kriterien (Restriktionen, die eine Nutzung bestehender Potenziale einschränken können). Natur- und Artenschutz wird grundsätzlich ein „politischer Vorrang“ eingeräumt, weshalb sich die verfügbare Fläche zur Nutzung von erneuerbaren Energien verringert.
- *Bedingt geeignetes Potenzial* (nur harte Restriktionen): Natur- und Artenschutz wird der gleiche oder ein geringerer Wert eingeräumt als dem Klimaschutz (z. B. durch Errichtung von Wind-, PV- und Solarthermieanlagen in Landschaftsschutz- und FFH-Gebieten).

### **Wirtschaftliches Potenzial:**

Eingrenzung des technischen Potenzials durch Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit (beinhaltet z. B. Bau- und Erschließungs- sowie Betriebskosten sowie erzielbare Energiepreise).

### **Realisierbares Potenzial:**

Die tatsächliche Umsetzbarkeit hängt von zusätzlichen Faktoren (z. B. Akzeptanz, raumplanerische Abwägung von Flächenkonkurrenzen, kommunalen Prioritäten) ab. Werden diese Punkte berücksichtigt, spricht man von dem realisierbaren Potenzial bzw. „praktisch nutzbaren Potenzial“.



### 4.3. Thermische und elektrische Potenziale

Die im Zuge der kommunalen Wärmeplanung betrachteten thermischen Potenziale für die zukünftige Wärmeversorgung gliedern sich in acht Kategorien auf, während die elektrischen Potenziale zur Stromversorgung in vier Bereiche unterteilt sind. Gemeinsam eröffnen sie ein vielfältiges Spektrum an Möglichkeiten zur lokalen Energiegewinnung und zur darauf basierenden Versorgung des Gemeindegebiets von Wardenburg. Die auf den folgenden Flächen dargestellten Energieerträge sind als bilanzielle Größen zu verstehen. Daten zur tatsächlichen Verfügbarkeit der Wärmemengen, etwa durch Lastgänge oder vergleichbare Methoden, wurden bei der Erhebung des Wärmepotenzials nicht berücksichtigt.

Die Kategorien der berechneten und im weiteren Verlauf diskutierten Potenziale sind folgende:

Thermische Potenziale	Elektrische Potenziale
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Geothermie (oberflächennahe Kollektoren)</b></li> <li>• <b>Geothermie (oberflächennahe Sonden)</b></li> <li>• <b>Luftwärmepumpen</b></li> <li>• <b>Solarthermie (Dachanlage)</b></li> <li>• <b>Solarthermie (Freifläche)</b></li> <li>• <b>Biomasse</b></li> <li>• <b>Seewärme/ Flusswärme</b></li> <li>• <b>Industrielle Abwärme</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Photovoltaik (Dachanlage)</b></li> <li>• <b>Photovoltaik (Freifläche)</b></li> <li>• <b>Windkraftanlagen</b></li> <li>• <b>Biomasse</b></li> </ul>

Besonders hervorzuheben ist, dass es sich hierbei um technische Potenziale aus Hochrechnungen von öffentlichen und freiverfügbaren Datensätzen zur Energiegewinnung handelt, die nur durch gesetzliche Restriktionen, wie beispielsweise Natura 2000 eingegrenzt sind. In der KWP werden durch die Potenzialanalyse große mögliche Wärmemengen aufgezeigt, die in nachgelagerten Studien nochmals genau verifiziert werden müssen.

Weitere Aspekte der Wirtschaftlichkeit und der Realisierbarkeit für die Nutzung der Potenzialflächen werden im Prozess der KWP nicht betrachtet und sind daher im Nachgang zu untersuchen und zu bewerten. Ferner gibt es ebenfalls ein Flächenkonflikt innerhalb der Potenziale. Dort, wo beispielsweise ein Flächenpotenzial für eine Freiflächen-Photovoltaikanlage vorliegt und ein Potenzial für eine Freiflächen Solarthermieanlage, stehen diese Potenziale in Konkurrenz zueinander und nur eines der jeweiligen Potenziale kann für die Fläche genutzt werden. Ähnlich verhält es sich mit den Potenzialflächen der oberflächennahen Geothermie (Kollektoren und Sonden) oder mit den Potenzialen der Biomasse zur thermischen und elektrischen Nutzung.

Auch eine mögliche Reduktion des Wärmebedarfs zählt in die Betrachtung der Potenziale mit ein. Bei einer konsequenten Sanierung der vorhandenen Bestandsgebäude ist es möglich, große Mengen an thermischer Energie einzusparen, was sich direkt auf den zukünftigen Wärmebedarf der Gemeinde Wardenburg auswirkt.

### 4.3.1. Potenziale zur Stromerzeugung

Die Analyse der Potenziale in der Gemeinde Wardenburg zeigt verschiedene Optionen für die lokale Erzeugung von erneuerbarem Strom (siehe Abbildung 22).

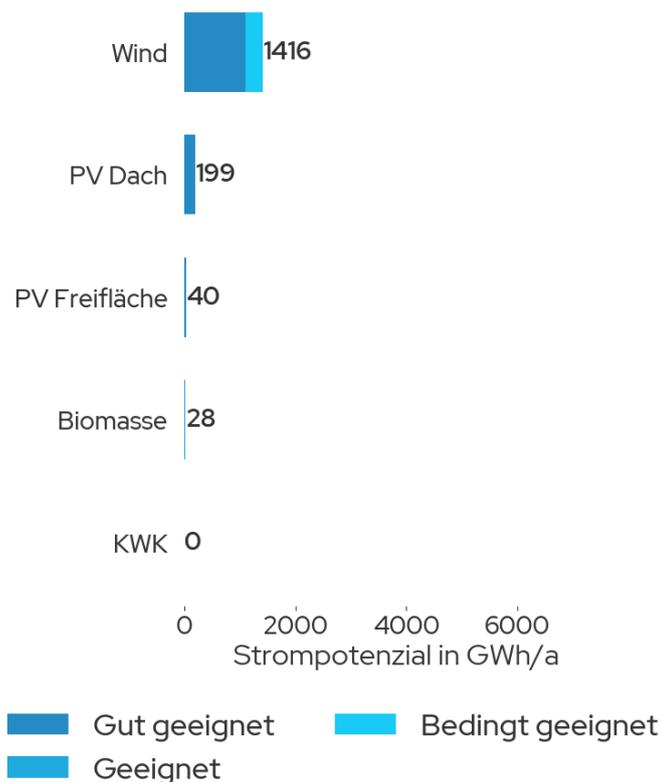
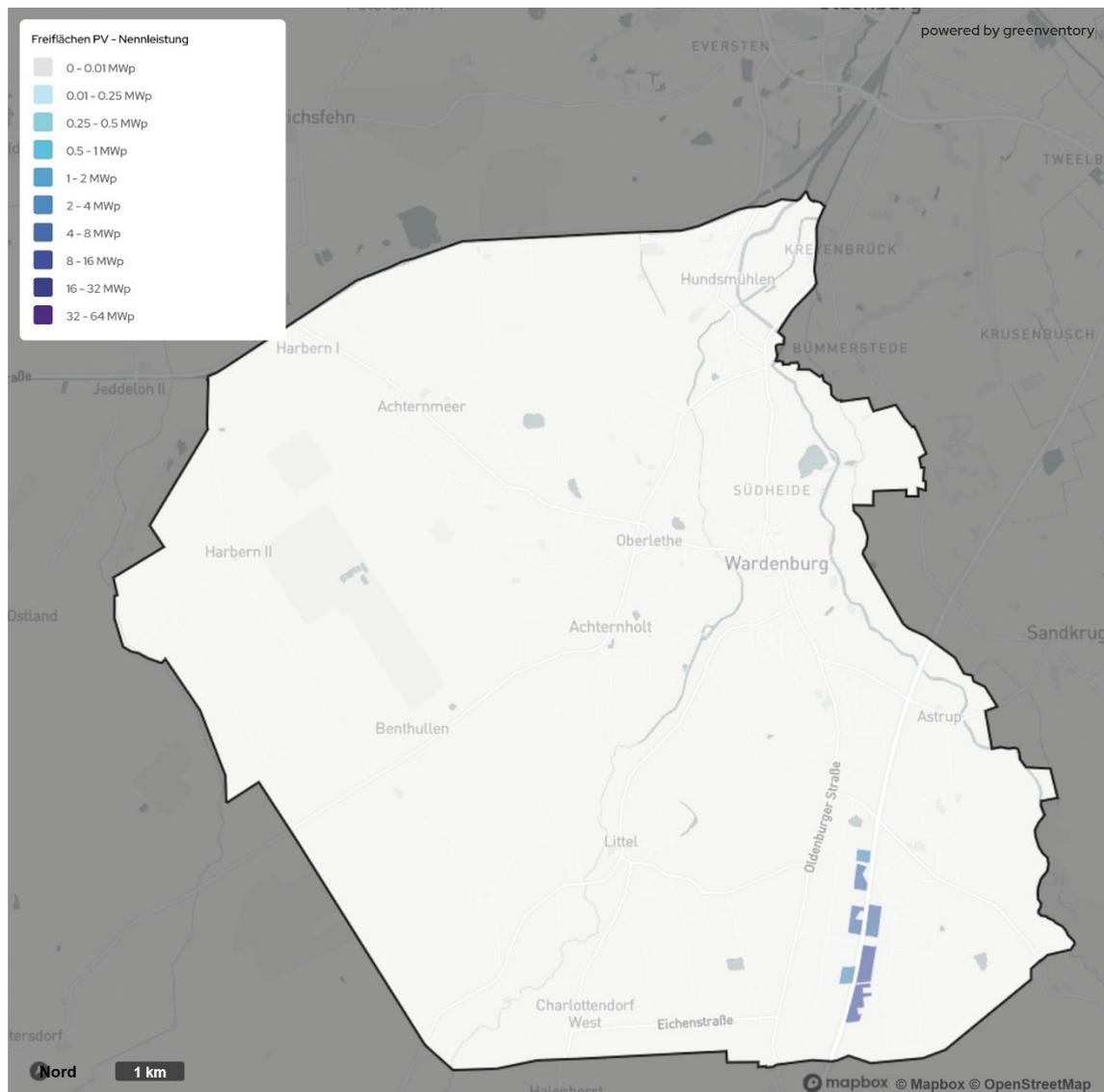


Abbildung 22: Erneuerbare Strompotenziale in Wardenburg

Eins der Potenziale bietet hier die Photovoltaik auf Freiflächen. Diese Flächen bieten ein geschätztes Stromerzeugungspotenzial von rund 40 GWh pro Jahr (siehe Abbildung 22). Die Berechnung basiert auf einer optimierten Modulplatzierung unter Berücksichtigung von Verschattung, Sonneneinstrahlung, Volllaststunden und Geländeprofil. Nur wirtschaftlich nutzbare Flächen – definiert durch Mindestvolllaststunden und geeignete Neigungswinkel – werden einbezogen. Zusätzlich sind mögliche Nutzungskonflikte, etwa mit landwirtschaftlichen Flächen, sowie die Netzanschlussfähigkeit zu berücksichtigen.

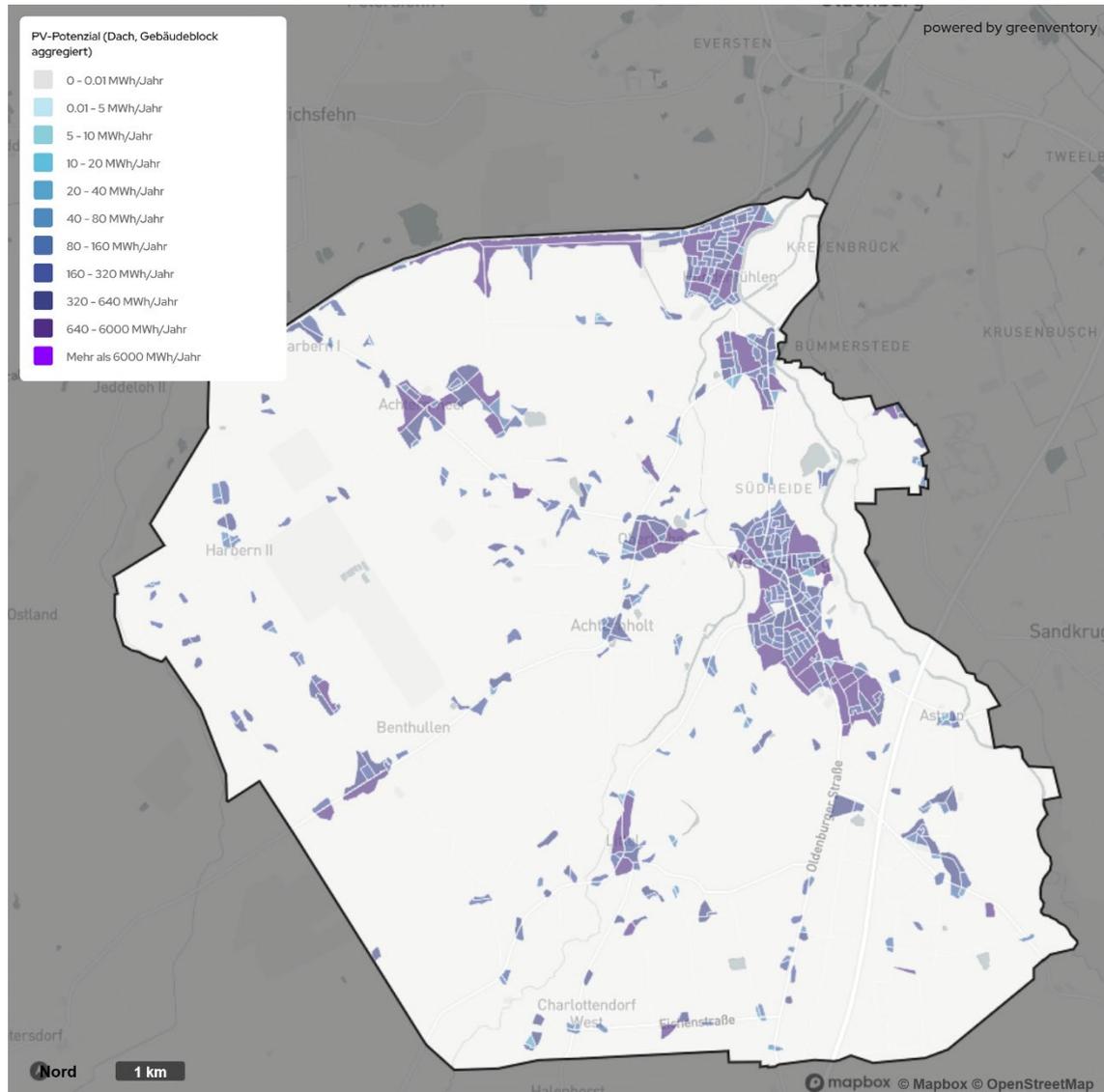
Ein wesentlicher Vorteil von PV-Freiflächen in Kombination mit Großwärmepumpen liegt in der räumlichen Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch, was eine flexible Standortwahl ermöglicht. Besonders geeignete Areale für PV-Freiflächen in der Gemeinde Wardenburg sind in Abbildung 23 veranschaulicht.



**Abbildung 23: Potenziale von PV-Freiflächen in Wardenburg**

Ein weiteres bedeutendes Potenzial bietet die Photovoltaik auf Dachflächen, mit einem geschätzten Ertrag von 199 GWh pro Jahr (siehe Abbildung 22). Im Gegensatz zur PV-Freiflächen entstehen hier keine zusätzlichen Flächenkonflikte. Die Analyse geht davon aus, dass 50 % der Dachflächen von Gebäuden mit mehr als 50 m<sup>2</sup> nutzbar sind (vgl. KEA, 2020). Die Stromproduktion wird auf Basis einer spezifischen Leistung von 160 kWh/m<sup>2</sup>a berechnet.

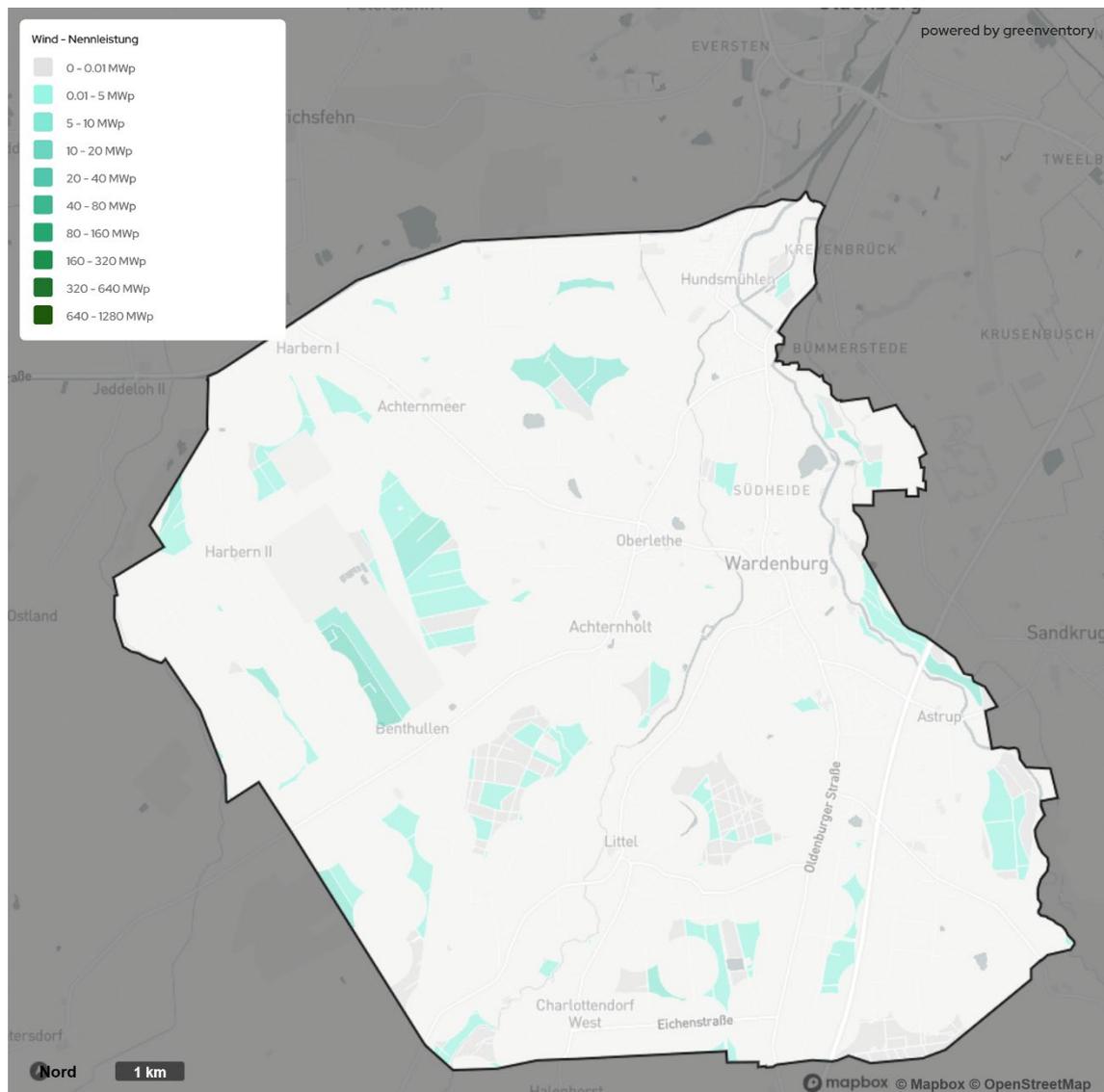
Zwar sind die spezifischen Investitionskosten höher als bei Freiflächenanlagen, jedoch eignet sich diese Form der Stromerzeugung besonders gut für die Warmwasserbereitung im Sommer sowie die Gebäudeheizung in den Übergangszeiten, insbesondere in Kombination mit Wärmepumpen. Besonders geeignete Areale für PV-Dachflächen in der Gemeinde Wardenburg sind in Abbildung 24 veranschaulicht.



**Abbildung 24: Potenziale von PV-Dachflächen in Wardenburg**

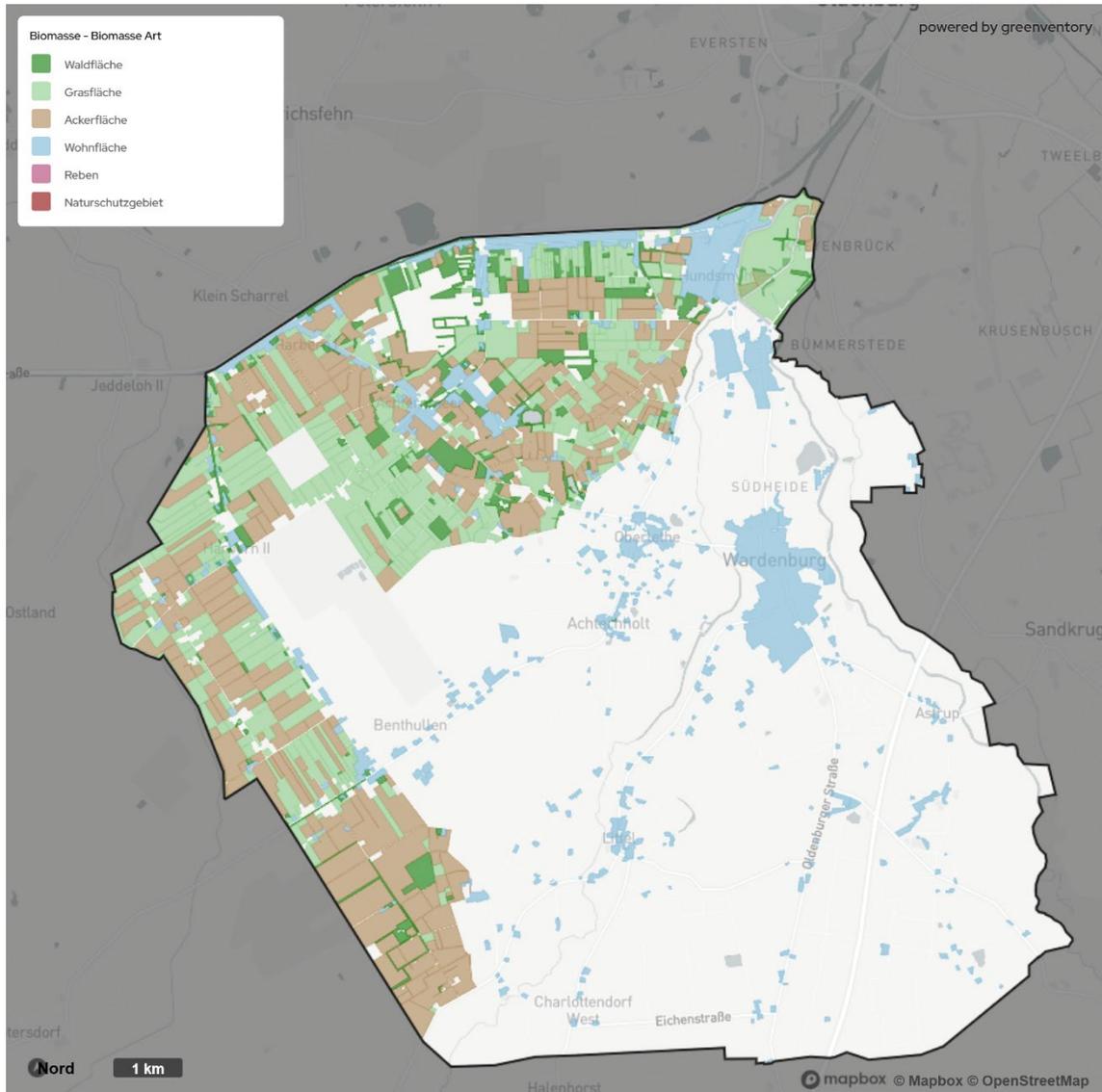
Ebenso die Nutzung von Windkraft stellt ein ergänzendes Potenzial dar. Potenzialflächen für Windenergieanlagen (WEA) werden anhand technischer, ökologischer und rechtlicher Kriterien ausgewiesen. Als gut geeignet gelten Flächen mit mindestens 1.900 Volllaststunden. Die Berechnung berücksichtigt lokale Windverhältnisse, Anlantentypen und zu erwartende Energieerträge. Flächen mit geringerer Ausbeute werden ausgeschlossen. Mit einem jährlichen Potenzial von 89 GWh stellt die Windkraft eine weitere bedeutende Option dar (siehe Abbildung 22).

Neben technischen und rechtlichen Aspekten sind auch Akzeptanzfragen sowie Auswirkungen auf Flora und Fauna zu berücksichtigen. Besonders geeignete Areale für WEA in der Gemeinde sind in Abbildung 25 veranschaulicht. Eine detailliertere Analyse verfügbarer Flächen erfolgt jedoch außerhalb der KWP.



**Abbildung 25: Potenziale von WEA in Wardenburg**

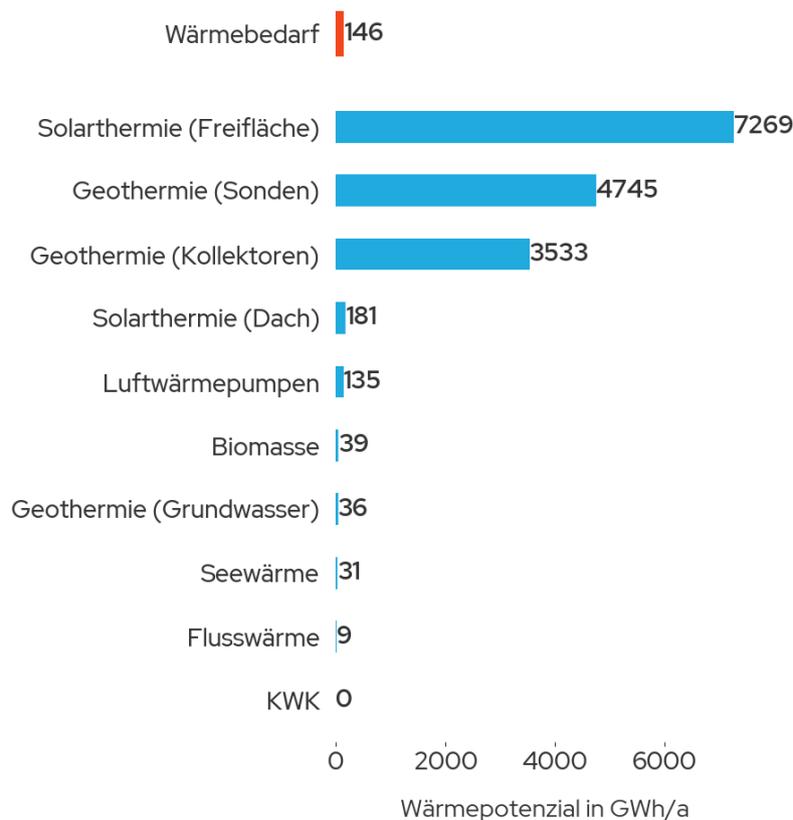
Zuletzt stellt die Biomassenutzung ein weiteres Potenzial dar. Biomasse kann entweder direkt thermisch verwertet oder zu Biogas vergoren werden. Geeignete Quellen umfassen landwirtschaftliche Reststoffe, Waldrestholz, Grünschnitt und kommunale Bioabfälle (siehe Abbildung 26). Die Potenzialabschätzung basiert auf durchschnittlichen Erträgen sowie der Anzahl an Einwohnenden. Für die Gemeinde Wardenburg ergibt sich daraus ein nutzbares Biomassepotenzial von über 28 GWh pro Jahr (siehe Abbildung 22). Aufgrund ihrer guten Speicherfähigkeit eignet sich Biomasse besonders für die Wärmeerzeugung in Zeiten geringer Verfügbarkeit anderer erneuerbarer Energien.



**Abbildung 26: Potenziale von Biomassennutzung in Wardenburg**

### 4.3.2. Potenziale zur Wärmeerzeugung

Die Untersuchung der thermischen Potenziale offenbart ein breites Spektrum an Möglichkeiten für die lokale Wärmeversorgung in der Gemeinde Wardenburg (siehe Abbildung 27). Auch eine potenzielle Reduktion des Wärmebedarfs wird in Abbildung 27 berücksichtigt. Durch eine konsequente energetische Sanierung der Bestandsgebäude in der Gemeinde Wardenburg könnte der jährliche Wärmebedarf um 58,9 GWh gesenkt werden – das entspricht etwa 58 % des gesamten Wärmebedarfs. Eine detaillierte Darstellung des Sanierungspotenzials ist in Abbildung 33 zu finden.



**Abbildung 27: Erneuerbare Wärmepotenziale in Wardenburg**

Mit einem jährlichen Potenzial von rund 7.269 GWh stellt die Solarthermie auf Freiflächen die bedeutendste erneuerbare Wärmequelle in der Gemeinde Wardenburg dar (siehe Abbildung 27). Dabei wird Sonnenstrahlung über Kollektoren in nutzbare Wärme umgewandelt und über ein Verteilsystem bereitgestellt. Die Potenzialflächen wurden anhand technischer Kriterien ausgewählt – unter Ausschluss von Schutzgebieten, baulichen Restriktionen und Flächen unter 500 m<sup>2</sup>. Besonders geeignete Areale in der Gemeinde sind in Abbildung 28 dargestellt.

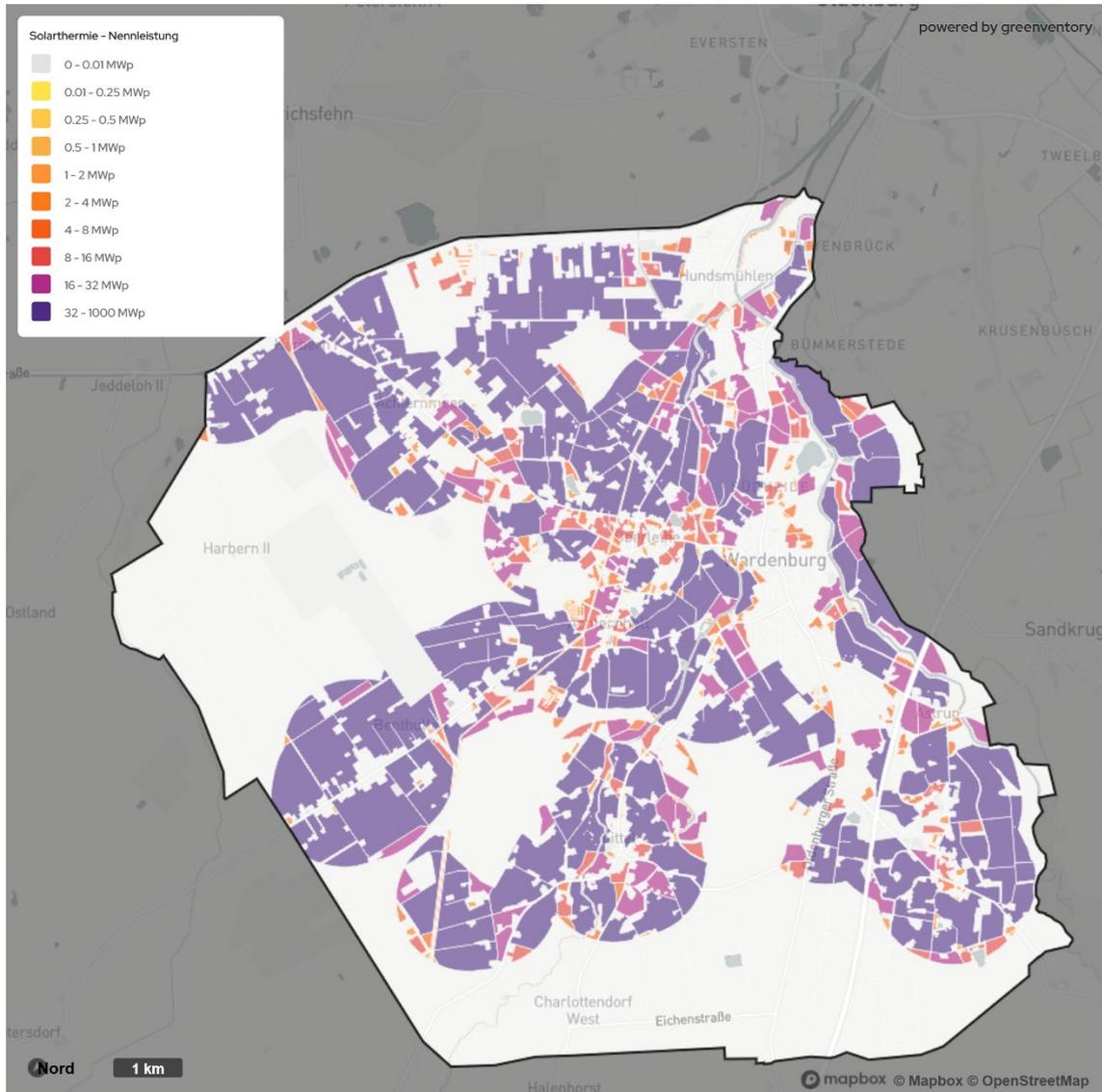
Die Potenzialberechnung basiert auf einer Leistungsdichte von 3.000 kW/ha und berücksichtigt Einstrahlung, Verschattung sowie eine wirtschaftliche Entfernung von maximal 1.000 m zur nächsten Siedlungsfläche.

Für die praktische Umsetzung sind neben der Flächenverfügbarkeit insbesondere die Anbindung an Wärmenetze sowie geeignete Speicherlösungen entscheidend.

Bei geringen solaren Deckungsanteilen (bis ca. 5 %) kann die erzeugte Wärme meist direkt ins Netz eingespeist werden – häufig genügt ein kleiner Pufferspeicher zur hydraulischen Entkopplung und zur Optimierung der Netzsteuerung. Steigt der Deckungsanteil auf etwa 15 %, ist in der Regel ein mehrtägiger Pufferspeicher erforderlich (Richtwert:  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2$  Bruttokollektorfläche), insbesondere wenn die Anlagenleistung die Engpassleistung am Einspeisepunkt übersteigt.

Bei höheren Deckungsanteilen wächst der Speicherbedarf deutlich: Für eine solare Deckung von 50 % ist ein saisonaler Langzeitspeicher notwendig (Richtwert:  $2 \text{ m}^3/\text{m}^2$  Bruttokollektorfläche). Die Integration solcher Systeme erfordert daher eine sorgfältige Planung.

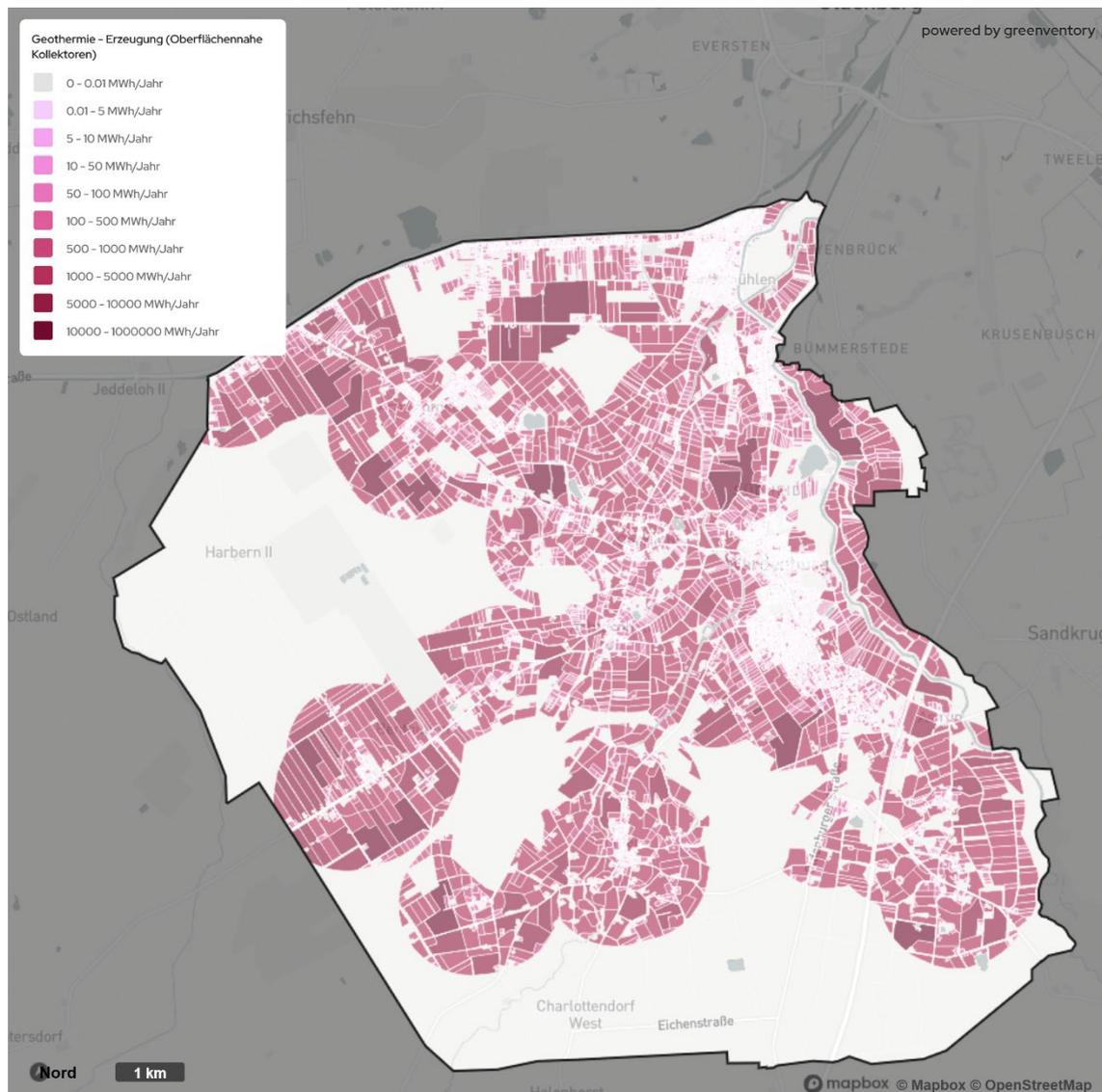
Zudem besteht eine Flächenkonkurrenz zwischen Solarthermie- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Die Herausforderung liegt darin, die thermischen Potenziale effizient mit den Wärmesenken zu verbinden. Daher ist die wirtschaftliche Integration von Solarthermie in Wärmenetze nur in ausgewählten Gebieten sinnvoll.



**Abbildung 28: Potenziale von Solarthermie-Freiflächen in Wardenburg**

Wärmepumpen spielen erwartungsgemäß eine zentrale Rolle in der klimaneutralen Wärmeversorgung. Sie gelten als etablierte und unter geeigneten Rahmenbedingungen hocheffiziente Technologie zur Wärmeerzeugung. Dabei entziehen sie der Umgebung – etwa Luft, Wasser oder Erdreich – Wärme und heben diese mithilfe eines Kältemittelkreislaufs auf ein nutzbares Temperaturniveau, vergleichbar mit einem umgekehrt arbeitenden Kühlschrank. So lassen sich Gebäude effizient beheizen und mit Warmwasser versorgen. In der Gemeinde Wardenburg bieten sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten für Wärmepumpen. Luftwärmepumpen haben hier ein jährliches Potenzial von 135 GWh (siehe Abbildung 27). Die Potenziale von Luftwärmepumpen und Erdwärmekollektoren ergeben sich jeweils im direkten Umfeld der Gebäude.

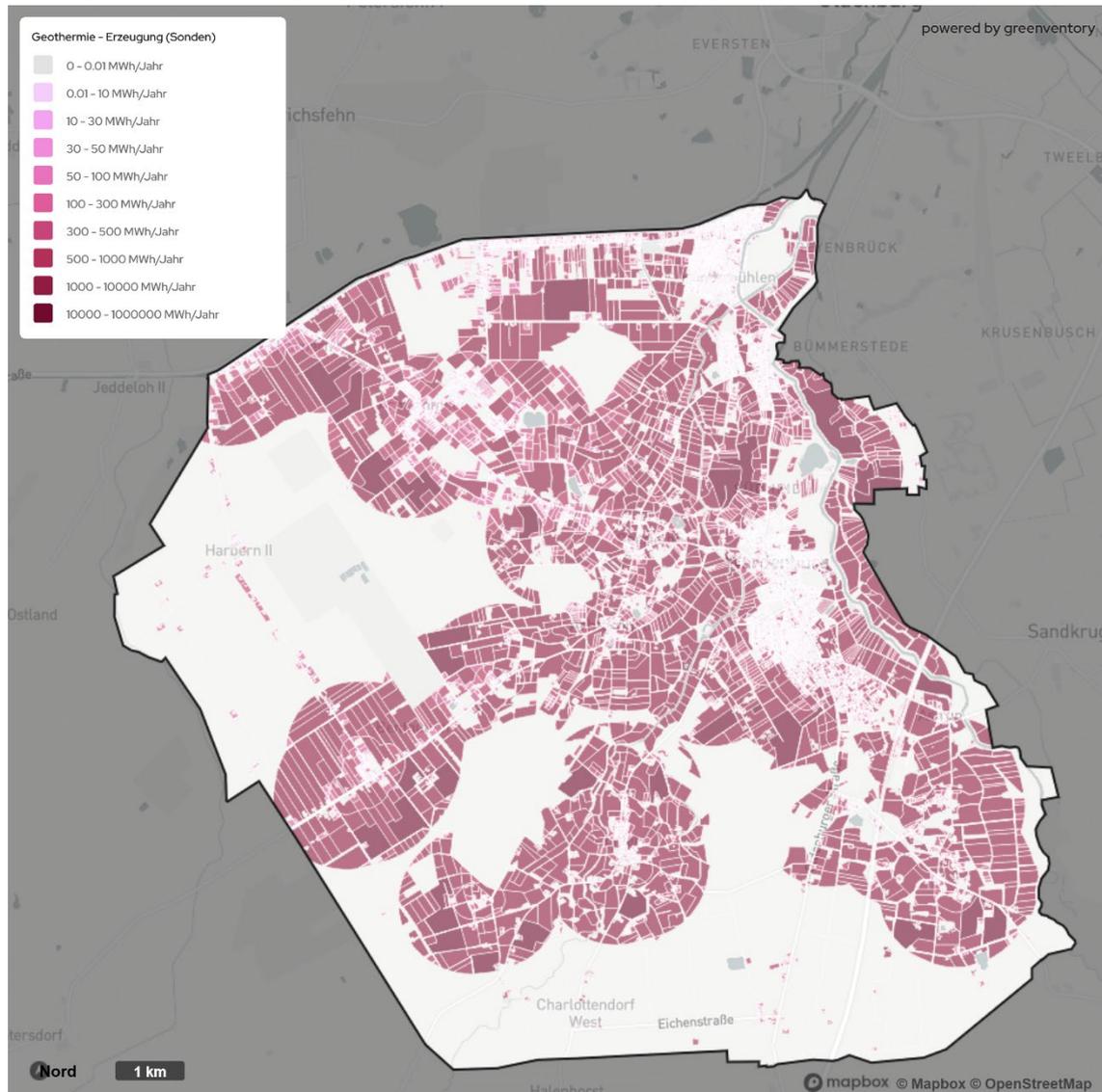
Die oberflächennahe Geothermie stellt mit einem jährlichen Potenzial von 3533 GWh eine besonders geeignete Ressource für die Gemeinde Wardenburg dar (siehe Abbildung 27). Die räumlich besonders geeigneten Flächen für Erdwärmekollektoren sind in Abbildung 29 dargestellt.



**Abbildung 29: Potenziale von oberflächennaher Geothermie (Erdwärmekollektoren) in Wardenburg**

Erdwärmekollektoren sind flach im Boden verlegte Wärmetauscher, die die über das Jahr hinweg konstante Temperatur des Erdreichs nutzen. Über ein Rohrsystem mit Wärmeträgerflüssigkeit wird die Wärme zur Wärmepumpe geleitet und dort für Heizzwecke aufbereitet.

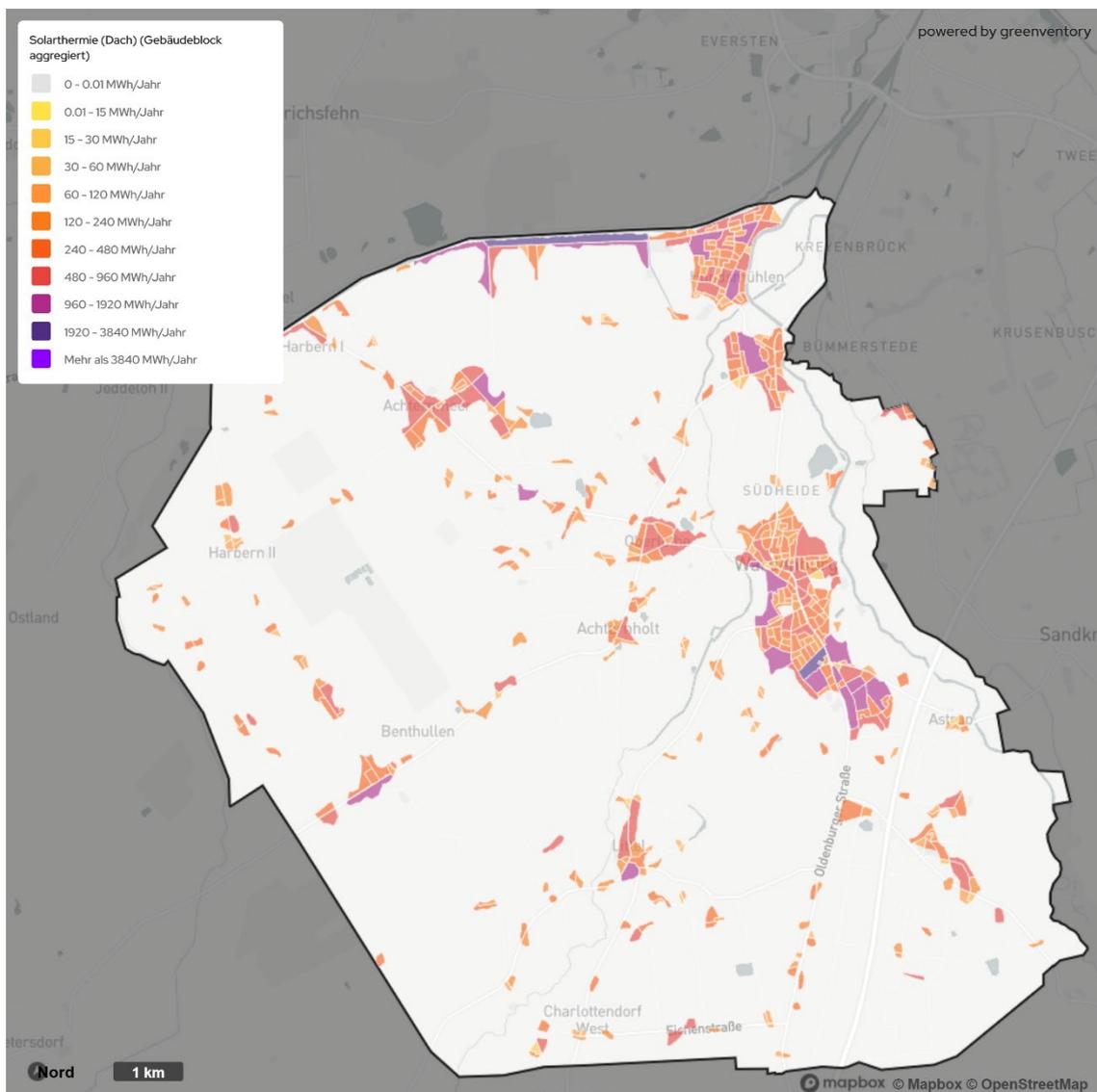
Oberflächennahe Geothermie in Form von Erdwärmesonden hat in der Gemeinde Wardenburg ein jährliches Potenzial von 4745 GWh (siehe Abbildung 27). Die räumlich besonders geeigneten Flächen für Erdwärmesonden sind in Abbildung 30 dargestellt.



**Abbildung 30: Potenziale von oberflächennaher Geothermie (Erdwärmesonden) in Wardenburg**

Diese Technologie nutzt konstante Erdtemperaturen bis 100 m Tiefe mit einem System aus Erdwärmesonden und Wärmepumpe zur Wärmeextraktion und -anhebung. Die Potenzialberechnung berücksichtigt spezifische geologische Daten und schließt Wohn- sowie Gewerbegebiete ein, wobei Gewässer und Schutzzone ausgeschlossen und die Potenziale einzelner Bohrlöcher unter Verwendung von Kennzahlen abgeschätzt werden. Die Entscheidung, ob eine Bohrung in einer etwaigen Wasserschutzzone zulässig ist, unterliegt der unteren Wasserbehörde des Landkreises und hängt von verschiedenen Faktoren ab.

Auch auf Dachflächen kann Solarthermie genutzt werden. In der Gemeinde Wardenburg bietet Solarthermie auf Dachflächen ein eher kleineres jährliches Potenzial von 181 GWh (siehe Abbildung 27). Besonders geeignete Areale in der Gemeinde Wardenburg sind in Abbildung 31 dargestellt.



**Abbildung 31: Potenziale von Solarthermie-Dachflächen in Wardenburg**

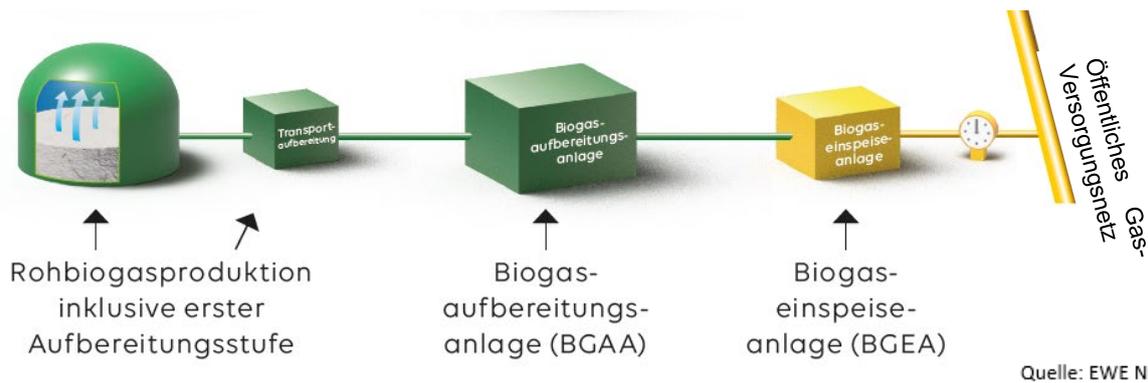
Bei Solarthermie auf Dachflächen wird mittels KEA-BW Methode das Potenzial aus 25 % der Dachflächen über 50 m<sup>2</sup> für die Wärmeerzeugung geschätzt. Die jährliche Produktion basiert auf 400 kWh/m<sup>2</sup> durch flächenspezifische Leistung und durchschnittliche Volllaststunden. Die Potenziale der Dachflächen für Solarthermie konkurrieren direkt mit den Potenzialen für Photovoltaik-Anlagen auf Dächern. Eine Entscheidung für die Nutzung des einen oder anderen Potenzials sollte individuell getroffen werden.

Das technische Potenzial der Flusswärme in der Gemeinde Wardenburg wurde mit 9 GWh pro Jahr berechnet (siehe Abbildung 27). Aufgrund naturschutzrechtlicher Einschränkungen ist jedoch fraglich, inwieweit dieses Potenzial tatsächlich nutzbar ist – seine praktische Relevanz dürfte daher begrenzt sein.

Das thermische Biomassepotenzial in der Gemeinde Wardenburg beläuft sich auf rund 39 GWh pro Jahr (siehe Abbildung 27). Es setzt sich aus verschiedenen Quellen zusammen, darunter Waldrestholz, Biomüll, Grünschnitt sowie potenziell anbaubare Energiepflanzen. Während Waldrestholz und Grünschnitt in Holz- oder Hackschnitzelkesseln energetisch genutzt werden können, dienen Energiepflanzen als Substrat für Biogasanlagen. In diesen Anlagen wird Biogas durch die anaerobe Vergärung organischer Stoffe im Fermenter erzeugt – ein Prozess, bei dem unter Ausschluss von Sauerstoff und mithilfe von Bakterien klimaneutrales Gas entsteht. Das bei der Verbrennung freigesetzte Kohlendioxid wurde zuvor im Pflanzenwachstum gebunden, wodurch Biogas als CO<sub>2</sub>-neutral gilt. Ein wesentlicher Vorteil gegenüber wetterabhängigen Technologien wie Photovoltaik ist die grundlastfähige und flexible Einsatzmöglichkeit von Biogasanlagen.

Grundsätzlich lassen sich zwei Typen von Biogasanlagen unterscheiden. Beim ersten Typ wird das erzeugte Biogas vor Ort genutzt: Nach Trocknung und Entschwefelung wird es in einem BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt. Die dabei entstehende Abwärme kann sowohl zur Beheizung des Fermenters als auch für Gebäude oder Wärmenetze verwendet werden. Der zweite Typ, die Biogaseinspeisung ins Gasnetz, sieht eine weitergehende Aufbereitung des Biogases vor. Nach Reinigung, Trocknung und Konditionierung wird es zu Biomethan veredelt, das in seiner Zusammensetzung Erdgas entspricht. Nach Verdichtung auf Netzdruck kann es in das öffentliche Gasnetz eingespeist und standortunabhängig genutzt werden – etwa für Brennkessel oder BHKWs. Diese Form der Nutzung ermöglicht eine flexible, bilanzielle Verwertung des erzeugten Biomethans, unabhängig vom Standort der Biogasanlage (siehe Abbildung 32).

Ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung des Biomassepotenzials ist die begrenzte Verfügbarkeit von Energiepflanzen. Angesichts ihrer geringen Flächeneffizienz – insbesondere im Vergleich zu Wind- und Solarenergie (vgl. Thünen-Institut, 2023) – erscheint es zunehmend sinnvoll, klimafreundlichere Alternativen zu klassischen Kulturen wie Mais zu fördern. Vorrang sollte künftig der Nutzung von Abfall- und Reststoffen eingeräumt werden, um Flächenkonkurrenzen zu vermeiden und die Nachhaltigkeit der Biomassenutzung zu erhöhen. Vor diesem Hintergrund empfiehlt sich der Einsatz von Biomasse insbesondere zur Deckung von Spitzenlasten, bei denen ihre flexible und grundlastfähige Verfügbarkeit gezielt zur Stabilisierung der Wärmeversorgung beitragen kann.



**Abbildung 32: Funktionsweise von Biogaseinspeisung**

Die Wirtschaftsstruktur der Gemeinde Wardenburg ist überwiegend durch mittelständische Unternehmen, kleinere Gewerbebetriebe sowie landwirtschaftliche und handwerkliche Strukturen geprägt. Großindustrielle Anlagen mit signifikantem Abwärmepotenzial sind nur vereinzelt vorhanden. In der näheren Umgebung befinden sich jedoch größere Betriebe, die potenziell relevante Wärmequellen darstellen könnten. Vor diesem Hintergrund erscheint die Nutzung industrieller Abwärme für die kommunale Wärmeversorgung derzeit nur in begrenztem Umfang realistisch. Das berechnete technische Potenzial liegt bei lediglich rund 1 GWh pro Jahr und ist damit im Vergleich zu anderen erneuerbaren Wärmequellen als gering einzustufen. Dennoch könnten einzelne Betriebe – insbesondere in Gewerbegebieten – perspektivisch zur Einspeisung von Abwärme beitragen, sofern geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden. Für eine fundierte Bewertung wären weiterführende Untersuchungen erforderlich, um konkrete Abwärmequellen zu identifizieren und deren Einbindung in ein Wärmenetz technisch und wirtschaftlich zu prüfen. Insgesamt ist industrielle Abwärme in der Gemeinde Wardenburg eher als ergänzende Option zu betrachten, die punktuell zur Effizienzsteigerung beitragen kann, jedoch nicht als tragende Säule der zukünftigen Wärmeversorgung fungiert.

Ein wichtiger Aspekt, der in der Betrachtung der erhobenen Potenziale Berücksichtigung finden muss, ist das Temperaturniveau des jeweiligen Wärmeerzeugers. Das Temperaturniveau hat einen signifikanten Einfluss auf die Nutzbarkeit und Effizienz von Wärmeerzeugern, insbesondere Wärmepumpen. Des Weiteren gilt es zu berücksichtigen, dass die meisten hier genannten Wärmeerzeugungspotenziale eine Saisonalität aufweisen, sodass Speicherlösungen für die bedarfsgerechte Wärmebereitstellung bei der Planung mitberücksichtigt werden sollten.

### 4.3.3. Einsatz von Wasserstoff

Fokus für den Wasserstoffeinsatz ist der Gewerbe- und Industriesektor, um Produktions- und notwendige Wärmeprozesse klimafreundlich darstellen zu können. Bisher existiert jedoch noch nicht die Netzinfrastruktur, um diese Gruppen der Kundschaft mit Wasserstoff versorgen zu können. Das sogenannte Wasserstoff-Kernnetz ist der Startschuss für die Umsetzung einer deutschlandweiten Wasserstoffinfrastruktur. Für eine Verteilung in der Fläche stehen die Verteilnetze zur Verfügung.

Wasserstoff – chemisch:  $H_2$  – kann in flüssigem oder gasförmigem Zustand per Tankwagen auf der Straße transportiert werden. Über längere Strecken ist jedoch der Transport durch Pipelines deutlich effizienter. Notwendig ist also der Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur, die für den  $H_2$ -Transport ausgelegt ist. Hier muss man nicht bei null anfangen, im Gegenteil: Die bestehenden Erdgasverteilnetze bieten technisch und wirtschaftlich ideale Voraussetzungen, um klimaneutrale Gase wie Wasserstoff (oder auch Biomethan) aufzunehmen, zu speichern, zu transportieren und in alle Sektoren zu verteilen. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Rohrleitungen in den deutschen Gasverteilnetzen zu über 97 Prozent aus den wasserstofftauglichen Materialien Stahl und Kunststoff bestehen. Auch bei den verbauten Armaturen und Einbauteilen sind laut DVGW e.V. grundlegend keine signifikanten Hürden zu erwarten.

Ein flächendeckendes Wasserstoffnetz und der Einsatz von Wasserstoff bei privaten Endverbrauchenden sind nach heutigem Stand unwahrscheinlich. Mit Strom und Abwärme stehen in der privaten Wärmeversorgung anders als bei Industrie und Gewerbe technische Alternativen zur Verfügung. Im Gegensatz zum Ausbau eines flächendeckenden Wasserstoffnetzes für die Wärmeversorgung ist der Anschluss von Wärmenetzen an das im Ausbau befindliche Wasserstoffnetz eher denkbar.

#### 4.3.4. Sanierung

Die energetische Sanierung des Gebäudebestands ist ein zentrales Instrument zur Erreichung der kommunalen Klimaziele. Die Analyse zeigt, dass durch umfassende Sanierungsmaßnahmen eine Reduktion des jährlichen Gesamtwärmeverbrauchs in der Gemeinde Wardenburg um bis zu 78 GWh bzw. knapp 50 % möglich wäre.

Wie zu erwarten, entfällt der größte Teil dieses Einsparpotenzials auf Gebäude, die vor 1978 errichtet wurden (siehe Abbildung 33). Diese Bauwerke sind sowohl aufgrund ihrer Anzahl als auch ihres energetischen Zustands besonders relevant, da sie vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnungen entstanden und daher einen erhöhten Sanierungsbedarf aufweisen.

Insbesondere im Wohngebäudebereich offenbart sich ein erhebliches Potenzial: Durch die energetische Optimierung der Gebäudehülle lassen sich signifikante Energieeinsparungen erzielen. In Kombination mit dem Austausch veralteter Heiztechnik ergibt sich vor allem bei Gebäuden mit Einzelversorgung ein großer Hebel zur Effizienzsteigerung.

Typische Maßnahmen zur energetischen Sanierung der Gebäudehülle, von der Dämmung der Außenwände bis hin zum Austausch von Fenstern, sind in der Infobox „Energetische Gebäudesanierung“ dargestellt. Diese sollten stets im Kontext des gesamten Sanierungspotenzials betrachtet und aufeinander abgestimmt werden.

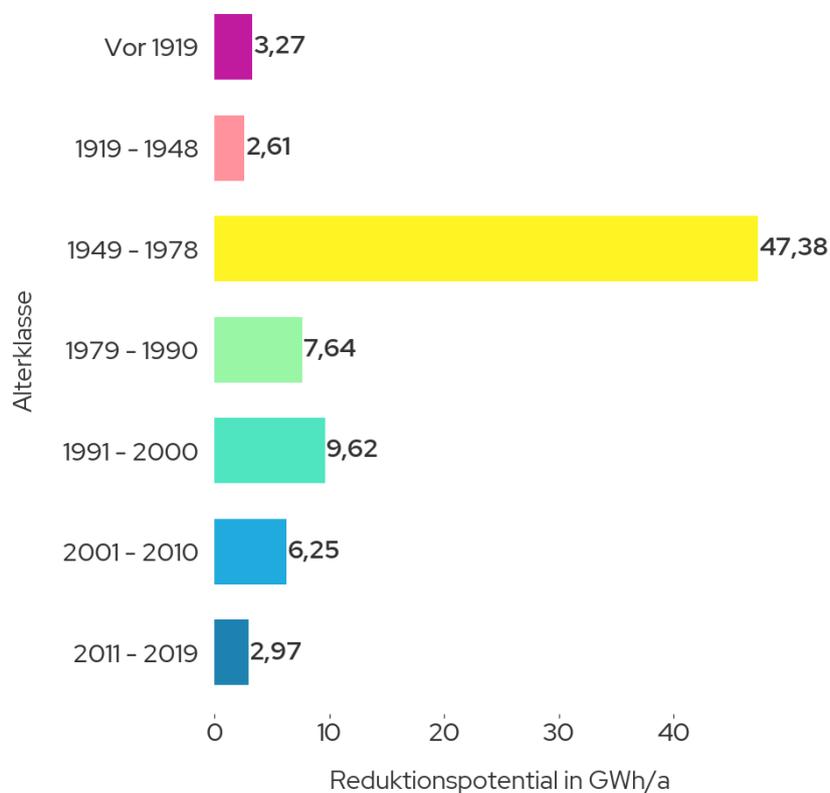
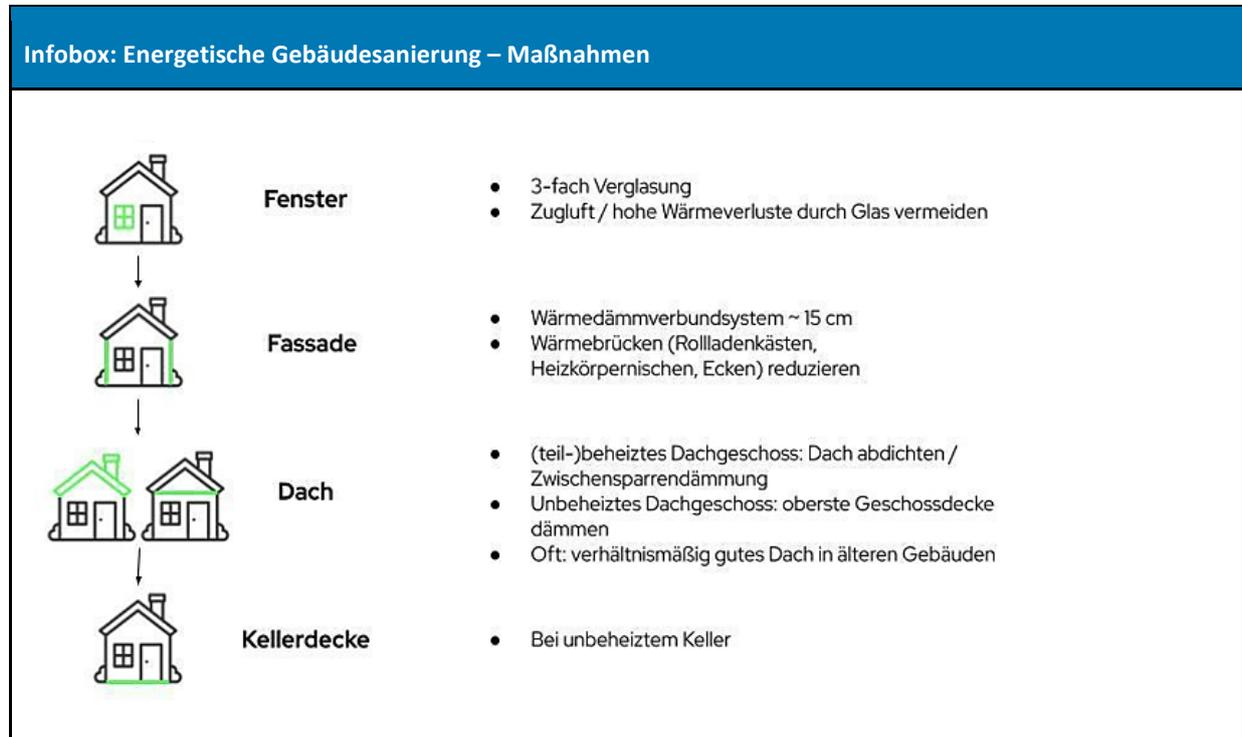


Abbildung 33: Reduktionspotential nach Baualterklassen in Wardenburg

Das Sanierungspotenzial bietet nicht nur eine beträchtliche Möglichkeit zur Reduzierung des Energiebedarfs, sondern auch zur Steigerung des Wohnkomforts und zur Wertsteigerung der Immobilien. Daher sollten entsprechende Sanierungsprojekte integraler Bestandteil der KWP sein.



#### 4.4. Zusammenfassung und Fazit der Potenzialanalyse

Die Analyse der Potenziale für die Verwendung erneuerbarer Energien in der Gemeinde Wardenburg zeigt vielversprechende Möglichkeiten für eine nachhaltige Wärmeversorgung auf.

Die Verteilung dieser Potenziale ist jedoch nicht gleichmäßig: In dicht bebauten Bereichen bieten sich insbesondere Solarthermie- und Photovoltaikanlagen auf Dachflächen sowie Erdwärmekollektoren in der direkten Umgebung von Gebäuden an. In den Randbereichen der Gemeinde Wardenburg gibt es zudem einzelne Freiflächen, die sich technisch gut für den Einsatz von Solarthermie oder Erdwärmesonden eignen. Außerhalb der Siedlungsbereiche sind zudem Erdwärmekollektoren-Felder oder größere Erdwärmesonden-Anlagen als mögliche Wärmequellen denkbar. Solarthermie auf Freiflächen weist ebenfalls ein großes Potenzial auf, erfordert jedoch eine detaillierte Planung hinsichtlich der Flächennutzung, der Integration in bestehende oder neue Wärmenetze sowie geeigneter Speichermöglichkeiten. Die Untersuchung dieser Potenziale kann auch in die weitere Analyse der Wärmenetzeignungsgebiete einfließen.

In der Gemeinde Wardenburg liegt das größte Einsparpotenzial in der energetischen Sanierung von Gebäuden, insbesondere bei öffentlichen Liegenschaften und Wohngebäuden. Vor allem Objekte, die vor 1978 errichtet wurden, bieten durch gezielte Sanierungsmaßnahmen erhebliche Effizienzsteigerungen. Wichtige erneuerbare Wärmequellen ergeben sich unter anderem durch die Kombination von Photovoltaik auf Dächern mit Wärmepumpen, den Einsatz von Solarthermie sowie die Nutzung von Erdwärme. Zusätzlich könnte Abwasserwärme aus der Kläranlage und unvermeidbare Abwärme aus Industriebetrieben zur Beheizung genutzt werden. Großformatige Luftwärmepumpen bieten ebenfalls eine flexible Lösung für Wärmenetze, insbesondere auf Gewerbeflächen, die sich als Standorte besonders gut eignen.

Die umfassende Untersuchung zeigt, dass es technisch möglich ist, den gesamten Wärmebedarf des Gebiets durch lokal verfügbare erneuerbare Energien zu decken. Dieses Ziel setzt jedoch eine differenzierte Betrachtung voraus, da die Potenziale in Abhängigkeit von Standort und Jahreszeit unterschiedlich ausgeprägt sind. Zudem muss die Nutzung von Flächen nicht nur aus energetischer, sondern auch aus städtebaulicher und wirtschaftlicher Perspektive abgewogen werden.

Bei der dezentralen Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien spielt die Verfügbarkeit geeigneter Flächen eine zentrale Rolle. Um eine effiziente Wärmeversorgung sicherzustellen, sind individuell angepasste Lösungen notwendig. Dabei sollten Dachflächenpotenziale sowie bereits versiegelte Flächen vorrangig betrachtet werden, bevor Freiflächen für die Energiegewinnung genutzt werden.

## 5. Eignungsgebiete für Wärmenetze

Wärmenetze sind eine Schlüsseltechnologie für die Wärmewende, jedoch sind diese nicht überall wirtschaftlich. Die Ermittlung von Eignungsgebieten für die Versorgung mit Wärmenetzen ist eine zentrale Aufgabe der KWP und dient als Grundlage für weiterführende Planungen und Investitionsentscheidungen (siehe Abbildung 34). Die identifizierten und in der KWP beschlossenen Eignungsgebiete können dann in weiteren Planungsschritten bis hin zur Umsetzung entwickelt werden.

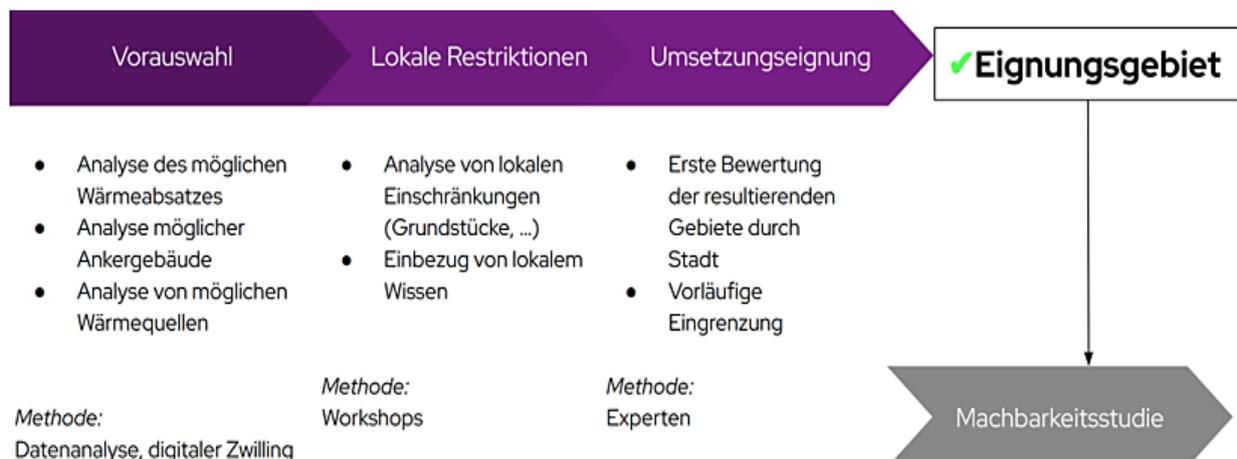


Abbildung 34: Vorgehensweise bei der Identifikation von Eignungsgebieten

Wärmenetze stellen eine effiziente Technologie dar, um große Versorgungsgebiete mit erneuerbarer Wärme zu erschließen und den Verbrauch mit den Potenzialen, welche sich oft an den Ortsrändern der Kommune oder außerhalb befinden, zu verbinden. Die Implementierung solcher Netze erfordert allerdings erhebliche Anfangsinvestitionen sowie einen beträchtlichen Aufwand in der Planungs-, Erschließungs- und Bauphase. Aus diesem Grund ist die sorgfältige Auswahl potenzieller Gebiete für Wärmenetze von großer Bedeutung.

Ein wesentliches Kriterium für die Auswahl geeigneter Gebiete ist die Wirtschaftlichkeit, welche durch den Zugang zu kosteneffizienten Wärmeerzeugern und einen hohen Wärmeabsatz pro Meter Leitung charakterisiert wird. Diese Faktoren tragen dazu bei, dass das Netz nicht nur nachhaltig, sondern auch wirtschaftlich tragfähig ist. Darüber hinaus hängt die Realisierbarkeit maßgeblich von den Tiefbaukosten und -möglichkeiten, der Akzeptanz und dem Potenzial der Kundschaft sowie vom Erschließungsrisiko der Wärmequelle ab. Schließlich ist die Versorgungssicherheit ein entscheidendes Kriterium. Diese wird sowohl organisatorisch durch die Wahl verlässlicher Betreiber und Lieferanten als auch technisch durch die Sicherstellung der Energieträgerverfügbarkeit, geringen Preisschwankungen einzelner Energieträger und das minimierte Ausfallrisiko der Versorgungseinheiten gewährleistet. Diese Kriterien sorgen dafür, dass die Wärmenetze nicht nur effizient und wirtschaftlich, sondern auch nachhaltig und zuverlässig betrieben werden können.

Bis es zum tatsächlichen Bau von Wärmenetzen kommt, müssen zahlreiche Planungsschritte durchlaufen werden. Die Wärmeplanung ist hier als ein erster Schritt zu sehen, in welcher geeignete Fokusgebiete identifiziert werden. Eine detaillierte, technische Ausarbeitung des Wärmeversorgungssystems ist nicht Teil des Wärmeplans, sondern wird im Rahmen von Machbarkeitsstudien erarbeitet.

In diesem Bericht wird zwischen zwei Kategorien von Versorgungsgebieten unterschieden:

#### **Eignungsgebiete für Wärmenetze**

- Gebiete, welche auf Basis der unter Kapitel 2.4 genannten Bewertungskriterien für Wärmenetze grundsätzlich geeignet sind.

#### **Einzelversorgungsgebiete**

- Gebiete, in welchen eine wirtschaftliche Erschließung durch Wärmenetze nicht gegeben ist. Die Wärmeerzeugung erfolgt individuell im Einzelgebäude.

### **5.1. Einordnung der Verbindlichkeit zum Neu- und Ausbau von Wärmenetzen**

Im Rahmen dieses Wärmeplans werden keine verbindlichen Ausbauentscheidungen getroffen. Die ausgewiesenen Eignungsgebiete für den Neu- oder Ausbau von Wärmenetzen dienen vielmehr als strategisches Planungsinstrument zur Orientierung für die zukünftige Infrastrukturentwicklung. Sie bieten eine erste räumliche Einschätzung, die jedoch keine Aussage über die tatsächliche Wirtschaftlichkeit oder technische Umsetzbarkeit trifft. Für eine konkrete Umsetzung sind daher vertiefende Einzeluntersuchungen erforderlich.

Grundsätzlich hat die Kommune die Möglichkeit, auf Grundlage des Wärmeplans sogenannte Wärmenetzvorranggebiete auszuweisen. In diesen kann ein Anschluss- und Benutzungszwang eingeführt werden. Für Neubauten gilt dieser unmittelbar, während im Gebäudebestand erst bei einer grundlegenden Änderung der bestehenden Wärmeversorgung eine Anschlussverpflichtung entsteht. Aufbauend auf den identifizierten Eignungsgebieten sollen in einem nachgelagerten Schritt Projektentwickler und Wärmenetzbetreiber konkrete Ausbauplanungen erarbeiten.

Im Hinblick auf die rechtliche Verzahnung mit dem Gebäudeenergiegesetz (GEG) ist zu beachten: Wird auf Grundlage eines Wärmeplans vor dem 30. Juni 2026 (in Kommunen mit über 100.000 Einwohnenden) bzw. vor dem 30. Juni 2028 (in kleineren Kommunen) ein Gebiet für den Neu- oder Ausbau eines Wärme- oder Wasserstoffnetzes ausgewiesen und öffentlich bekannt gemacht, greift die Verpflichtung zur Nutzung von mindestens 65 % erneuerbarer Energien in Heizsystemen bereits ab diesem Zeitpunkt. Der Wärmeplan allein entfaltet jedoch keine rechtliche Bindung – erst die förmliche Gebietsausweisung durch Ratsbeschluss und Veröffentlichung löst die entsprechenden Pflichten nach § 71 GEG aus (BMWK, 2023).

Das bedeutet: Sollte die Gemeinde Wardenburg vor 2028 entsprechende Gebiete ausweisen und veröffentlichen, tritt die 65 %-EE-Pflicht für neu eingebaute Heizsysteme in Bestandsgebäuden bereits einen Monat nach Bekanntgabe in Kraft.

## 5.2. Eignungsgebiete im Projektgebiet

Im Rahmen der Wärmeplanung lag der Fokus auf der Identifikation von Eignungsgebieten. Der Prozess der Identifikation der Eignungsgebiete erfolgte in drei Stufen:

**1. Vorauswahl:** Zunächst wurden die Eignungsgebiete automatisiert ermittelt, wobei ausreichender Wärmeabsatz pro Fläche bzw. Straßenzug und vorhandene Ankergebäude, wie kommunale Gebäude, berücksichtigt wurden.

**2. Lokale Restriktionen:** In einem zweiten Schritt wurden die automatisiert erzeugten Eignungsgebiete im Rahmen von Expertengesprächen näher betrachtet. Dabei flossen sowohl örtliche Fachkenntnisse als auch die Ergebnisse der Potenzialanalyse ein. Es wurde analysiert, in welchen Gebieten neben einer hohen Wärmedichte auch die Nutzung der Potenziale zur Wärmeerzeugung günstig erschien. Auch wurden Gebiete beleuchtet, die außerhalb des Vorauswahlprozesses lagen.

**3. Umsetzungseignung:** Im letzten Schritt unterzog die Verwaltung der Gemeinde Wardenburg die verbleibenden Gebiete einer weiteren Analyse und grenzte sie ein. Im Projektgebiet wurden die in Abbildung 35 eingezeichneten Fokusgebiete für eine zentrale Wärmeversorgung identifiziert. Sämtliche Gebiete, die nach den durchgeführten Analysen zum aktuellen Zeitpunkt als wenig geeignet für ein Wärmenetz eingestuft werden, sind als Einzelversorgungsgebiete ausgewiesen.

**Zusammensetzung der Wärmeerzeugung:** Mittels Kennzahlen und üblichen Auslegungsregeln wurde für die Eignungsgebiete ein Wärmeversorgungs-Szenario skizziert. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass 80 % der Heizlast des Versorgungsgebiet mittels einer Grundlast-Technologie erzeugt werden. Die Spitzenlast deckt die Energiemenge, die an den kältesten Tagen oder zu Stoßzeiten benötigt wird. Diese wird in der Praxis mit einer Technologie, die gut regelbar ist, realisiert (bspw. Biomethankessel).

Es handelt sich hierbei um ein technisch sinnvolles Zielszenario, welches als Orientierung für die Definition der folglich ermittelten Maßnahmen gedeutet werden soll. Die vorgeschlagenen Wärmeversorgungstechnologien sind nicht verbindlich und wurden auf der aktuell verfügbaren Datengrundlage ermittelt.

In den folgenden Abschnitten werden die Eignungsgebiete in kurzen Steckbriefen vorgestellt und eine mögliche Wärmeversorgung anhand der lokal vorliegenden Potenziale skizziert. In Tabelle 3 sind die Eignungsgebiete übersichtlich zusammengestellt. Die vorgeschlagenen nutzbaren Potenziale müssen auf die Machbarkeit, Umsetzbarkeit, Finanzierbarkeit und Wirtschaftlichkeit vertieft untersucht werden.

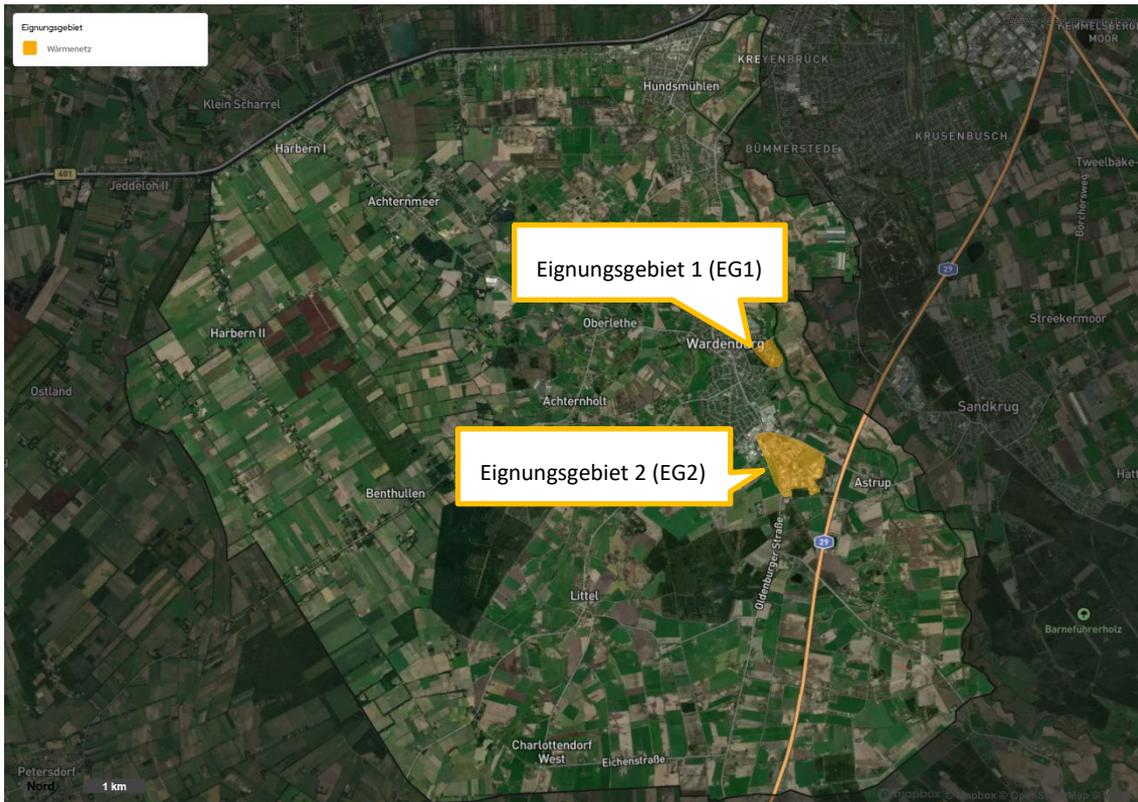
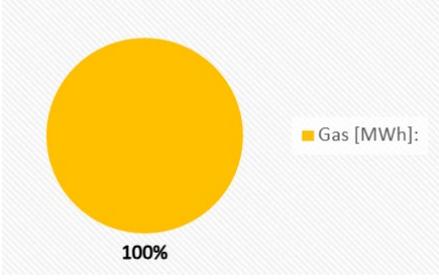


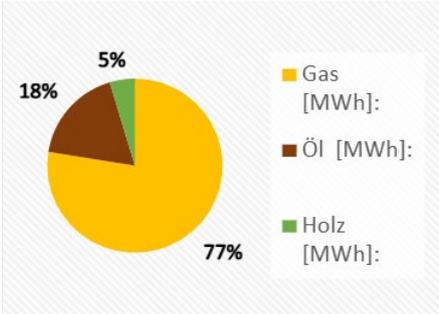
Abbildung 35: Räumliche Verteilung von Wärmenetzeignungsgebieten in Wardenburg

Tabelle 3: Übersicht über definierte Wärmenetzeignungsgebiete in Wardenburg

ID	Ort	Wärmenetzeignungsgebiet	Wärmebedarf heute [GWh/a] / Wärmeliniendichte (WLD)
EG1	Wardenburg	Eignungsgebiet Wardenburg: „IGS Wardenburg Am Everkamp“	1.001 MWh 3.502 kWh/m*a
EG2	Wardenburg	Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“	5.413 MWh 760 kWh/m*a

Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand
Eignungsgebiet Wardenburg: „IGS Wardenburg Am Everkamp“	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung mittels Biogases	Technisch	Hoch
<p><b>Gebietsbeschreibung:</b></p> <p>Das identifizierte Eignungsgebiet Am Everkamp zeigt durch die hohe Dichte an möglichen Ankerkunden ein großes Potenzial für den Bau eines Wärmenetzes. Aktuell wird die Gesamtschule, die angrenzende Schwimmhalle, der Tennisclub sowie das Bürgerhaus ausschließlich über Gasheizungen versorgt.</p> <p>Das Gebiet umfasst 16 Gebäude mit Baujahren zwischen 1968-1979. Des Weiteren handelt es sich um Nichtwohngebäude. Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von etwa 12,01 ha.</p>		 <p>A pie chart with a single yellow segment representing 100% of the energy consumption. The legend indicates 'Gas [MWh]'. The value '100%' is written below the chart.</p>	
<p><b>Energieversorgung:</b></p> <p>Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von rund 1.001 MWh vor, welcher durch das bestehende Erdgasnetz gedeckt wird. Der berechnete Wärmebedarf im Zieljahr 2045 beträgt ca. 676 MWh/a, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 32 % entspricht.</p> <p>Die Treibhausgas-Emissionen belaufen sich unter der jetzigen Versorgungssituation auf 276 t CO<sub>2</sub>-e/a. Das durchschnittliche Alter der Heizungsanlagen beträgt 10 Jahre und die installierte Heizleistung summiert sich auf 1.612 kW.</p> <p>Aufgrund der Gebäudestruktur und einer Wärmeliniendichte von durchschnittlich 3.502 kWh/m<sup>2</sup>a eignet sich dieses Gebiet für den Ausbau eines Wärmenetzes.</p>			
<p><b>Versorgungsoptionen:</b></p> <p>Die mögliche Versorgung des Eignungsgebietes könnte durch Biogas erfolgen. In ca. 1,3 km liegt ein großer landwirtschaftlich genutzter Hof, der die im Gebiet befindlichen Gebäude mit Wärme aus Biogas über ein Satelliten BHKW versorgen möchte. Des Weiteren besteht die Option das an die Huntestraße angrenzende Wohngebiet ebenfalls an das Wärmenetz anzuschließen.</p>			
<p><b>Auswirkungen:</b></p> <p>Wie im Abschnitt „Energieversorgung“ dargestellt, verursacht die derzeitige Wärmeversorgung im potenziellen Versorgungsgebiet jährlich rund 276 t CO<sub>2</sub>-e. Im Zieljahr wird mit Emissionen von etwa 187,7 t/a gerechnet, was einer Einsparung von rund 88,3 t/a bzw. 68 % gegenüber dem aktuellen Stand entspricht. Die genaue Ausgestaltung der Maßnahmen sollte im Rahmen einer empfohlenen Vorstudie erfolgen. Dabei sind auch mögliche bauliche Veränderungen und weitere infrastrukturelle Maßnahmen zu berücksichtigen.</p>			



Eignungsgebiet	Titel	Maßnahmenart	Aufwand								
Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“	Eignungsgebiet für zentrale Wärmeversorgung mittels Biogases	Technisch	hoch								
<p><b>Gebietsbeschreibung:</b></p> <p>Das Gewerbegebiet Astrup ist aufgrund der Vielzahl an möglichen Wärmequellen sowie mögliche Ankerkunden bei der Analyse für ein Fokusgebiet ausgewählt worden.</p> <p>Zum jetzigen Zeitpunkt beinhaltet das Gebiet 259 Gebäude (nicht gleichzusetzen mit potenziellen Wärmeabnehmern).</p> <p>Das Gebiet ist durch hauptsächlich durch eine gewerbliche Nutzung geprägt. Hier liegen potenzielle Abwärmequellen und mögliche Ankerkunden direkt aneinander. Hinzukommt ein durchschnittliches Heizungsanlagenalter von 16 Jahren. Die ansässigen Unternehmen könnten sich in diesem Gebiet zum Teil gegenseitig mit Wärmebeliefern. Das betrachtete Gebiet umfasst eine Fläche von etwa ca. 71 ha.</p>		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Energy Source</th> <th>Percentage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gas [MWh]</td> <td>77%</td> </tr> <tr> <td>Öl [MWh]</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Holz [MWh]</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table>		Energy Source	Percentage	Gas [MWh]	77%	Öl [MWh]	18%	Holz [MWh]	5%
Energy Source	Percentage										
Gas [MWh]	77%										
Öl [MWh]	18%										
Holz [MWh]	5%										
<p><b>Energieversorgung:</b></p> <p>Im Gebiet liegt heute ein jährlicher Wärmebedarf von rund 5.413 MWh vor, welcher größtenteils durch das bestehende Erdgasnetz gedeckt wird. Der berechnete Wärmebedarf im Zieljahr 2045 beträgt ca. 3.728 MWh/a, was einer Wärmebedarfsreduktion von ca. 31 % entspricht.</p> <p>Die Treibhausgas-Emissionen belaufen sich unter der jetzigen Versorgungssituation auf 1.401 t CO<sub>2</sub>-e/a. Das Heizungsanlagenalter beläuft sich auf durchschnittlich 16 Jahre und die installierte Heizleistung umfasst 5.903 kW.</p> <p>Aufgrund der Gebäudestruktur und einer Wärmeliniendichte von durchschnittlich 760 kWh/m<sup>2</sup>a eignet sich dieses Gebiet für den Ausbau eines Wärmenetzes.</p>											
<p><b>Versorgungsoptionen:</b></p> <p>In diesem Gebiet, in dem sich fast ausschließlich Gewerbeunternehmen befinden bietet sich eine gemeinsame Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der einzelnen Bedürfnisse und Interessen der dort ansässigen Unternehmen an. Damit können gewisse Synergien geschaffen werden und eine klimaneutrale Wärmeversorgung für die Zukunft entstehen. Eine Möglichkeit wäre es, die Büro- und Produktionsgebäude durch ein gemeinsames klimaneutrales Wärmenetze (Bsp. durch ein Biogas-BHKW) zu versorgen. Mit einem Zusammenschluss und dem Aufbau von einem klimaneutralen Wärmenetz ist es möglich, die Treibhausgasemissionen in diesem Gewerbegebiet zu senken. Die ausreichende Aufstellfläche für ein mögliches Heizhaus wäre auf dem Areal gegeben.</p>											

**Auswirkungen:**

Die durch die Wärmeversorgung erzeugten THG-Emissionen, wie im Abschnitt „Energieversorgung“ erläutert, belaufen sich im potenziellen Wärmenetzversorgungsgebiet auf bisher 1.401 t CO<sub>2</sub>-e pro Jahr. Die CO<sub>2</sub>-Emission im Zieljahr beläuft sich auf ca. 964 t/a was einer Ersparnis von ca. 436 t/a bzw. 28 % der aktuellen Emissionen gleichkommt.

Ein genaues Vorgehen sollte hierbei in der empfohlenen anschließenden Vorstudie erarbeitet werden und auch etwaige andere Baumaßnahmen beachtet werden.

**Gestehungskosten:**

Die Gestehungskosten stellen die Gesamtkosten für die Bereitstellung von Wärme im betrachteten potenziellen Wärmenetzeignungsgebiet dar. Sie umfassen Investitionskosten für den Bau der Netzinfrastruktur und der Erzeugungsanlagen bzw. Erschließung der Wärmequelle sowie Betriebskosten für Wartung, Brennstoff und Personal. Diese Kosten sind entscheidend für die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit des Wärmenetzes im Vergleich zu anderen Wärmeversorgungsoptionen (Vorgehen siehe Kapitel 6.2). Eine erste Ermittlung der Gestehungskosten in diesem Gebiet hat Kosten von 0,25 – 0,30 €/kWh ergeben (dieser Wert ist stark abhängig von der Einbindung der Wärmequelle und der einzusetzenden Anlagentechnik).



Abbildung 37: Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“

### 5.3. Weitere Prüfgebiete

Im Rahmen der Analyse möglicher Wärmenetzsignungsgebiete in der Gemeinde Wardenburg wurden mehrere Bereiche zunächst näher betrachtet. Einige dieser Prüfgebiete konnten jedoch nicht weiter berücksichtigt werden – entweder, weil die nach dem Wärmeplanungsgesetz erforderlichen Rahmenbedingungen bislang nicht ausreichend bekannt sind oder weil ein erheblicher Anteil der dortigen Letztverbrauchenden voraussichtlich über andere Versorgungsformen mit Wärme beliefert werden soll. Auch potenzielle Netzgebiete, die diese Kriterien nicht erfüllen, sind aus der weiteren Planung ausgeschlossen worden und finden im aktuellen Wärmeplan keine Berücksichtigung als Wärmenetzsignungsgebiete.

Abbildung 38 zeigt drei weitere Gebiete, die grundsätzlich eine geeignete Wärmelinendichte sowie potenzielle Ankerkundschaft aufweisen. Vertiefte Wirtschaftlichkeitsprüfungen ergaben, dass eine zentrale Wärmeversorgung hier derzeit nicht wirtschaftlich darstellbar ist.



**Abbildung 38: Prüfgebiete in Wardenburg**

Diese potenziellen Gebiete sollen jedoch nicht aus dem Blick geraten: Sie werden in der Evaluation der kommunalen Wärmeplanung in fünf Jahren erneut aufgegriffen und hinsichtlich ihrer Entwicklung und Eignung überprüft.

## 6. Zielszenario

Das Zielszenario zeigt die mögliche Wärmeversorgung im Zieljahr, basierend auf den Eignungsgebieten und nutzbaren Potenzialen. Dieses Kapitel beschreibt die Methodik sowie die Ergebnisse einer Simulation des ausgearbeiteten Zielszenarios (siehe Abbildung 39).



**Abbildung 39: Komponenten des Zielszenarios für 2040**

Die Formulierung des Zielszenarios ist zentraler Bestandteil des kommunalen Wärmeplans. Das Zielszenario dient als Blaupause für eine treibhausgasneutrale und effiziente Wärmeversorgung.

Das Zielszenario beantwortet qualitativ folgende Kernfragen:

- Wo können künftig Wärmenetze liegen?
- Wie lässt sich die Wärmeversorgung dieser Netze treibhausgasneutral gestalten?
- Wie erfolgt die Wärmeversorgung für Gebäude, die nicht an ein Wärmenetz angeschlossen werden können?

Die Erstellung des Zielszenarios erfolgt in drei Schritten:

1. Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs mittels Modellierung
2. Identifikation geeigneter Gebiete für Wärmenetze
3. Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung.

Zu beachten ist, dass das Zielszenario die Technologien zur Wärmeerzeugung nicht verbindlich festlegt, sondern als Ausgangspunkt für die strategische Infrastrukturentwicklung dient. Die Umsetzung dieser Strategie hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab – darunter die technische Realisierbarkeit der Einzelprojekte, die lokalen politischen Rahmenbedingungen, wirtschaftliche Aspekte (z. B. Energiepreise) sowie eine hohe Bereitschaft zur Gebäudesanierung und zum Heizungstausch sowie der Erfolg bei der Gewinnung von Kundschaft für Wärmenetze.

## 6.1. Erneuerbare Beheizungsoptionen und Wärmegestehungskostenvergleich

Um eine Grundlage zu schaffen, an der sich Eigentümerinnen und Eigentümer orientieren können, werden folgend einige gängige erneuerbare Heizoptionen erläutert und deren einhergehende Wärmegestehungskosten vergleichend abgeschätzt. Insbesondere die Betrachtung dezentraler Beheizungstechnologien kann mit weiteren Problemstellungen einhergehen, da mitunter größere individuelle Anpassungen innerhalb des Gebäudes vorgenommen werden müssen. Der Wärmegestehungskostenvergleich bezieht sich daher lediglich auf die Gebäudehülle und ist in der Realität stark abhängig von der individuell vorliegenden Gesamtsituation. Als Basisjahr für die Berechnung wurde mit Preis- und Kostenprognosen für das Jahr 2030 gerechnet.

### 1. Dezentrale Wärmeversorgung:

Die Wärmepumpe wird zukünftig bei der dezentralen Wärmeversorgung eine zentrale Rolle einnehmen und eine stark verbreitete Technologie sein. Sie gewinnt aus der Umwelt, z. B. dem Erdreich, aus dem Grundwasser oder der Luft die vorhandene Wärmeenergie und wandelt diese mithilfe eines Kältekreislaufs auf ein höheres Temperaturniveau um (siehe Abbildung 40). Mittels der gewonnenen Wärme wird dann ein Gebäude beheizt und das Warmwasser aufbereitet. Je höher und konstanter dabei die gewonnene Wärme ist, desto geringer sind die benötigten Energiekosten. Gemessen wird diese Effizienz einer Wärmepumpe mittels der Jahresarbeitszahl (JAZ).

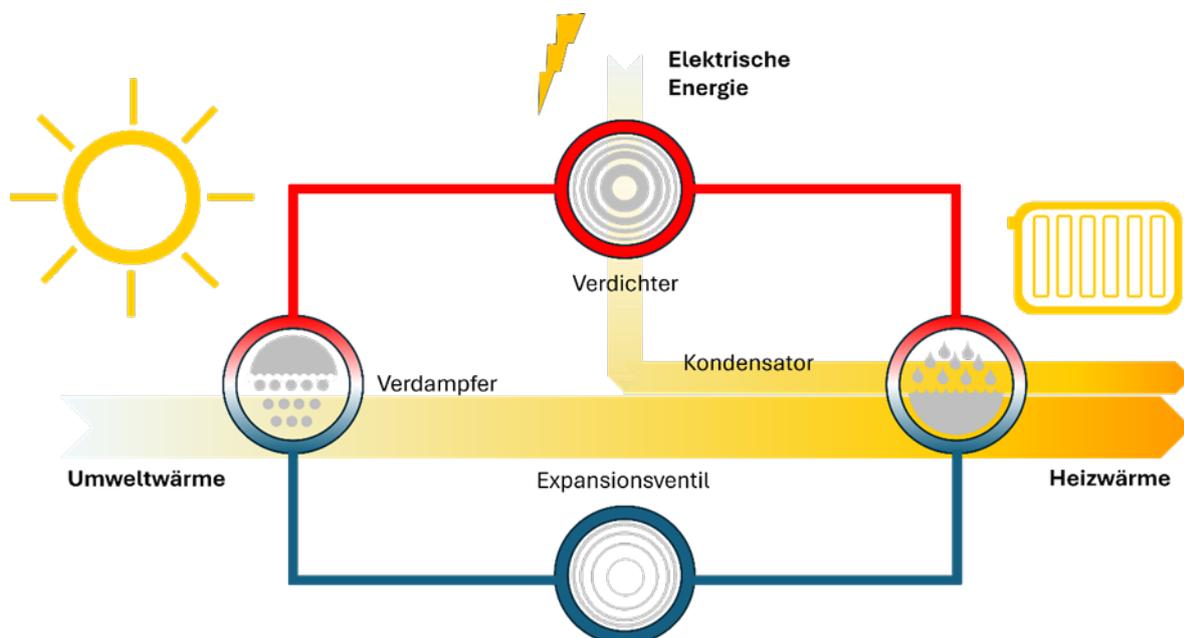


Abbildung 40: Funktionsschema einer Wärmepumpe

Die einzelnen Pumpenarten einer Wärmepumpe unterscheiden sich nach den verschiedenen Wärmequellen in Luft-Wasser-Wärmepumpen, Sole-Wasser-Wärmepumpen und Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Die Lautstärke einer Wärmepumpe hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich des Modells, Typs und der Installationsweise. Im Allgemeinen sind die meisten modernen Wärmepumpen konzipiert, um so leise wie möglich zu arbeiten. Luft-Wasser- und Luft-Luft-Wärmepumpen können Geräusche im Bereich von 40-60 dB(A) erzeugen, was vergleichbar ist mit einem leisen Gespräch oder Hintergrundmusik. Sole-Wasser-Wärmepumpen sind in der Regel leiser, da die Hauptkomponenten im Haus installiert werden können. Sie können Geräusche im Bereich von 35-45 dB(A) erzeugen. Es ist auch wichtig zu berücksichtigen, wo die Wärmepumpe installiert wird. Ein Standort weiter von den Ruhebereichen entfernt, minimiert die eventuelle Geräuschbelästigung.

Die Amortisationszeit nach dem Kauf einer Wärmepumpe, beispielsweise für ein Einfamilienhaus, variiert abhängig von verschiedenen Faktoren wie den spezifischen Installationskosten, den lokalen Energiepreisen, der Energieeffizienz der Wärmepumpe, der Nutzung und den Wartungskosten. Jede Situation ist einzigartig, und es ist hilfreich, eine Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen, um eine genauere Schätzung der Amortisationszeit im eigenen Fall zu erhalten. Bei der Anschaffung einer modernen Wärmepumpe erhält man zurzeit staatliche Fördermittel.

**Funktion der Luft-Wasser-Wärmepumpe:** Die Luft-Wasser-Wärmepumpe ist hinsichtlich der Investitionen die günstigste Variante und auch die am stärksten verbreitete Wärmepumpe. Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe sorgt einerseits für die Versorgung eines Gebäudes mit Wärme und andererseits für die Aufbereitung des Warmwassers. Dazu saugt ein eingebauter Ventilator die Umgebungsluft aktiv an und leitet sie an einen Verdampfer weiter, in dem sich ein flüssiges Kältemittel befindet. Dieses Kältemittel verändert bereits bei geringer Temperatur seinen Aggregatzustand. Sobald die „warme“ Umgebungsluft und das Kältemittel aufeinanderstoßen, verdampft das Kältemittel. Da die Temperatur des dabei entstehenden Dampfes noch zu niedrig ist, strömt der Dampf zu einem elektrisch angetriebenen Verdichter weiter. Dieser sorgt dafür, dass das Temperaturniveau des Dampfes ansteigt, sprich es wird heißer. Ist das gewünschte Temperaturniveau erreicht, gelangt der erwärmte und unter Druck stehende Kältemitteldampf in einen Verflüssiger. Hier gibt er seine Wärme an das Heizsystem ab und kondensiert. Anschließend wird das Kältemittel zu einem Expansionsventil weitergeleitet, in dem der Druck und die Temperatur des Kältemittels wieder sinken und somit wieder den Ausgangszustand erreichen. Das nun flüssige, entspannte Kältemittel wird schließlich zum Verdampfer zurückgeführt.

**Vorteile der Luft-Wasser-Wärmepumpe:** Die Luft-Wasser-Wärmepumpe gewinnt den Großteil der Wärme aus der kostenfreien Umgebungsluft, und das zu jeder Jahreszeit. Es werden keine Bohrungen, Kollektoren etc. für die Wärmeengewinnung benötigt. Neben der Luft benötigt sie noch Strom. Mit Einsatz von grünem Strom kann somit CO<sub>2</sub>-neutral geheizt werden. Allgemein besteht beim Einsatz einer Wärmepumpe nicht mehr die Abhängigkeit von Erdgas oder Heizöl. Bei Luft-Wasser-Wärmepumpen sind üblicherweise keine behördlichen Genehmigungen notwendig.

**Kombination der Wärmepumpe mit einer Photovoltaik- oder Solarthermieanlage:** Wärmepumpen können auch mit einer Solarthermieanlage zur Unterstützung der Warmwassererwärmung und/oder mit einer Photovoltaikanlage zur Stromerzeugung kombiniert werden. Damit können die Energiekosten weiter gesenkt und die Umwelt entsprechend geschont werden.

**Einsatz der Wärmepumpe in Altbauten:** Trotz höherer Vorlauftemperaturen sind Wärmepumpen in Altbauten durchaus effizient. Dies lässt sich belegen durch eine Studie des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (Quelle: Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Abschlussbericht, Wärmepumpen in Bestandsgebäuden, Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „WPsmart im Bestand“).

In der Erhebung des Fraunhofer ISE kommen die untersuchten Luft-Wärmepumpen in Bestandsbauten auf Jahresarbeitszahlen zwischen 2,5 und 3,8, woraus sich ein Mittelwert von 3,1 ergibt. Zur Einordnung: Als effizient gilt eine Wärmepumpe ab einem Wert von etwa 3. Somit lässt sich belegen, dass Wärmepumpen im Altbau durchaus effizient sind – trotz höherer Vorlauftemperaturen (circa 45 Grad Celsius).

Inwiefern sich ein Bestandsgebäude für die Wärmepumpe eignet, hängt weniger vom Alter als vom Zustand eines Gebäudes ab. Denn wenn das Heizsystem eine höhere Vorlauftemperatur benötigt, dann um die größeren Wärmeverluste der Gebäudehülle zu decken. Das bedeutet aber keineswegs, dass Wärmepumpen für Altbauten per se keine Option sind. Es gibt verschiedene Maßnahmen, mit denen die notwendige Vorlauftemperatur im Altbau effektiv absenkt werden kann.

**Wirksame Dämmung:** Um die notwendige Vorlauftemperatur zu senken und damit die Wärmepumpe zu entlasten, müssen Wärmeverluste nach Möglichkeit vermieden werden. Je weniger Wärme beispielsweise über die Wände, das Dach, Fenster und Türen an die Umgebung verloren geht, desto weniger neue Energie muss das Heizsystem nachliefern. Bleibt die Wärme möglichst lang erhalten, lässt sich auch die Vorlauftemperatur niedriger einstellen. Insofern gehört eine wirksame Wärmedämmung zu den effektivsten Maßnahmen, damit eine Wärmepumpe im Altbau effizient arbeitet.

**Großflächige Heizkörper:** Mit den richtigen Heizkörpern lassen sich Räume auch mit niedrigen Temperaturen effektiv beheizen. Je größer die Übertragungsfläche, desto besser gibt die Heizung ihre eingestellte Temperatur an den Raum ab. Für eine hohe Anlageneffizienz bietet sich vor allem die Fußbodenheizungen an (weitere Vorteile: angenehme Wärme, geringere Luftzirkulation und Staubaufwirbelungen, Gewinn an Raumfläche durch Entfall der Heizkörper).

Eine preiswertere Alternative zur Fußbodenheizung sind Niedertemperaturheizkörper, die häufig auch als Wärmepumpenheizkörper bezeichnet werden. Dabei handelt es sich um besonders großflächige Flachheizkörper, die schon bei einer geringen Vorlauftemperatur zwischen 35 und 45 Grad Celsius angenehm schnell und energiesparend Wärme erzeugen.

**Hydraulischer Abgleich:** Beim hydraulischen Abgleich stellen Fachleute die Heizungsanlage so ein, dass alle Heizkörper im Gebäude ideal mit warmem Heizwasser versorgt werden.

Auf diese Weise erwärmen sich auch diejenigen Radiatoren schnell, die weiter von der Heizungsanlage entfernt liegen – zum Beispiel in den oberen Stockwerken eines Wohnhauses.

**Biomasseheizungsanlagen:** Neben dem Einsatz von Wärmepumpe kann perspektivisch der Energieträger Biomasse an Bedeutung zunehmen. Mit diesem lassen sich große Leistungen sowie Temperaturen erzielen und der Brennstoff ist verlustfrei speicherbar. Beispiele sind klassische Holzheizungen, wie auch Holzpelletheizungen.

In Holzpelletkesseln bzw. -öfen werden wenige Zentimeter lange und ca. 6 mm dünne Holzpresslinge (Pellets) verbrannt. Diese Holzpellets bestehen aus getrocknetem, naturbelassenem Sägemehl, Hobelspäne oder Waldrestholz. Die Pelletkessel werden oftmals vollautomatisch mittels Förderschnecke oder Saugsystem mit Pellets aus einem Pellet- Lagerraum beschickt. Der Bedienkomfort ist ähnlich wie bei anderen Heizungsanlagen.

Der Einbau von Pufferspeichern bei der Installation der Pelletheizung liefert den Vorteil, dass die Anzahl der Brennerstarts reduziert werden und der Kessel unter Vollastbetrieb laufen kann. Dadurch ergibt sich ein besserer Wirkungsgrad und die Emissionen können reduziert werden.

Durch die Kombination der Holzpelletheizung mit einer Solarthermie-Anlage kann eine noch sparsamere und effizientere Wärmeversorgung realisiert werden.

**Solarthermie:** Bei der Solarthermie wird die Sonnenenergie über Kollektoren für die Erwärmung einer sogenannten Solarflüssigkeit genutzt. Die Solarflüssigkeit strömt über ein Rohrleitungssystem zum Pufferspeicher. Über Heizwendel gibt die Flüssigkeit die Wärme an das Wasser im Speicher ab. Bei der Solarthermie wird ein zusätzlicher Wärmeerzeuger benötigt, zumal die Sonnenenergie nicht immer zur Verfügung steht.

**Hybridheizungen:** Eine Hybridheizung kombiniert die Vorteile mehrerer Heizsysteme (z. B. Solarthermie, Wärmepumpe, Holzheizung, Erdgasheizung, Biomethanheizung) mittels einer intelligenten Regelung und einem Pufferspeicher miteinander. Werden ausschließlich regenerative Heizsysteme kombiniert, dann spricht man von einer sogenannten Erneuerbaren Energien-Hybridheizung. Oftmals kommt bei Hybridheizungen die Solarthermie zum Einsatz.

**Elektroheizung:** Die Elektroheizungen (E-Heizungen) werden für die Raumerwärmung oder auch für die Warmwassererzeugung eingesetzt. Elektroheizungen benötigen keine Rohrleitungen, sondern lediglich Stromanschlüsse, zumal die Wärme direkt in den einzelnen „Geräten“ erzeugt wird. Sie sind klimafreundlich, sofern sie mit regenerativem Strom versorgt werden. Folgende unterschiedliche Arten kommen zum Einsatz:

Die Elektrodirektheizung wird oftmals als Raumheizung (Heizlüfter, Heizstrahler, Elektroflächenheizung in Wand, Decken oder Böden) genutzt, um in kurzer Zeit Wärme liefern zu können.

Die Infrarotheizung überträgt die Wärme nicht an die Luft, sondern über Strahlung an andere Körper bzw. Objekte. Sie wird oftmals als Fußboden- oder auch Wandheizung eingesetzt oder auch als Strahler (z. B. im Außenbereich von Restaurants).

Elektroheizpatronen kommen oftmals in Wandheizkörpern in Badezimmer mit Fußbodenheizung als Zusatzheizung zum Einsatz. Der Heizeinsatz wird direkt im Heizkörper installiert, sodass in kurzer Zeit eine Erwärmung der Raumluft erfolgen kann.

Nachspeicheröfen sind eine Heizungstechnik, die verstärkt in den vergangenen Jahrzehnten zum Einsatz kam. Nachts erfolgt die Aufheizung des Speichers mittels günstigen Stromes und tagsüber kann die Wärmeenergie z. B. über Heizlüfter der Raumluft zugeführt werden.

## **2. Zentrale Wärmeversorgung:**

Neben der dezentralen Wärmeversorgung kann die Wärme auch zentral erzeugt und mittels eines Leitungsnetzes verteilt werden. Wärmenetze bieten Vorteile hinsichtlich des Platzbedarfs für Übergabestationen sowie eventueller Lagerstätten für Energieträger, da letztere zentral beim Wärmeerzeuger angesiedelt sind. In der Regel wird eine Hausanschlussleitung an das Wärmenetz angelegt und eine Durchführung in das Gebäude realisiert. Dort wird die Übergabestation installiert und an das gebäudeinterne Leitungsnetz angebunden. Ein elementarer Vorteil gegenüber der Wärmepumpentechnologie ist die geräuschlose und platzeffiziente Umsetzbarkeit dieses Systems und der Fakt, dass keine Stellfläche bereitgestellt werden muss. Dies ist im Besonderen eine Herausforderung in städtischen Gebieten. Des Weiteren sind je nach zentralem Erzeuger beliebige Temperaturniveaus erreichbar, wobei etwaige Energieverluste beim Wärmetransport mit der Vorlauftemperatur steigen.

Im Gegensatz zur dezentralen Wärmeversorgung, bei der der Energieanbieter gewechselt werden kann, ist das Wärmenetz ein Monopol, sodass man an mögliche Veränderungen der Kostenstrukturen gebunden ist. Ein Wechsel des Heizungssystems ist aufwendig, was auch für den Aufbau eines Wärmenetzes gilt. Allerdings kann die Nutzung eines Wärmenetzes wirtschaftlich vorteilhaft sein, durch Skalen- und Gleichzeitigkeitseffekte. Zudem sind die Anfangsinvestitionen sowie die Instandhaltungs- und Wartungskosten für Endverbraucher geringer.

## **3. Wärmegestehungskostenvergleich:**

Die zuvor beschriebenen Beheizungsoptionen haben unterschiedliche Eigenschaften, wie erzielbare Temperaturen oder auch Leistungskenngrößen, inne. Somit ist ein bloßer Vergleich anhand Wärmegestehungskosten mitunter unzureichend und es bedarf eines individuellen Vergleichs der jeweils vorliegenden Gesamtsituation. Dieser sollte unter anderem Wärmebedarf, Leistungsbezug sowie das benötigte Temperaturniveau berücksichtigen.

In Tabelle 4 sind einige klassische Versorgungsfälle dargestellt. Um relative Vergleichbarkeit bei den dezentralen Versorgungsoptionen zu erhalten, wurde von einem Verbrauchenden ausgegangen, der jährlich 18 MWh an Wärme bezieht, mit einer Anlagengröße von 10 kW und einer Förderungsquote von 40 %.

Die zentralen Wärmenetzlösungen bedienen dasselbe Wärmenetz mit einem Wärmebedarf von 8 GWh und einer Netzlänge von 2.000 Metern und sind jeweils mit einem Redundanzheizkessel auf Biomethanbasis versehen, der 20 % der Jahreslast übernimmt.

Ebenfalls ist zur Entkoppelung des Strom- und Wärmesektors ein Mehrtagespeicher bei den Wärmepumpenszenarien einbezogen. Gleiches gilt für das Biomasseheizwerk, um eine Teillastfahrweise zu vermeiden. Es ist darauf hinzuweisen, dass insbesondere die zukünftigen Kosten des Energieträgers Biomethan als äußerst ungewiss gelten, da die Nachfragestruktur die der Preisprognose zugrunde liegt enorm steigen könnte.

**Tabelle 4: Wärmegestehungskostenvergleich verschiedener Versorgungsstrukturen mit und ohne Wärmenetz im Jahr 2030**

Zentral/Dezentral	Wärmeerzeuger	Wärmegestehungskosten [ct/kWh]
Dezentral	LW-Wärmepumpe	21 - 25
Dezentral	SW-Wärmepumpe	18 - 22 exklusive Bohrung
Dezentral	Biomasseheizung	18 - 23
Zentral	LW-Wärmepumpe	24 - 28
Zentral	Flusswasser-Wärmepumpe	20 - 24
Zentral	Biomasseheizwerk	23 - 28
Zentral	Biomethan	24 - 30

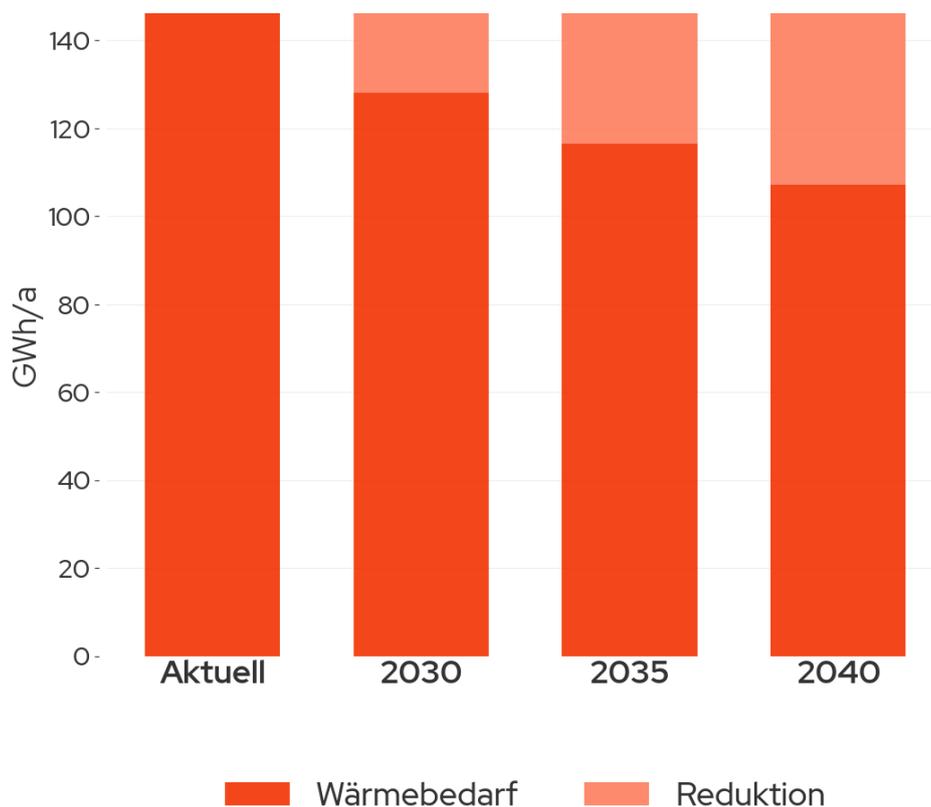
## 6.2. Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs

Die Senkung des Wärmebedarfs stellt eine zentrale Voraussetzung für das Gelingen der Wärmewende dar. Im Zuge der Analyse wurde ein Zielszenario mit einer jährlichen Sanierungsrate von 2 % entwickelt (dena, 2016).

Die Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs erfolgt unter Nutzung von repräsentativen Typgebäuden. Diese basieren auf den Gebäudetypologien nach TABULA (IWU, 2012). Für Nichtwohngebäude wird eine Reduktion des Wärmebedarfs anhand von Reduktionsfaktoren berechnet. Es werden folgende Einsparungen des Wärmebedarfs bis 2050 angenommen und entsprechend auf 2040 angepasst:

- Gewerbe, Handel & Dienstleistungen: 37 %
- Industrie: 29 %
- Kommunale Liegenschaften: 33 %

Die Simulation der Sanierung erfolgt jahresscharf und gebäudespezifisch. Jedes Jahr werden dabei die 1,9 % der Gebäude mit dem schlechtesten Sanierungszustand saniert. Abbildung 41 zeigt den Effekt der Sanierung auf den zukünftigen Wärmebedarf.



**Abbildung 41: Wärmebedarf und Wärmebedarfsreduktion nach energetischer Sanierung in Ziel- und Zwischenjahren in Wardenburg**

Für das Zwischenjahr 2030 ergibt die Simulation einen Wärmebedarf von ca. 128 GWh/a, also eine Minderung von 12,5 %. Für 2035 ergibt sich eine Senkung auf ca. 116 GWh/a, also 20,3 % Reduktion des Wärmebedarfs gegenüber dem Basisjahr. Durch fortlaufende Sanierungen ließe sich also zum Zieljahr 2040 fast 27 % des Wärmebedarfs einsparen. Es wird deutlich, dass sich durch eine Priorisierung der Gebäude mit dem höchsten Sanierungspotenzial bis 2030 bereits ca. 50 % des gesamten Reduktionspotenzials erschließen lassen.

### 6.3. Ermittlung der zukünftigen Wärmeversorgung

Nach der Ermittlung des zukünftigen Wärmebedarfs und der Bestimmung der Eignungsgebiete für Wärmenetze erfolgt die Ermittlung der zukünftigen Versorgungsinfrastruktur. Es wird jedem Gebäude eine Wärmeerzeugungstechnologie zugewiesen. Bei den Wärmenetzen wird nicht davon ausgegangen, dass alle Gebäude sich anschließen, sondern eine Anschlussquote von 70 % mittels Hausübergabestation angenommen. In diesem Szenario werden 1,8 % der Gebäude über Wärmenetze versorgt (siehe Abbildung 42).

Gebäude außerhalb der Eignungsgebiete werden individuell beheizt. Dort, wo die Voraussetzungen für den Einsatz einer Wärmepumpe gegeben sind, etwa ausreichender Platz oder geeignete geologische Bedingungen, wird entweder eine Luftwärmepumpe oder eine Erdwärmepumpe vorgesehen. Ist dies nicht möglich, wird ein Biomassekessel als Wärmeerzeuger angenommen. Letzterer kommt auch bei größeren gewerblichen Gebäuden zum Einsatz.

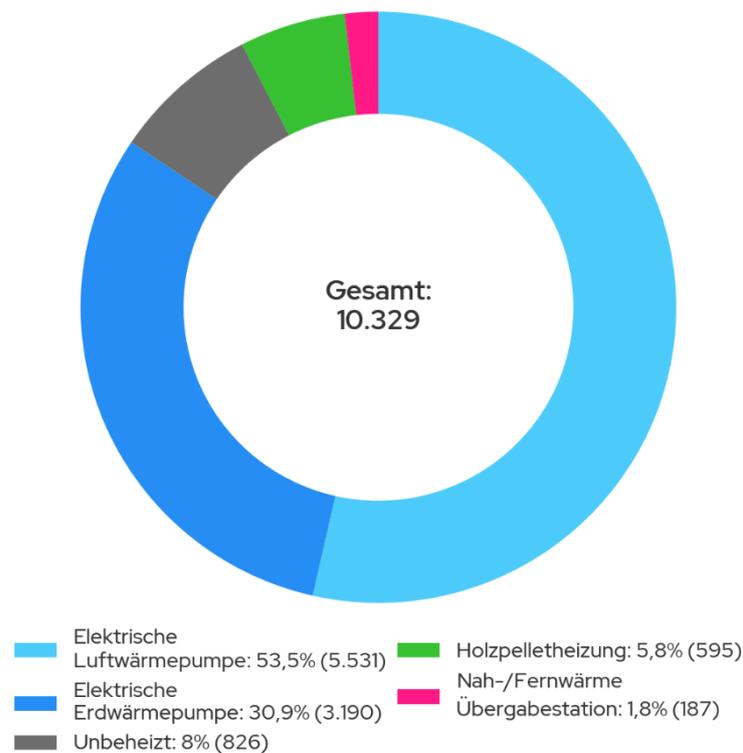


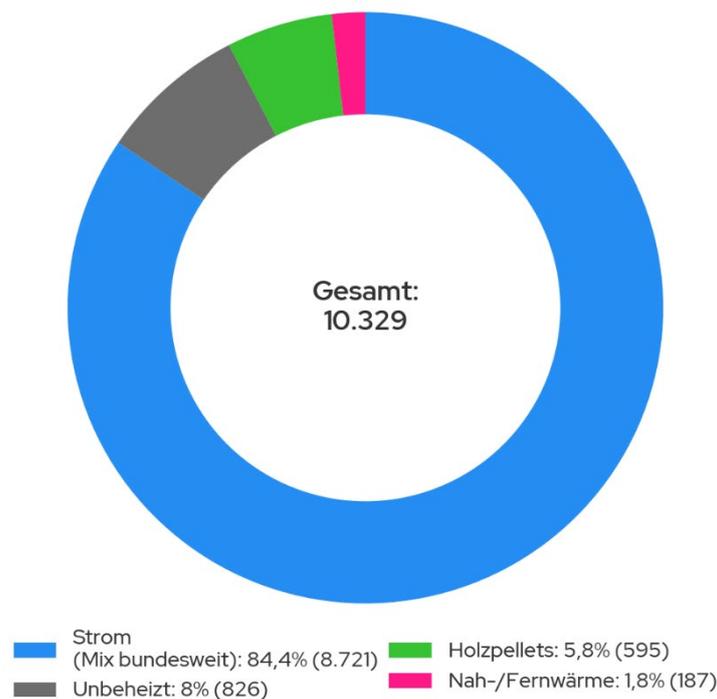
Abbildung 42: Gebäudeanzahl nach Wärmeerzeugern im Jahr 2040 in Wardenburg

Der potenzielle Einsatz von Wasserstoff wurde in diesem Szenario nicht berücksichtigt, da dessen zukünftige Verfügbarkeit derzeit nur schwer abschätzbar ist. Sobald sich jedoch konkrete Pläne zur Transformation des Gasnetzes in einzelnen Gebieten abzeichnen, kann Wasserstoff in künftige Fortschreibungen des Wärmeplans integriert werden.

Abbildung 43 veranschaulicht die Ergebnisse der Simulation für das Jahr 2040. Die Analyse der eingesetzten Wärmeerzeugungstechnologien zeigt, dass 84,4 % der beheizten Gebäude zukünftig mit Luftwärmepumpen beheizt werden könnten, was einer Gebäudeanzahl von 8.721 Gebäuden entspricht.

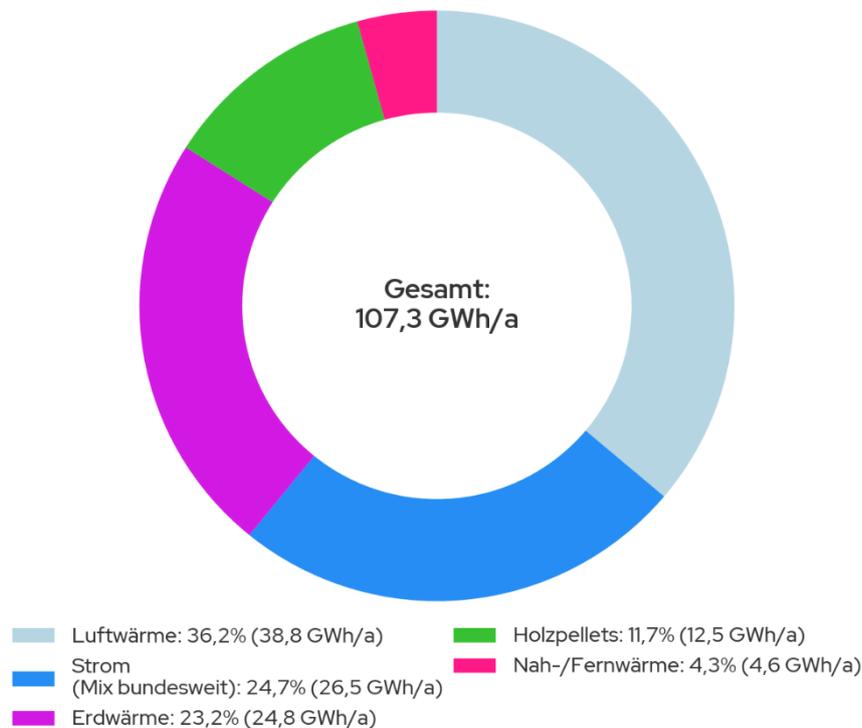
Um diesen Ausbaugrad an Wärmepumpen bis 2040 zu erreichen, müssten ab dem Jahr 2026 jährlich etwa 622 Luftwärmepumpen installiert werden. Dies unterstreicht die zentrale Bedeutung einer engen Zusammenarbeit mit dem lokalen Handwerk, das über die notwendigen Kapazitäten für Installation, Umrüstung und Wartung der Heizsysteme verfügen muss.

Einzelheizungen mit Biomasse (Holzpellets) könnten nach den vorliegenden Berechnungen künftig in 5,8 % der Gebäude, also in 595 Fällen, eingesetzt werden (siehe Abbildung 43).



**Abbildung 43: Gebäudeanzahl nach Energieträgern im Jahr 2040 in Wardenburg**

Die Darstellungen des Wärme- und Endenergiebedarfs auf Abbildung 44 und Abbildung 45 verdeutlichen den Wandel der Wärmeversorgung: Die bisher dominierende Rolle von Erdgas wird schrittweise durch Strom, Biomasse und Wärmenetze ersetzt.



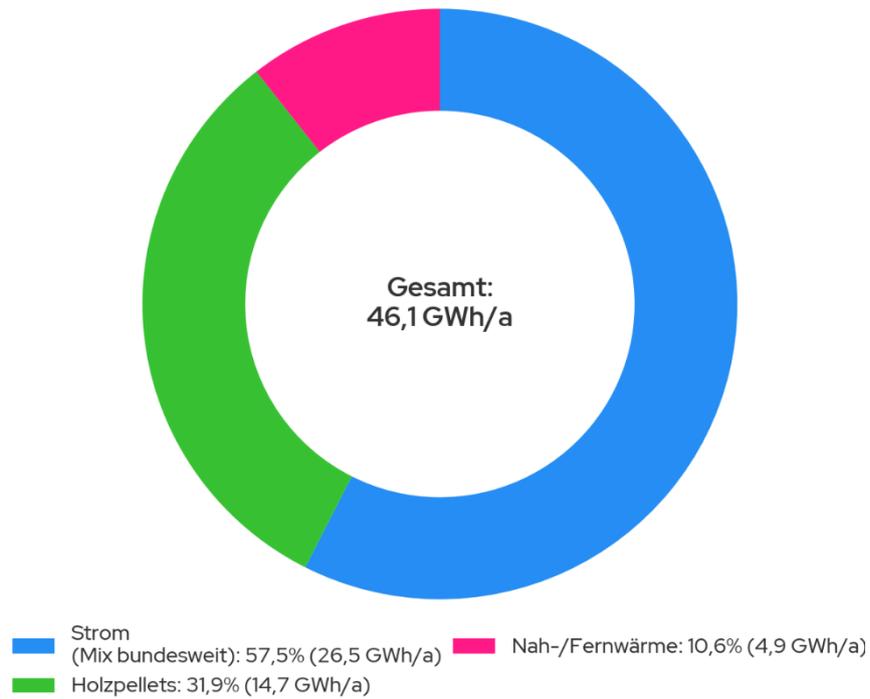
**Abbildung 44: Wärmebedarf nach Energieträgern im Jahr 2040 in Wardenburg**

Eine weitere Entwicklung im Rahmen der Transformation liegt im deutlich geringeren jährlichen potenziellen Endenergiebedarf (46,1 GWh) im Vergleich zum prognostizierten jährlichen Wärmebedarf von 107,3 GWh. Die Differenz zwischen Endenergiebedarf und Wärmebedarf lässt sich unter anderem durch künftige technologische Fortschritte sowie Effizienzsteigerungen in der Heiztechnik erklären. Hauptsächlich jedoch ist sie auf die Art und Weise der Nutzung der eingesetzten Energieträger zurückzuführen.

Wie in Abbildung 44 dargestellt, decken sowohl Luft- als auch Erdwärmepumpen einen Großteil des individuellen Wärmebedarfs durch die Nutzung von Umweltenergie. Während Luftwärmepumpen die Umgebungsluft als Energiequelle nutzen, entziehen Erdwärmepumpen dem Erdreich Wärme. Insgesamt werden so rund 64 GWh pro Jahr des Wärmebedarfs durch Umweltwärme gedeckt.

Ein gewisser Anteil an elektrischer Energie ist jedoch weiterhin erforderlich – etwa zum Betrieb der Wärmepumpen oder zur Überbrückung ungünstiger Wetterbedingungen. Dieser Strombedarf beläuft sich auf etwa 26,5 GWh pro Jahr und wird der Kategorie ‚Strom‘ zugeordnet.

Die Zusammenhänge werden in Abbildung 45 nochmals veranschaulicht, in der sämtliche zur Versorgung der Gemeinde Wardenburg benötigten Endenergieträger dargestellt sind.



**Abbildung 45: Endenergiebedarf nach Energieträgern im Jahr 2040 in Wardenburg**

Abbildung 46 stellt das modellierte zukünftige Versorgungsszenario in der Gemeinde Wardenburg dar. Darin sind die Eignungsgebiete für Wärmenetze sowie die Einzelversorgungsgebiete dargestellt, welche durch in Form von Strom und Biomasse betriebene dezentrale Heizsysteme versorgt werden.

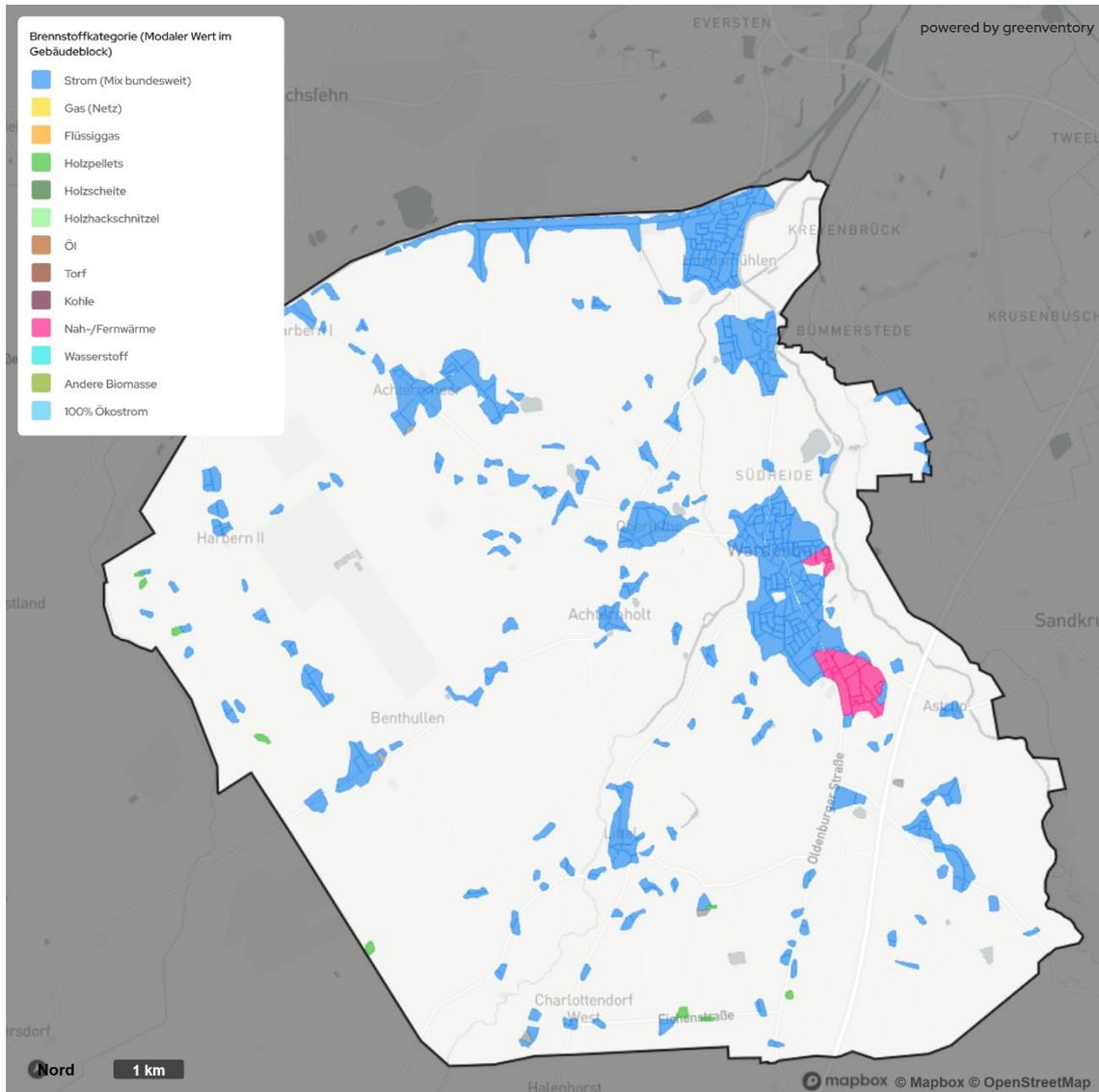
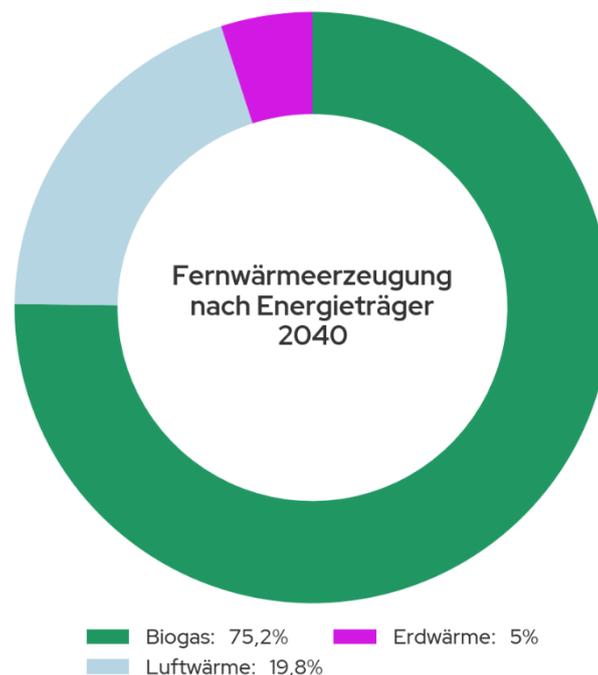


Abbildung 46: Versorgungsszenario im Zieljahr 2040 in Wardenburg

#### 6.4. Zusammensetzung der Fernwärmeerzeugung

Im Kontext der geplanten Fernwärmeerzeugung bis 2040 wurde eine Prognose hinsichtlich der Zusammensetzung der im Zieljahr verwendeten Energieträger durchgeführt. Diese basiert auf Kenntnissen zu aktuellen und zukünftigen Energieerzeugungstechnologien sowie lokalen Potenzialen zur erneuerbaren Energiebereitstellung.

Die Zusammensetzung der im Zieljahr 2040 voraussichtlich für die Fernwärmeversorgung eingesetzten Energieträger ist in Abbildung 47 dargestellt.



**Abbildung 47: Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern im Zieljahr 2040 in Wardenburg**

Zu einem Anteil von 75,2 % könnten die Wärmenetze im Zieljahr 2040 durch Biogas als Energieträger, eingesetzt in BHKWs, versorgt werden. Das Biogas kann aus der lokalen Erzeugung durch angrenzende Biogasanlagen stammen und zur Einspeisung in die potenziellen Wärmenetze bereitgestellt werden.

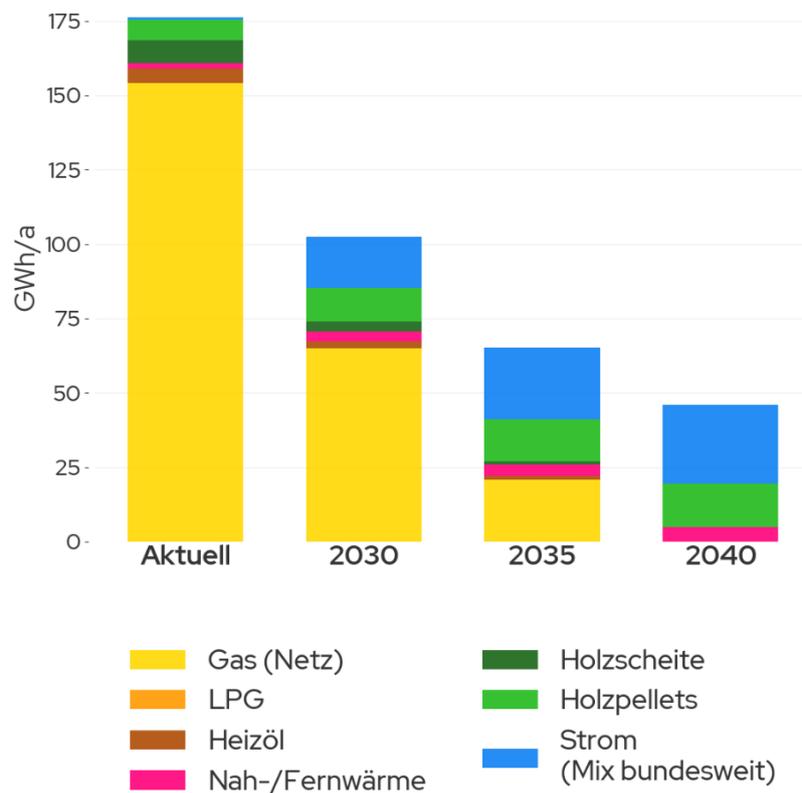
Großwärmepumpen, welche Umweltwärme und Strom kombinieren, könnten zukünftig 24,8 % der benötigten Wärme für die Fernwärme bereitstellen. Als mögliche Quellen für Umweltwärme kommen sowohl die Umgebungsluft als auch das Erdreich in Frage. Die Gemeinde Wardenburg weist die dafür nötigen Potenzialflächen für die Nutzung von oberflächennaher Geothermie auf.

Die Auswahl der jeweiligen Energieträger erfolgte unter Berücksichtigung ihrer technischen Eignung, Umweltverträglichkeit und Effizienz im Kontext einer nachhaltigen Fernwärmeerzeugung. Es ist hervorzuheben, dass diese ersten Annahmen im Rahmen nachgelagerter Machbarkeitsstudien, die gegebenenfalls für die jeweiligen Eignungsgebiete durchgeführt werden, weiter präzisiert und validiert werden müssen.

## 6.5. Entwicklung der eingesetzten Energieträger

Auf Grundlage, der den einzelnen Gebäuden in der Gemeinde Wardenburg zugewiesenen Wärmeerzeugungstechnologien wurde, der Energieträgermix für das Zieljahr 2040 berechnet. Dieser Mix gibt Aufschluss darüber, welche Energieträger künftig in der Einzelversorgung dominieren werden und welchen Anteil Nah- bzw. Fernwärme in der Gemeinde einnehmen wird.

Zunächst wird jedem Gebäude ein Energieträger zugeordnet. Anschließend erfolgt die Berechnung des Endenergiebedarfs, basierend auf dem spezifischen Wärmebedarf und dem Wirkungsgrad der jeweiligen Wärmeerzeugungstechnologie. Hierzu wird der Wärmebedarf im Zieljahr durch den thermischen Wirkungsgrad der eingesetzten Technologie dividiert. Die daraus resultierenden Endenergiebedarfe nach Energieträger sind für die Zwischenjahre 2030 und 2035 bis zum Zieljahr 2040 in Abbildung 48 dargestellt.



**Abbildung 48: Verteilung des Endenergiebedarfs nach Energieträgern im zeitlichen Verlauf in Wardenburg**

Die Zusammensetzung der Energieträger zeigt einen klaren Wandel: Der Anteil fossiler Energien nimmt deutlich ab, während nachhaltige Energieträger zunehmend an Bedeutung gewinnen. Gleichzeitig sinkt der gesamte Endenergiebedarf infolge der angenommenen Fortschritte bei der energetischen Sanierung des Gebäudebestands.

Der Anteil der Fernwärme am Endenergiebedarf wird sich bis 2040 im Vergleich zum Ausgangsjahr etwa verdoppeln. Dieses Szenario geht davon aus, dass alle von der Gemeinde Wardenburg identifizierten Wärmenetzungsgebiete bis dahin vollständig erschlossen sind.

Trotz der Tatsache, dass im Jahr 2040 ein Großteil der Gebäude mit dezentralen Luft- oder Erdwärmepumpen beheizt werden, fällt der Stromanteil am Endenergiebedarf relativ gering aus. Dies liegt an der angenommenen Jahresarbeitszahl von etwa drei, wodurch der Strombedarf deutlich unter der tatsächlich bereitgestellten Wärmemenge liegt. Die zusätzlich genutzte Umweltwärme wird bei der Berechnung des Endenergiebedarfs nicht berücksichtigt und ist daher in der Darstellung ebenso wenig enthalten wie der Anteil der Wärmenetze, die durch Großwärmepumpen gespeist werden.

## 6.6. Bestimmung der Treibhausgasemissionen

Die dargestellten Veränderungen in der Zusammensetzung der Energieträger bei der Einzelversorgung und in Wärmenetzen führen zu einer kontinuierlichen Reduktion der Treibhausgasemissionen (siehe Abbildung 49). Es zeigt sich, dass im angenommenen Szenario im Zieljahr 2040 eine Reduktion um ca. 96 % verglichen mit dem Basisjahr erzielt werden kann. Dies bedeutet, dass ein CO<sub>2</sub>-Restbudget im Wärmesektor von ca. 1.400 t CO<sub>2</sub>-e im Jahr 2040 anfällt. Dieses muss kompensiert oder durch weitere technische Maßnahmen im Rahmen des kommunalen Klimaschutzes bilanziell reduziert werden, um die Treibhausgasneutralität im Zieljahr zu erreichen. Das Restbudget ist den Emissionsfaktoren der erneuerbaren Energieträger zuzuschreiben, die auf die Emissionen entlang der Wertschöpfungskette (z. B. Fertigung und Installation) zurückzuführen sind.

Einen wesentlichen Einfluss auf die zukünftigen THG-Emissionen haben neben der eingesetzten Technologie auch die zukünftigen Emissionsfaktoren. Für die vorliegende Berechnung wurden die Tabelle 1 aufgeführten Faktoren angenommen. Insbesondere im Stromsektor wird von einer erheblichen Reduktion der CO<sub>2</sub>-Intensität ausgegangen, was sich positiv auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen von Wärmepumpenheizungen auswirkt.

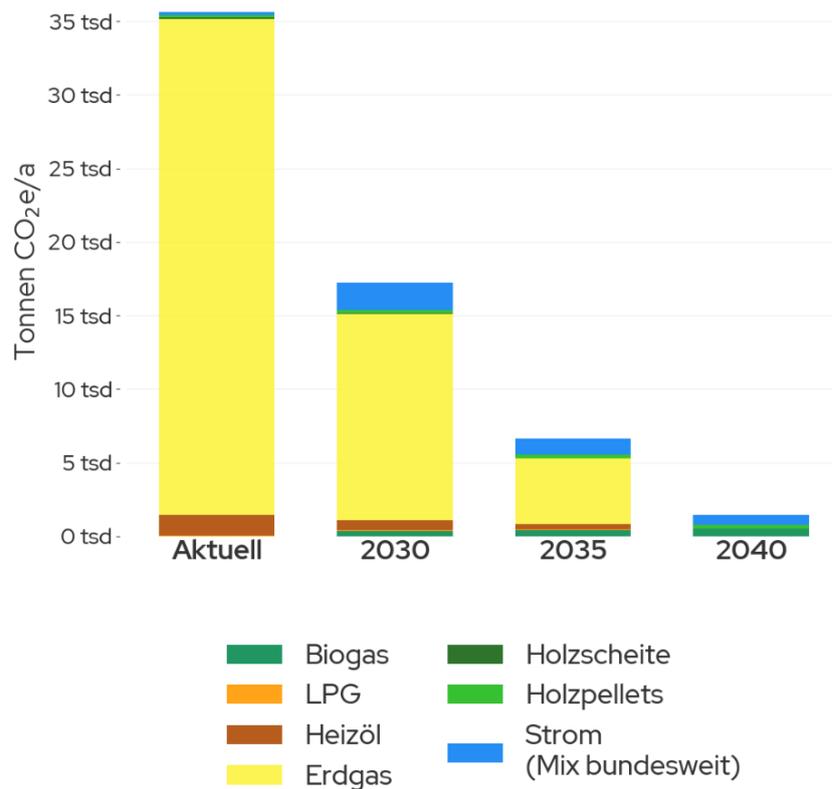


Abbildung 49: Verteilung der THG-Emissionen nach Energieträgern im zeitlichen Verlauf in Wardenburg

## 6.7. Zusammenfassung des Zielszenarios

Durch die Simulation des Zielszenarios zeigt sich, wie sich der Wärmebedarf bis ins Zieljahr 2040 bei einer Sanierungsquote von 2 % entwickelt. Der bundesweite Durchschnitt der Sanierungsquote liegt aktuell jedoch bei lediglich 0,83 %. Dies unterstreicht die Dringlichkeit großflächiger Sanierungen, um die Wärmewende erfolgreich zu gestalten.

Im betrachteten Szenario werden fast alle Gebäude dezentral über Wärmepumpen (Luft oder Erdwärme) oder Biomasse (Holzpellets) beheizt. Parallel dazu wird der Ausbau der Fernwärmeversorgung vorangetrieben und es wird angenommen, dass im Zieljahr 2040 alle Wärmenetze der erarbeiteten Eignungsgebiete umgesetzt sind. Bei dem vorherrschenden Energieträger in den Wärmenetzen wird es sich um regionales Biogas handeln. Um die Dekarbonisierung des Wärmesektors in der Gemeinde Wardenburg zu erreichen, müssen konsequent erneuerbare Energiequellen im Projektgebiet erschlossen werden. Auch wenn dies, wie im Zielszenario angenommen, erreicht wird, bleiben 2040 Restemissionen von 1.400 t CO<sub>2</sub>-e/a. Im Rahmen der Fortschreibungen des Wärmeplans müssen hierzu weitere Maßnahmen und Strategien entwickelt werden, um eine vollständige Treibhausgasneutralität des Wärmesektors erreichen zu können.

Eine Übersicht von verschiedenen Emissionsfaktoren in tCO<sub>2</sub>/MWh für die Jahre 2021, 2030 und 2040 ist in Abbildung 50 dargestellt. Es fällt auf, dass sich die Emissionsfaktoren für die meisten Energieträger nicht bzw. nur geringfügig ändern werden. Beim Strom jedoch werden die Emissionsfaktoren durch den Ausbau der erneuerbaren Energien zukünftig massiv sinken.

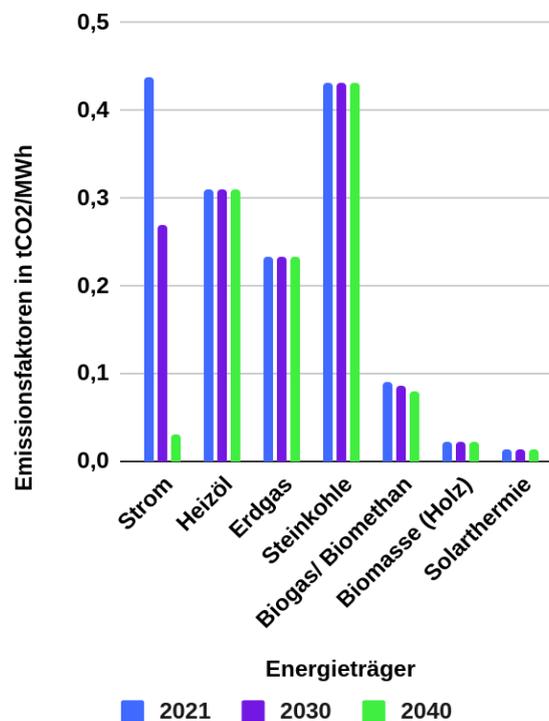
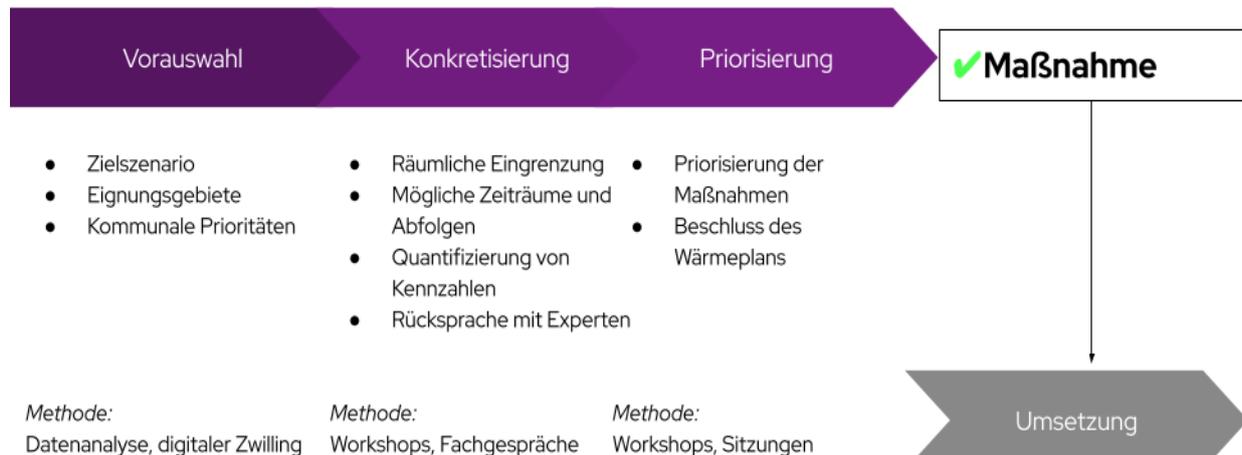


Abbildung 50: Emissionsfaktoren in tCO<sub>2</sub>/MWh (Quelle: KEA-BW 2024)

## 7. Maßnahmen und Wärmewendestrategie

In den vorhergehenden Kapiteln dieses Berichts wurden die wichtigsten Elemente einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung identifiziert, Eignungsgebiete bestimmt und simulativ quantifiziert. Auf dem Weg zur Umsetzung der Wärmewende wurden diese im Rahmen der Beteiligung konkretisiert und in Maßnahmen überführt. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 51 dargestellt.



**Abbildung 51: Entwicklung von Maßnahmen zur Erreichung des Zielszenarios**

Die Maßnahmen bilden den Kern des Wärmeplans und bieten den Einstieg in die Transformation zum angestrebten Zielszenario. Diese können sowohl „harte“ Maßnahmen mit messbarer CO<sub>2</sub>-Einsparung als auch "weiche" Maßnahmen, etwa in der Öffentlichkeitsarbeit, sein. Für die Auswahl der quantitativen Maßnahmen dienten die Erkenntnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse als Grundlage. In Kombination mit dem Fachwissen Mitwirkender, greenventory GmbH sowie der lokalen Expertise der Verwaltung der Gemeinde Wardenburg, wurden nachfolgende Maßnahmen formuliert. Zu jeder Maßnahme werden eine geografische Verortung vorgenommen sowie die wichtigsten Kennzahlen ausgewiesen.

Zur Berechnung von Treibhausgaseinsparungen wird zunächst der initiale Wärmebedarf erfasst und mit den zugehörigen Bestands-Technologien und deren CO<sub>2</sub>e-Faktoren<sup>1</sup> gemäß dem KEA-Technikkatalog (KEA, 2024) verknüpft ("CO<sub>2</sub>e: vorher"). Im Rahmen einer Maßnahme erfolgen Änderungen wie der Austausch der Wärmequelle, der Anschluss an ein Wärmenetz oder Sanierungen. Nach Umsetzung der Maßnahme wird der neue Wärmebedarf zusammen mit den aktualisierten Technologien und den zugehörigen CO<sub>2</sub>e-Faktoren bestimmt ("CO<sub>2</sub>e: nachher"). Die Differenz zwischen den CO<sub>2</sub>e-Werten vor und nach der Maßnahme ergibt die Einsparungen.

<sup>1</sup>Um die Klimawirkung einzelner Treibhausgase miteinander zu vergleichen und zusammenzufassen, werden diese in CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-e) umgerechnet. So wird die Wirkung aller Treibhausgase auf die Wirkung von CO<sub>2</sub> normiert.

## 7.1. Übergreifende Wärmewendestrategie

In der Anfangsphase der Umsetzung des Wärmeplans sollte der Fokus auf der Prüfung der Umsetzbarkeit einer Wärmenetzversorgung in den als geeignet identifizierten Gebieten liegen. Ziel ist es, den Anwohnerinnen und Anwohnern möglichst frühzeitig Klarheit darüber zu verschaffen, ob und wann ein Wärmenetz in ihrer Straße realisiert wird. Hierfür sind insbesondere Machbarkeitsstudien erforderlich, etwa zur Nutzung erneuerbarer Wärmequellen.

Grundsätzlich sollten Synergien zwischen einem potenziellen Ausbau der Wärmenetze und bereits geplanten Infrastrukturmaßnahmen erkannt und gezielt genutzt werden.

Die erfolgreiche Umsetzung der Wärmewende in der Gemeinde Wardenburg hängt jedoch nicht allein von technischen Maßnahmen ab. Ebenso entscheidend ist der Aufbau und die Stärkung geeigneter kommunaler Strukturen. Eine zentrale Rolle spielt dabei die personelle Ausstattung: Um kontinuierlich fachliche Expertise und administrative Kapazitäten sicherzustellen, müssen ausreichend qualifizierte Personalressourcen bereitgestellt werden. Diese werden nicht nur für die Umsetzung, sondern auch für die fortlaufende Überwachung, Optimierung und Kommunikation der Maßnahmen benötigt.

Ein weiterer Schwerpunkt sollte auf der Reduktion des Energiebedarfs sowohl in kommunalen Liegenschaften als auch in privaten Gebäuden liegen. Kommunale Gebäude verdienen hierbei besondere Aufmerksamkeit – nicht nur aufgrund ihres Vorbildcharakters, sondern auch, weil sie Impulse für private Sanierungsmaßnahmen setzen können, selbst wenn ihr Anteil am Gesamtenergiebedarf gering ist.

In der mittelfristigen Phase bis 2030 sollte – wie in den Maßnahmen beschrieben – mit dem Bau der Wärmenetze in den definierten Fokusgebieten begonnen werden. Voraussetzung dafür ist die vorherige Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit.

Gemäß dem Wärmeplanungsgesetz (WPG) des Bundes ist der Wärmeplan alle fünf Jahre fortzuschreiben. Bestandteil dieser Fortschreibung ist die Überprüfung der Umsetzung der festgelegten Strategien und Maßnahmen. Daraus ergibt sich eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Wärmeplans mit dem Ziel, die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung in der Gemeinde Wardenburg bis 2040 weiter zu konkretisieren.

Die langfristigen Ziele bis 2035 und 2040 umfassen die konsequente Fortführung einer Strategie zur Dekarbonisierung durch einen systematischen Ausbau der Wärmenetze. Dabei sollten auch der Stromsektor sowie gegebenenfalls der Einsatz von Wasserstoff berücksichtigt werden. Bis 2040 ist eine durchschnittliche jährliche Sanierungsquote von etwa 2 % anzustreben. Die vollständige Umstellung konventioneller Wärmequellen auf erneuerbare Energien sollte bis dahin abgeschlossen sein. Ein wichtiger Baustein zur besseren Integration fluktuierender erneuerbarer Energien ist zudem der Aufbau von Wärmespeichern.

In Tabelle 5 sind auf Grundlage der Wärmewendestrategie weiterführende Handlungsempfehlungen sowie Optionen zur aktiven Gestaltung der Energiewende aufgeführt.

Tabelle 5: Potenziale und Auswahl der wichtigsten berücksichtigten Kriterien

Mitwirkende	Handlungsvorschläge
<b>Immobilienbesitzende</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Inanspruchnahme von Gebäudeenergieberatungen</li> <li>→ Gebäudesanierungen sowie Investition in energieeffiziente und erneuerbare Heizsysteme unter Berücksichtigung der zukünftigen Wärmeversorgung laut Wärmeplan</li> <li>→ Installation von Photovoltaikanlagen, bei Ein- und Mehrfamilienhäusern</li> </ul>
<b>Energieversorgende</b>	<p><b>Wärme:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Strategische Evaluation von Wärmenetzbau</li> <li>→ Bewertung der Machbarkeit von Wärmenetzen</li> <li>→ Ausbau von Energieeffizienz-Dienstleistungen sowie Contracting</li> <li>→ Physische und vertragliche Erschließung und Sicherung von Flächen sowie Energiequellen für Wärmenetze</li> <li>→ Digitalisierung und Monitoring für Wärmenetze</li> <li>→ Abschluss von Gestattungsverträgen für die Verlegung von Fernwärmeleitungen im Gebiet der Kommune</li> </ul> <p><b>Strom:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Erstellung von detaillierten Netzstudien basierend auf den Ergebnissen der KWP und nachgelagerter Machbarkeitsstudien</li> <li>→ Modernisierung und Ausbau der Stromnetzinfrastuktur</li> <li>→ Konsequenter Ausbau von erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung unter Berücksichtigung der Lastveränderung durch Wärmeerzeugung</li> <li>→ Implementierung von Lastmanagement-Systemen im Verteilnetz</li> </ul> <p><b>Vertrieb:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Flexible Tarifgestaltung für Energielieferung sowie Gestaltung von Wärme- bzw. Heizstromprodukten</li> <li>→ Vorverträge mit Wärmeabnehmenden in Eignungsgebieten und eventuellen Abwärmeliefernden</li> </ul>
<b>Kommune</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Aufbau und Weiterentwicklung von Wärmenetzen im Dialog mit Energieversorger und Projektierern</li> <li>→ Mitwirkendensuche für die Erschließung der Potenziale und der Eignungsgebiete</li> <li>→ Schaffung von personellen Kapazitäten für die Wärmewende</li> <li>→ Erhöhung der Sanierungsquote für kommunale Liegenschaften</li> <li>→ Ausbau von Förderprogrammen und Informationskampagnen für Gebäudeenergieeffizienz</li> <li>→ Öffentlichkeitsarbeit, Information zu KWP</li> <li>→ Fortschreibung des kommunalen Wärmeplans</li> <li>→ Verpflichtende energetische und versorgungstechnische Vorgaben für Neubaugebiete und Neubauten (gem. § 9 (1) Nr. 12, 23b; § 11 (1) Nr. 4 und 5 BauGB)</li> <li>→ Festsetzung spezieller Flächen für erneuerbare Wärme in Flächennutzungsplänen</li> <li>→ Einführung von Verbrennungsverboten für fossile Energieträger in bestimmten Gebieten (Vorgabe von Emissionsschutznormen gem. § 9 (1) Nr. 23a BauGB)</li> <li>→ Einbindung von Klimaschutz und -anpassung in städtebauliche Erneuerungsprozesse</li> <li>→ Proaktive Informationskampagnen und Bürgerschaftsbeteiligungsformate zur Steigerung der Akzeptanz von Wärmewende-Maßnahmen</li> <li>→ Umsetzung von Best-Practice-Beispielen in öffentlichen Gebäuden</li> </ul>

### **Übersicht erarbeitete Maßnahmen (technische Maßnahmen)**

- 1.1 Vorstudie Eignungsgebiet „IGS Wardenburg Am Everkamp“
- 1.2 Vorstudie Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“

### **Mögliche weitere Maßnahmen**

- 2.1 Energieberatung - aufsuchend, stationär und digital
- 3.1 Prüfung von Ausweisungen von einzelnen Sanierungsgebieten
- 4.1 Einsatz regenerativer Energiequellen und Steigerung der Energieeffizienz für kommunale Gebäude
- 5.1 Informationskampagne für Gebäude- und Heizungssanierung sowie Realisierung von erneuerbaren Energien für Gebäude

<b>Maßnahme</b>	1.1		
<b>Maßnahmen-Bezeichnung</b>	Vorstudie Eignungsgebiet „IGS Wardenburg Am Everkamp“		
<b>Maßnahmen-Typ</b>	Planung & Studie   Wärmenetzbau		
<b>Fläche/Ort</b>	Gemeinde Wardenburg   Am Everkamp		
<b>Gebäudetypologie</b>	Schulgebäude		
<b>Anzahl Gebäude</b>	16	Stück	
<b>Wärmebedarf</b>	1.001	MWh/a	
<b>Wärmeflächendichte</b>	89,39	MWh/ha	
<b>Fläche</b>	12,01	ha	
<b>Trassenlänge</b>	ca. 1.300	m	
<b>Wärmelinien-dichte</b>	3.500	MWh/m*a	
<b>Erzielbare CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>	88,3	t/a	
<b>Akteurinnen und Akteure</b>	Gemeinde Wardenburg, Biogasanlagebetreiber Meyer		
<b>Handlungsschritte</b>	<b>Schrittbeschreibung</b>	<b>Akteurinnen und Akteure</b>	
	1. Alle Akteurinnen und Akteure im EG zusammenführen, Netzwerk bilden und vom Projekt überzeugen.	Kommune	
	2. Absichtserklärung zur detaillierten Untersuchung der Wärmenetzeignung in einer Vorstudie und anteilige Finanzierung der Studie unterzeichnen.	Kommune, Mehrfamilienhauseigentümerinnen und -eigentümer	
	3. Nach erfolgreicher Vorstudie: Interessenbekundungsverfahren zur Findung eines Energiedienstleistenden, der eine BEW-Machbarkeitsstudie finanziert und erstellt und anschließend eine Investitionsentscheidung trifft.	Kommune	
<b>Geschätzte Kosten</b>	25.000 €		
<b>Umsetzungsbeginn</b>	2026		

## Beschreibung der Maßnahme

Bereits in der Vergangenheit gab es Bestrebungen, die IGS am Everkamp mit regional erzeugtem Biogas zu beheizen. Das Vorhaben wurde jedoch bislang nicht umgesetzt.

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung rückte das Gebiet erneut in den Fokus – insbesondere aufgrund der räumlichen Nähe zu einem angrenzenden Biogasanlagenbetreiber sowie des hohen Wärmebedarfs von 1.001 MWh/a der IGS und des benachbarten Hallenbads.

In einem Gespräch mit dem Betreiber der Biogasanlage wurde dessen Interesse an einer potenziellen Wärmeversorgung des gesamten Schulkomplexes einschließlich des Hallenbads bestätigt. Nach Aussage des Betreibers steht die benötigte Biogasmenge zur Versorgung zur Verfügung.

Die Wärmeversorgung könnte über eine Biogasleitung aus Richtung „Wiemerslande“ erfolgen. Diese würde ein Satelliten-BHKW im Schulgebäude mit Biogas versorgen, das dort zur Wärmeerzeugung genutzt wird. Die Leitung könnte über eigene landwirtschaftliche Flächen des Betreibers verlegt werden, wodurch die Kosten und der Aufwand für die Leitungsinfrastruktur geringgehalten werden könnten.

Das potenzielle Satelliten-BHKW wäre in der Lage, den gesamten Schulkomplex sowie das Hallenbad mit Wärme zu versorgen. Zusätzlich besteht die Option, auch die angrenzenden Wohngebäude zwischen Marschweg und Huntestraße bei Bedarf ebenfalls mit Wärme zu beliefern.

Im Hallenbad befindet sich bereits eine Mikrogasturbine, thermischen Leistung von 50 kW, die weiterhin zur Abdeckung von Spitzenlasten genutzt werden kann.

Obwohl die bestehende Heizungsanlage der Schule ihre erwartete Betriebsdauer von 20 Jahren noch nicht erreicht hat, sollte die Möglichkeit einer Wärmeversorgung mittels Biogases in den kommenden Jahren sorgfältig geprüft werden.

Der erste und wichtigste Schritt zur Initiierung des Projekts ist der Aufbau eines Netzwerks aller relevanten Beteiligten im Eignungsgebiet. Ihnen ist das Projekt vorzustellen, insbesondere das Potenzial einer wirtschaftlichen und klimaneutralen Wärmeversorgung. Die Gemeinde Wardenburg übernimmt hierbei eine Schlüsselrolle: Als neutrale Instanz kann sie im Sinne einer tragfähigen Lösung für alle Beteiligten vermitteln und koordinieren.

Ziel dieser Netzwerkbildung ist die Unterzeichnung einer gemeinsamen Absichtserklärung (Letter of Intent), in der die Beteiligten ihre Unterstützung für die Erstellung einer Vorstudie zusichern. In einem zweiten Schritt soll diese Vorstudie eine Wärmesystemsimulation mit dem geplanten Technikeinsatz umfassen, eine erste Trassenplanung (inklusive Standortvorschlag für die Heizzentrale mit Einbindung erneuerbarer Energiequellen) sowie eine dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Validierung der im Steckbrief genannten Wärmegestehungskosten.

Ein zentrales Ergebnis der Vorstudie ist die Identifikation und Sicherung einer geeigneten Fläche für die Heizzentrale. Diese Flächensicherung ist entscheidend, da sie die Chancen erhöht, im Anschluss einen Wärmenetzbetreiber oder Energiedienstleister zu gewinnen, der auf Basis der Vorstudie eine Machbarkeitsstudie gemäß der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erstellt.

Alle Beteiligten im Eignungsgebiet sind daher aufgerufen, zu prüfen, welche Flächen auf privaten oder öffentlichen Grundstücken für die Errichtung der Heizzentrale infrage kommen und bereitgestellt werden könnten. Mit der Erstellung der Machbarkeitsstudie – die vom potenziellen Betreiber beauftragt, durchgeführt und finanziert wird – fällt schließlich auch die Entscheidung über die Realisierung des Projekts.

In einer Vor- oder Machbarkeitsstudie soll die Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes im genannten Eignungsgebiet geprüft werden. Dabei gilt es zu prüfen, welche Wärmenetzausbaumaßnahmen im Detail durchführbar sind, welche Trassenführung sinnvoll ist und welche treibhausgasneutralen Energiequellen für den Betrieb des Wärmenetzes in Frage kommen. Darüber hinaus muss die Wirtschaftlichkeit näher untersucht werden. Daher wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie außerdem analysiert, ob die notwendige Anschlussquote für den wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes erreicht werden kann.

<b>Maßnahme</b>	1.2		
<b>Maßnahmen-Bezeichnung</b>	Vorstudie Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“		
<b>Maßnahmen-Typ</b>	Planung & Studie   Wärmenetzbau		
<b>Fläche/Ort</b>	Gemeinde Wardenburg   Gewerbegebiet Astrup		
<b>Gebäudetypologie</b>	Gebäude aus dem Sektor Gewerbe-Handel und Dienstleistung		
<b>Anzahl Gebäude</b>	259	Stück	
<b>Wärmebedarf</b>	5.413	MWh/a	
<b>Wärmeflächendichte</b>	69,48	MWh/ha	
<b>Fläche</b>	71	ha	
<b>Trassenlänge</b>	Ca. 5.000	m	Hinweis: Um alle Gebäude zu erschließen.
<b>Wärmelinien-dichte</b>	760	MWh/m*a	
<b>Erzielbare CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>	436	t/a	
<b>Akteurinnen und Akteure</b>	Gemeinde Wardenburg, Gewerbetreibende		
<b>Handlungsschritte</b>	<b>Schrittbeschreibung</b>		<b>Akteurinnen und Akteure</b>
	1. Alle Akteurinnen und Akteure im EG zusammenführen, Netzwerk bilden und vom Projekt überzeugen.		Kommune
	2. Absichtserklärung zur detaillierten Untersuchung der Wärmenetzeignung in einer Vorstudie und anteilige Finanzierung der Studie unterzeichnen.		Kommune, Mehrfamilienhauseigentümerinnen und -eigentümer
	3. Nach erfolgreicher Vorstudie: Interessenbekundungsverfahren zur Findung eines Energiedienstleistenden, der eine BEW-Machbarkeitsstudie finanziert und erstellt und anschließend eine Investitionsentscheidung trifft.		Kommune
<b>Geschätzte Kosten</b>	25.000 €		
<b>Umsetzungsbeginn</b>	2026		

## Beschreibung der Maßnahme

Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung rückte das Gewerbegebiet „Astrup“ in den Fokus – insbesondere aufgrund der räumlichen Nähe zu einer angrenzenden Biogasanlage am „Grüner Weg“ sowie des hohen Wärmebedarfs von 5.413 MWh/a der diversen Unternehmen in diesem Areal.

Im Gespräch mit dem Betreiber der Biogasanlage wurde dessen grundsätzliches Interesse an einer Wärmeversorgung der ansässigen Unternehmen bestätigt. Erste Kontakte zu einzelnen Unternehmen im Gewerbegebiet wurden bereits aufgenommen und erste Gespräche geführt.

Der Betreiber gab an, dass die erforderliche Wärmekapazität zur Versorgung einzelner Unternehmen vorhanden ist. Die Wärmebereitstellung soll über das ein Satelliten-BHKW erfolgen. Die dort durch regionales Biogas erzeugte Wärme könnte über ein neu zu errichtendes Wärmenetz innerhalb des Gewerbegebiets verteilt und den angeschlossenen Unternehmen zur Verfügung gestellt werden. In einem nächsten Schritt sind weiterführende Gespräche zur konkreten Leitungsführung sowie zur technischen und organisatorischen Umsetzung des Vorhabens geplant.

Der erste und wichtigste Schritt zur Initiierung des Projekts ist der Aufbau eines Netzwerks aller relevanten Beteiligten im Eignungsgebiet. Ihnen ist das Projekt vorzustellen, insbesondere das Potenzial einer wirtschaftlichen und klimaneutralen Wärmeversorgung. Die Gemeinde Wardenburg übernimmt hierbei eine Schlüsselrolle: Als neutrale Instanz kann sie im Sinne einer tragfähigen Lösung für alle Beteiligten vermitteln und koordinieren.

Ziel dieser Netzwerkbildung ist die Unterzeichnung einer gemeinsamen Absichtserklärung (Letter of Intent), in der die Beteiligten ihre Unterstützung für die Erstellung einer Vorstudie zusichern. In einem zweiten Schritt soll diese Vorstudie eine Wärmesystemsimulation mit dem geplanten Technikeinsatz umfassen, eine erste Trassenplanung (inklusive Standortvorschlag für die Heizzentrale mit Einbindung erneuerbarer Energiequellen) sowie eine dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse zur Validierung der im Steckbrief genannten Wärmegegostehungskosten.

Ein zentrales Ergebnis der Vorstudie ist die Identifikation und Sicherung einer geeigneten Fläche für die Heizzentrale. Diese Flächensicherung ist entscheidend, da sie die Chancen erhöht, im Anschluss einen Wärmenetzbetreiber oder Energiedienstleister zu gewinnen, der auf Basis der Vorstudie eine Machbarkeitsstudie gemäß der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) erstellt.

Alle Beteiligten im Eignungsgebiet sind daher aufgerufen, zu prüfen, welche Flächen auf privaten oder öffentlichen Grundstücken für die Errichtung der Heizzentrale infrage kommen und bereitgestellt werden könnten. Mit der Erstellung der Machbarkeitsstudie – die vom potenziellen Betreiber beauftragt, durchgeführt und finanziert wird – fällt schließlich auch die Entscheidung über die Realisierung des Projekts.

In einer Vor- oder Machbarkeitsstudie soll die Umsetzbarkeit eines Wärmenetzes im genannten Eignungsgebiet geprüft werden. Dabei gilt es zu prüfen, welche Wärmenetzausbaumaßnahmen im Detail durchführbar sind, welche Trassenführung sinnvoll ist und welche treibhausgasneutralen Energiequellen für den Betrieb des Wärmenetzes in Frage kommen. Darüber hinaus muss die Wirtschaftlichkeit näher untersucht werden. Daher wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie außerdem analysiert, ob die notwendige Anschlussquote für den wirtschaftlichen Betrieb des Wärmenetzes erreicht werden kann.

<b>Maßnahme</b>	<b>2.1</b>
<b>Maßnahmen-Bezeichnung</b>	<b>Energieberatung - aufsuchend, stationär und digital</b>
<b>Maßnahmen-Typ</b>	Beratung, Koordination & Management   Förderung
<b>Fläche/Ort</b>	Gemeindegebiet
<b>Gebäudetypologie</b>	Wohn- und Gewerbegebäude
<b>Akteurinnen / Akteure</b>	Gemeinde Wardenburg, Energieberatende, Ingenieurbüros, Anbietende „Energiekarawane“
<b>Geschätzte Kosten</b>	Individuell, je nach Projektumfang
<b>Umsetzungsbeginn</b>	2026

## Beschreibung der Maßnahme

Die energetische Sanierung stellt ein wesentliches Instrument zur Senkung des Wärmebedarfs dar und steht damit in direkter Verbindung mit der Reduzierung der Treibhausgase. Um die gesteckten Klimaziele erreichen zu können, ist (laut Deutschem Institut für Wirtschaftsforschung) eine Sanierungsquote von ca. 2% pro Jahr erforderlich. In den Jahren 2023 und 2024 lag diese Quote auf Bundesebene jedoch lediglich bei ca. 0,7% (Quelle: BBB, Bundesbaublatt). Die Daten zeigen, dass ein starkes Defizit gegeben ist und größere Anstrengungen erforderlich sind, um die Sanierungsquote zeitnah zu erhöhen. Die Planung, Finanzierung und Umsetzung energetischer Sanierungsmaßnahmen stellen viele Eigentümerinnen und Eigentümer vor erhebliche Herausforderungen. Um sie bei diesen komplexen Aufgaben zu unterstützen und umfassend zu informieren, sollte die Gemeinde Wardenburg die Möglichkeit einer qualifizierten Energieberatung bereitstellen.

Den Teilnehmern der Veranstaltung sollen Energiespar- und Sanierungsmaßnahmen und Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten vorgestellt werden. Ziel ist es, dass Eigenheimbesitzer und Mieter einen guten Überblick über das Themenfeld erhalten und möglichst Gebrauch von Förderungen (z.B. Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude oder KfW-Förderungen für Wohngebäude) machen, sodass möglichst eine Vielzahl von einzelnen Energiespar- und Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden.

Ergänzend dazu sollen die folgenden Ansätze die Erreichung der ermittelten Sanierungspotenziale fördern:

### **Einführung digitales Erstberatungstool**

Sofern in der Gemeinde Wardenburg eine große Resonanz und ein entsprechender Informationsbedarf gegeben ist, besteht die Option des Einsatzes eines für den Bürger kostenfreien digitalen Erst- bzw. Initialberatungstools (webbasierte Plattform) hinsichtlich der energetischen Gebäudesanierung. Dieses Tool bietet die Möglichkeit, sich eigenständig mit der Thematik Gebäudesanierung vertraut zu machen und eine erste Indikation hinsichtlich möglicher Maßnahmen für das Eigenheim oder Mietobjekte, deren Kosten und Wirtschaftlichkeit zu erhalten. Somit erhalten Eigentümer bereits vor einem Termin mit einem Energieberater eine erste Einschätzung und Modernisierungs-Empfehlung.

<b>Maßnahme</b>	<b>3.1</b>		
<b>Maßnahmen-Bezeichnung</b>	<b>Prüfung von Ausweisungen von einzelnen Sanierungsgebieten</b>		
<b>Maßnahmen-Typ</b>	Beratung, Koordination & Management   Förderung		
<b>Fläche/Ort</b>	Ortskern und bis 1978 entstandene Siedlungen		
<b>Gebäudetypologie</b>	Wohngebäude		
<b>Anzahl Gebäude</b>	1.130	Stück bis inkl. 1978	
<b>Erzielbare Energieeinsparung</b>	19,2	GWh/a	<b>Hinweis:</b> Angabe unter Annahme der Ausschöpfung des Sanierungspotenzials sämtlicher Gebäude im Gemeindegebiet (nicht nur jener bis 1978)
<b>Akteurinnen / Akteure</b>	Gemeinde Wardenburg, Ingenieurbüro		
<b>Geschätzte Kosten</b>	Individuell, je nach Projektumfang		
<b>Umsetzungsbeginn</b>	2027		

## Beschreibung der Maßnahme

Die energetische Sanierung spielt eine zentrale Rolle bei der Reduzierung des Wärmebedarfs und der Senkung von Treibhausgasemissionen. Besonders betroffen sind ältere Gebäude, die vor 1978 errichtet wurden und noch mit veralteten Heizsystemen betrieben werden. In der Gemeinde Wardenburg gibt es rund 970 Gebäude, die den GEG-Effizienzklassen F bis H zugeordnet sind. Diese weisen einen erhöhten spezifischen Wärmebedarf von über 160 kWh/m<sup>2</sup>a auf.

Die Ausweisung eines Sanierungsgebiets ermöglicht eine gezielte und koordinierte Modernisierung von Gebäuden. Neben einer verbesserten Energieeffizienz und einer Verringerung der Emissionen trägt dies auch zu einer höheren Lebensqualität der Bewohner bei. Der erste Schritt in diesem Prozess ist eine umfassende Bestandsanalyse, die den aktuellen Zustand der Gebäude detailliert erfasst. Darauf aufbauend wird ein energetisches Quartierskonzept entwickelt, das konkrete Maßnahmen sowie Zielsetzungen für die Sanierung definiert. Eine enge Abstimmung mit Eigentümer\*innen, Bewohner\*innen und gegebenenfalls der Denkmalschutzbehörde ist dabei von entscheidender Bedeutung. Basierend auf diesem Konzept kann gemäß §§ 136 ff BauGB die offizielle Festlegung eines Sanierungsgebiets erfolgen, wodurch Immobilienbesitzer steuerliche Vorteile gemäß §7h und §10f EStG erhalten können.

Da finanzielle Hürden häufig eine Herausforderung darstellen, spielen Förderprogramme und staatliche Zuschüsse eine wesentliche Rolle. Die gezielte Identifikation und Entwicklung von Sanierungsgebieten bildet die Grundlage für eine nachhaltige Gemeindeentwicklung und trägt maßgeblich zum Klimaschutz bei, indem größere Sanierungsmaßnahmen effektiv umgesetzt werden können.

<b>Maßnahme</b>	<b>4.1</b>	
<b>Maßnahmen-Bezeichnung</b>	<b>Einsatz regenerativer Energiequellen und Steigerung der Energieeffizienz für kommunale Gebäude</b>	
<b>Maßnahmen-Typ</b>	Planung & Studie	
<b>Fläche/Ort</b>	Gemeindegebiet	
<b>Gebäudetypologie</b>	Öffentliche Bauvorhaben	
<b>Erzielbare CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>	Zu prüfen	
<b>Akteurinnen / Akteure</b>	Gemeinde Wardenburg, Ingenieurbüro, Bauunternehmen	
<b>Geschätzte Kosten</b>	Individuell, ja nach Projektumfang	
<b>Umsetzungsbeginn</b>	2025	

## Beschreibung der Maßnahme

Die Gemeinde Wardenburg hat sich in ihrer Vorbildfunktion als zukunftsorientierte Kommune dazu entschlossen, die Erkenntnisse und die Auffassung der KWP in die Bauleitplanung aufzunehmen. Im Rahmen dieses ambitionierten Projekts sollen nicht nur die Bausubstanz und die Energieeffizienz zukünftiger Bauvorhaben stärker betrachtet werden, sondern auch die veralteten Heizanlagen durch moderne, umweltfreundliche Systeme ersetzt werden, die auf erneuerbare Energieträger setzen.

Diese strategische Initiative zielt darauf ab, das Sanierungspotenzial der kommunalen Gebäude im gesamten Gemeindegebiet vollständig auszuschöpfen. Durch die Umstellung auf nachhaltige Energieträger wie Solarenergie, Geothermie und Umweltwärme wird die Gemeinde nicht nur ihre Betriebskosten erheblich senken, sondern auch einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten.

Neben der ökologischen Verantwortung steht auch die ökonomische Effizienz im Fokus. Durch die verbesserten energetischen Standards der sanierten Gebäude wird der Energieverbrauch deutlich reduziert, was langfristig zu erheblichen Einsparungen führt.

Durch die sorgfältige Planung und Umsetzung dieser Maßnahmen demonstriert die Gemeinde Wardenburg ihre Verpflichtung zur Umweltverantwortung und unterstreicht ihre Rolle als führendes Beispiel für andere Kommunen. Die Verankerung der Grundsätze der KWP ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zur Erreichung der Klimaneutralität und spiegeln die Vision der Gemeinde wider, eine nachhaltige und lebenswerte Zukunft zu gestalten.

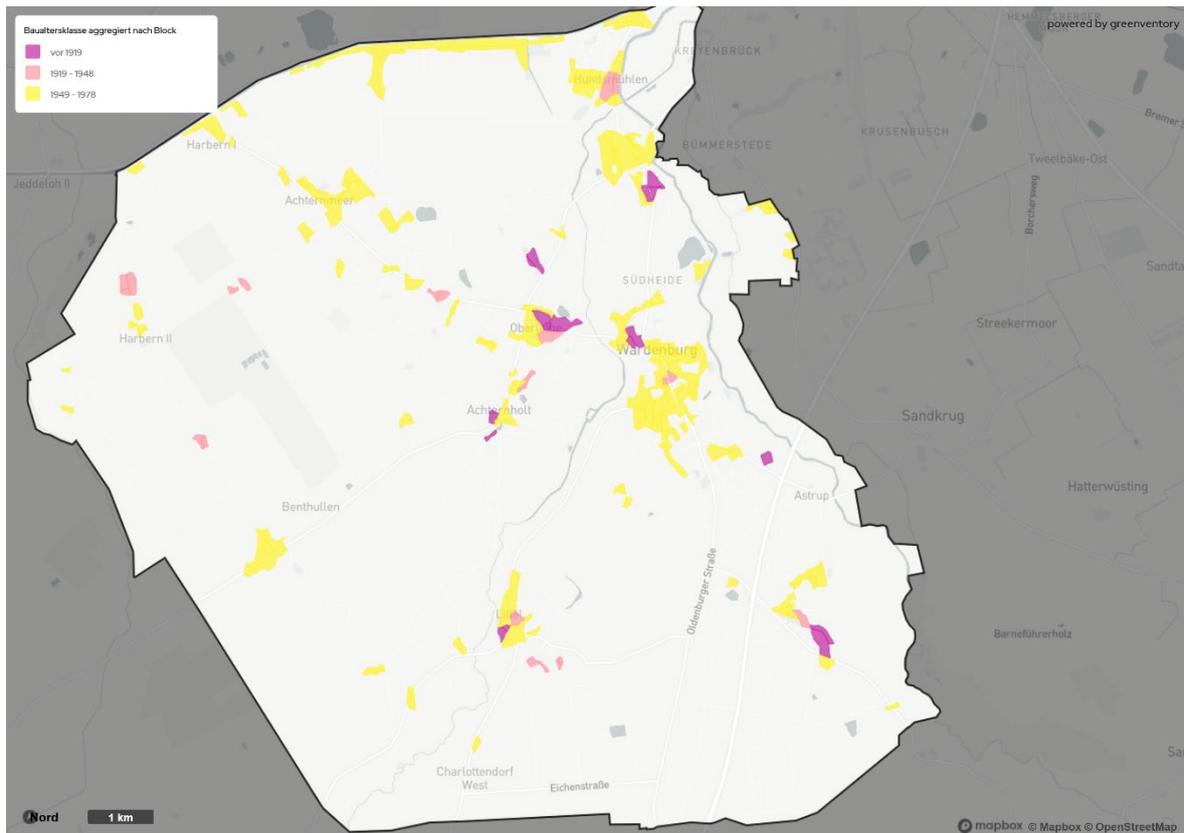
<b>Maßnahme</b>	<b>5.1</b>
<b>Maßnahmen-Bezeichnung</b>	<b>Informationskampagne für Gebäude- und Heizungssanierung sowie Realisierung von erneuerbaren Energien für Gebäude</b>
<b>Maßnahmen-Typ</b>	Information, Kommunikation, Beratung   Gebäudeeffizienz
<b>Fläche/Ort</b>	Gesamtes Gemeindegebiet
<b>Gebäudetypologie</b>	Gewerbegebäude, Wohngebäude
<b>Akteurinnen / Akteure</b>	Gemeindeverwaltung, Energieberatung, Handwerksunternehmen, ggf. Banken
<b>Nächste Umsetzungsschritte</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Durchführung Bürgerinformation hinsichtlich Gebäude- und Heizungssanierung</li> <li>Optionale Einführung digitales Erstberatungstool</li> </ol>
<b>Geschätzte Kosten</b>	25.000 €
<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung</b>	nicht konkret bezifferbar
<b>Förderung</b>	Keine direkte Förderung der Maßnahmen
<b>Umsetzungsbeginn</b>	2026

## Beschreibung der Maßnahme

Die energetische Sanierung ist ein zentrales Mittel zur Reduzierung des Wärmebedarfs und trägt maßgeblich zur Senkung der Treibhausgasemissionen bei. Besonders großes Potenzial für Sanierungsmaßnahmen und Einsparungen bei Treibhausgasen bieten Gebäude, die vor 1977 errichtet wurden. Dies liegt daran, dass die erste Wärmeschutzverordnung erst 1977 in Kraft trat und damit erstmals Mindestanforderungen an die Gebäudedämmung festlegte. Vor diesem Zeitpunkt gab es keine verbindlichen Vorgaben in diesem Bereich.

Im Gemeindegebiet gibt es zahlreiche ältere Gebäude (rund 62 %, siehe Kapitel 3.3) die den Baualtersklassen „vor 1919“, „1919 bis 1948“ und „1948 bis 1978“ zugeordnet werden können. Der größte Anteil dieser älteren Bausubstanz stammt aus den Jahren 1949 bis 1978.

Das größte Sanierungs- und Treibhausgaseinsparpotenzial haben üblicherweise Gebäude, die bis 1977 errichtet worden sind, zumal die erste Wärmeschutzverordnung 1977 in Kraft getreten ist. In dieser Wärmeschutzverordnung waren die ersten Mindestanforderungen hinsichtlich Gebäudedämmung festgelegt. Vorher gab es diesbezüglich keinerlei Vorgaben. Im Gemeindegebiet gibt es eine Vielzahl von älteren Objekten (ca. 62 %, siehe Kapitel 3.3), die vor 1979 errichtet wurden. Der Großteil der älteren Objekte stammt aus den Jahren 1949-1978 (siehe Abbildung 52).



**Abbildung 52: Gebäude bis Baujahr 1978**

Die Bürger der Gemeinde Wardenburg sollen über energetische Optimierungsmaßnahmen informiert und beraten werden. Es wird eine Einladung der Bürger zu Informationsveranstaltungen hinsichtlich Energiesparmaßnahmen, Gebäude- und Heizungssanierung und Umsetzung von regenerativen Energien für Gebäude erfolgen. Insbesondere sollen die Bewohner von Gebäuden mit einem Baujahr vor 1978, also vor Inkrafttreten der 1. Wärmeschutzverordnung, angesprochen werden. Den Teilnehmern der Veranstaltung sollen Energiespar- und Sanierungsmaßnahmen und Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten vorgestellt werden. Ziel ist es, dass Eigenheimbesitzer und Mieter einen guten Überblick über das Themenfeld erhalten und möglichst Gebrauch von Förderungen (z.B. Bundesförderung Energieberatung für Wohngebäude oder KfW-Förderungen für Wohngebäude) machen, sodass möglichst eine Vielzahl von einzelnen Energiespar- und Sanierungsmaßnahmen umgesetzt werden.

### 7.1.1. Empfehlungen für private Haushalte

Eine gezielte Information der Bürgerinnen und Bürger in der Gemeinde Wardenburg über die möglichen Wärmeversorgungsoptionen und Beratung zum Einbau klimaneutraler Wärmetechniken ist eine wesentliche Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahmen im Bereich dezentraler Wärmeversorgungsgebiete. Es wird daher empfohlen ein zentrales Informationsangebot beim Internetauftritt der Gemeinde Wardenburg zu entwickeln, um über die Ergebnisse der Wärmeplanung zu informieren und unterstützende Hinweise für die Umsetzung der Maßnahmen zu veröffentlichen. Folgende Inhalte bieten sich an, um im Bereich der dezentralen Wärmeversorgungsgebiete die Erreichung der voraussichtlich zukunftsfähigsten Wärmeversorgungsart zu ermöglichen:

- Verweis auf den **Wärmepumpencheck** von heizspiegel.de: <https://www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/energiesparchecks/waermepumpencheck/>  
**Hinweis:** Der Wärmepumpencheck gibt Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümern eine Orientierung, ob ihr Gebäude für den Betrieb einer Wärmepumpe generell geeignet ist und welche begleitenden Maßnahmen beim Wärmepumpeneinbau vorgenommen werden können, um einen effizienten Betrieb zu gewährleisten.
- Verweis auf die aktuellen Energieberatungsangeboten der Verbraucherzentrale
- Nutzung des digitalen Zwillings zur Visualisierung der Ergebnisse der KWP

Neben der Bereitstellung von Informationen wird empfohlen eine zentrale Anlaufstelle für KWP in der Gemeinde Wardenburg zu schaffen. Hier könnte neben der Einrichtung einer Homepage zur KWP in der Gemeinde Wardenburg ein Funktionspostfach mit Telefonnummer eingerichtet werden, um ansprechbar für die Bürgerinnen und Bürgern zu sein.

### 7.2. Konzept für ein Monitoring der Zielerreichung

Das Monitoringkonzept dient der regelmäßigen Überprüfung und Dokumentation von Fortschritten und Wirksamkeit der im kommunalen Wärmeplan festgelegten Maßnahmen. Ziel ist es, die Erreichung hinsichtlich einer treibhausgasneutralen Wärmeversorgung systematisch zu erfassen, zu bewerten und gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen.

### 7.2.1. Monitoringziele

- Erfassung der Effektivität der umgesetzten Maßnahmen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Kontinuierliche Prüfung des Ausbaufortschritts infrastruktureller Vorhaben (Fernwärme-Leitungen, Energiezentralen etc.)
- Frühzeitige Identifikation von Abweichungen und Handlungsbedarf
- Sicherstellung der kontinuierlichen Verbesserung der Energieeffizienz kommunaler Liegenschaften
- Dokumentation des Fortschritts

### 7.2.2. Instrumente und Methoden

**1. Energiemanagementsystem:** Implementierung eines kommunalen Energiemanagementsystems (KEMS) zur Erfassung, Analyse und Verwaltung des Energieverbrauchs der kommunalen Liegenschaften. Das KEMS soll Energieverbrauchsdaten möglichst vollständig automatisiert erfassen, um den manuellen Erfassungsaufwand zu minimieren und die Datenqualität zu verbessern.

**2. Interne Energieaudits:** Regelmäßige Durchführung von internen Energieaudits in kommunalen Liegenschaften zur Identifikation von Einsparpotenzialen und zur Überprüfung der Wirksamkeit bereits umgesetzter Maßnahmen.

**3. KWP-Kennzahlen und -Indikatoren (nach Möglichkeit georeferenziert):** Entwicklung und Anwendung spezifischer Indikatoren für Energieeffizienz, Energieinfrastruktur-Ausbau und Treibhausgasemissionen, um den Fortschritt auf der gesamtstädtischen Ebene und insbesondere der kommunalen Liegenschaften quantitativ messen zu können. Wichtige Indikatoren können hierbei sein: Energiebedarf, Erneuerbare Erzeugungsleistung, CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Reduktionen, durchgeführte Sanierungsmaßnahmen, Wärmenetzbau in km, Anzahl installierter Wärmepumpen, Anzahl PV-Anlagen.

**4. Benchmarking:** Vergleich der genannten Indikatoren mit ähnlichen Kommunen, um Best Practices zu identifizieren und Schwachpunkte aufzudecken.

### 7.2.3. Datenerfassung und -analyse

Jährliche interne Energieverbrauchsdocumentation: Alle Energieverbrauchsdaten der kommunalen Liegenschaften werden im Rahmen des KEMS jährlich erfasst und ausgewertet. Dazu gehören Strom, Wärme, Kälte und Gas. Diese können im digitalen Zwilling aktualisiert werden.

Treibhausgasbilanzierung im Drei-Jahres-Zyklus (kommunenweit): Fortschreibung der THG-Bilanz für die gesamte Gemeinde Wardenburg inkl. aller Wirtschaftssektoren, basierend auf Endenergieverbräuchen (inkl. Wärme), um die Entwicklung der Emissionen und Verbräuche im Zeitverlauf verfolgen zu können.

### 7.3. Kommunikationsstrategie und Berichterstattung

Kommunikation, Beteiligung und Akzeptanz stellen wichtige Bausteine für die erfolgreiche Planung und Umsetzung der KWP dar. Im Fokus bei der Beteiligung und der Kommunikation steht daher die Identifikation und frühzeitige, aktive Einbindung der relevanten Mitwirkenden bzw. Stakeholder, wie z. B. politische Gremien, Verwaltungsmitarbeitende der Gemeinde Wardenburg, Energieversorgende, Netzbetreibende, Industrie- und Gewerbetriebe, Betreibende von großen Wärmeerzeugungsanlagen, Investorinnen und Investoren, Handwerkerinnen und Handwerker, Anwohnende, potenzielle Kundinnen und Kunden und weiterer Interessengruppen. Der Umfang und die Art werden je Maßnahme einzeln bestimmt.

Die Öffentlichkeitsarbeit soll möglichst viele Mitwirkende und Zielgruppen erreichen, weshalb verschiedene Kommunikationsmedien verwendet werden sollen. Zur schnellen Bereitstellung von Informationen werden die Homepage der Gemeinde Wardenburg und die sozialen Medien genutzt. Auch über Printmedien wird über die aktuellen Geschehnisse und Veranstaltungen berichtet.

Darüber hinaus sollen jährliche Berichte in Form von Mitteilungsvorlagen für die Politik der Gemeinde Wardenburg erstellt werden, um die Entwicklungen, Erfolge und Herausforderungen der Wärmewende transparent zu machen.

### 7.4. Verstetigungsstrategie

Die Erstellung des Abschlussberichtes der KWP mit den Fokusgebieten und Maßnahmen stellt den Startschuss zur Umsetzung dar. Ab dem Zeitpunkt soll, gemäß Wärmeplanungsgesetz, die KWP alle fünf Jahre weitergeführt und stetig evaluiert werden. Der Einsatz des digitalen Zwillings bzw. einer digitalen Plattform wird dabei eine wichtige Rolle spielen. Jährliche Datenupdates visualisieren den Fortschritt der beschlossenen Maßnahmen deutlich. Die Gesamtkoordination soll von einer zentralen Stelle durchgeführt werden. Die mit der Aufgabe betraute Person fungiert als Schnittstelle zwischen den internen und externen Interessengruppen und ist die zentrale Anlaufstelle für Fragen und Anliegen rund um die Wärmewende vor Ort.

## 7.5. Finanzierung

Die Umsetzung der Wärmewende stellt eine erhebliche finanzielle Herausforderung dar, die eine koordinierte Anstrengung von öffentlichen, privaten und zivilgesellschaftlichen Akteurinnen und Akteuren erfordert. Es ist unerlässlich, eine multifaktorielle Finanzierungsstrategie zu entwickeln, die mehrere Einkommensquellen und Finanzinstrumente berücksichtigt.

**Öffentliche Finanzierung:** Staatliche Förderprogramme, sowohl auf nationaler als auch auf EU-Ebene, sind ein entscheidender Faktor der Finanzierungsstruktur. Diese Mittel könnten insbesondere für anfängliche Investitionen in Infrastruktur und Technologieeinführung entscheidend sein. Zudem wird empfohlen, einen festen Anteil des kommunalen Haushalts für die Wärmewende vorzusehen. Eine genaue Quantifizierung muss von den beschlossenen und geplanten Zielen der Kommune abhängen.

**Private Investitionen und PPP:** Über die Einbindung von Privatunternehmen durch Public-Private-Partnerships (PPP) können finanzielle Ressourcen für Wärmeprojekte mobilisiert werden. Gerade für den großflächigen Ausbau von Wärmenetzen ist es gewünscht, auch lokale Initiativen und Mitwirkende aus dem privaten Sektor zu unterstützen. Darüber hinaus können spezialisierte Kreditprogramme von Banken und Finanzinstituten eine wichtige Rolle spielen.

**Bürgerschaftsbeteiligung:** Die Möglichkeit einer Bürgerschaftsfinanzierung über Genossenschaftsmodelle oder Crowdfunding-Plattformen sollte aktiv beworben werden. Das erhöht die finanzielle Kapazität und stärkt die öffentliche Akzeptanz der Maßnahmen.

**Gebühren und Einnahmen:** Eine strategische Preisgestaltung für Wärmeabgabe und Energieeinspar-Contracting kann sowohl die Kosten decken als auch den Verbrauch regulieren.

## 7.6. Lokale ökonomische und finanzielle Vorteile der Wärmewende

Die Investition in eine erneuerbare Wärmeversorgung bietet nicht nur ökologische, sondern kann auch ökonomische Vorteile bieten. Einer der entscheidenden Aspekte ist die Schaffung neuer Arbeitsplätze in unterschiedlichen Sektoren, von der Entwicklung bis zur Wartung erneuerbarer Wärmetechnologien. Diese Diversifizierung des Arbeitsmarktes belebt die regionale Wirtschaft und fördert gleichzeitig die lokale Wertschöpfung. Kapital, das in lokale erneuerbare Energieressourcen und Technologien investiert wird, bleibt innerhalb der Kommune und fördert die lokale Wirtschaft in einem breiten Spektrum. Die langfristigen Betriebskosten für erneuerbare Wärmequellen wie Solarthermie und Geothermie sind in der Regel niedriger als bei fossilen Brennstoffen. Da dies jedoch von vielen Faktoren abhängt, bleibt abzuwarten, ob dadurch signifikante finanzielle Entlastungen bei den Wärmeabnehmern möglich sein werden. Lokale Handwerksbetriebe und Zulieferer können von der gesteigerten Nachfrage nach Installations- und Wartungsdienstleistungen profitieren. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist der potenzielle Anstieg der Steuereinnahmen durch die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Zudem kann die lokale Energieproduktion die Abhängigkeit von volatilen, globalen Energiemärkten reduzieren. Insgesamt sollte die Finanzierung der Wärmewende als eine Investition in die wirtschaftliche Vitalität und nachhaltige Zukunft betrachtet werden.

## 7.7. Fördermöglichkeiten

Folgende Fördermöglichkeiten orientieren sich an den beschriebenen Maßnahmen und werden zu deren Umsetzung empfohlen:

- Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)
- Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG)
- Investitionskredit Kommunen / Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen (KfW)

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) hat die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) entwickelt, die Zuschüsse für Investitionen in Wärmenetze ermöglicht. Zielgruppen sind Energieversorgungsunternehmen, Kommunen, Stadtwerke und Vereine / Genossenschaften. Das Förderprogramm soll den Neubau und die Dekarbonisierung der Wärmenetze in Deutschland beschleunigen. Die Förderung konzentriert sich entsprechend auf den Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen (mindestens 75 %) an erneuerbaren Energien und Abwärme sowie den Ausbau und die Umgestaltung bestehender Netze. Das Förderprogramm ist in vier Module gegliedert, die im Folgenden beschrieben werden:

Gefördert werden im ersten Schritt (Modul 1) die Kosten für Machbarkeitsstudien für neue Wärmenetze und Transformationspläne für den Umbau bestehender Wärmenetzsysteme. Die Förderung beträgt bis zu 50 % der förderfähigen Ausgaben und ist auf 2 Mio. Euro pro Antrag begrenzt.

Es gibt darüber hinaus Investitionszuschüsse von bis zu 40 % für Maßnahmen für den Neubau von Wärmenetzen, die zu mindestens 75 % mit erneuerbaren Energien und Abwärme gespeist werden, sowie für die Bestandsinfrastruktur von Wärmenetzen (Modul 2). Auch bei Bestandswärmenetzen sind gewisse Einzelmaßnahmen (Modul 3) wie Solarthermieranlagen, Wärmepumpen, Biomassekessel, Wärmespeicher, Rohrleitungen für den Anschluss von EE-Erzeugern und Abwärme sowie für die Erweiterung von Wärmenetzen und Wärmeübergabestationen mit bis zu 40 % der Ausgaben förderfähig. Des Weiteren besteht eine Betriebskostenförderung (Modul 4) für erneuerbare Wärmeerzeugung aus Solarthermieranlagen und strombetriebenen Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen (BAFA, 2024a).

Im Hinblick auf das novellierte Gebäudeenergiegesetz (GEG) wurde die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) angepasst (BMWSB, 2023). Die BEG vereint verschiedene frühere Förderprogramme zu Energieeffizienz und erneuerbaren Energien im Gebäudebereich. Sie fördert verschiedene Maßnahmen in den Bereichen Einzelmaßnahmen (BEG EM), Wohngebäude (BEG WG) und Nichtwohngebäude (BEG NWG). Im Rahmen der BEG EM werden Maßnahmen an der Gebäudehülle, der Anlagentechnik, der Wärmeerzeugung, der Heizungsoptimierung, der Fachplanung und Baubegleitung gefördert. Die Fördersätze variieren je nach Maßnahme. Für den Heizungstausch gibt es Zuschüsse von bis zu 70 %, abhängig von der Art des Wärmeerzeugers und des Antragstellers (BAFA, 2024b). Für Personen, die sich über die verschiedenen Fördermöglichkeiten im Bereich der Energieeffizienz und erneuerbaren Energien informieren möchten, stellt das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) eine zentrale Informations- und Antragsstelle dar. Hier können sowohl allgemeine Informationen als auch spezifische Details zu einzelnen Förderprogrammen und Antragsverfahren eingeholt werden. Ende Februar 2024 wurde mit dem KfW-Programm 458 zusätzlich eine Heizungsförderung für Privatpersonen etabliert (KfW, 2024a).

Der KfW-Zuschuss "Energetische Stadtsanierung (Programmnummer 432) für Klimaschutz und -anpassung im Quartier" wurde Ende 2023 eingestellt. Bereits zugesagte Zuschüsse sind von der Beendigung des Programms nicht betroffen und werden ausgezahlt. Als Alternative für die Finanzierung energetischer Maßnahmen nennt die KfW die Programme „Investitionskredit Kommunen (IKK)“ und „Investitionskredit Kommunale und Soziale Unternehmen (IKU)“, mit denen Investitionen in die kommunale und soziale Infrastruktur gefördert werden (KfW, 2024b).

## 8. Fazit

Die Umsetzung der KWP schafft sowohl innerhalb als auch außerhalb der für Wärmenetze geeigneten Gebiete eine höhere Planungssicherheit für die Bevölkerung. Für Kommunen, Netzbetreibende, Energieversorgende und weitere Interessengruppen bietet sie zudem eine klare Orientierung und Priorisierung, welche Gebiete für weiterführende Untersuchungen und konkrete Folgeaktivitäten besonders relevant sind. Zentrale Erfolgsfaktoren bei der Erstellung des Wärmeplans war die regelmäßige Abstimmung und Berücksichtigung der kommunalen Fachkompetenz der Verwaltung der Gemeinde Wardenburg sowie der Einsatz des digitalen Zwillings und weiterer relevanter Mitwirkenden.

Die Bestandsanalyse der aktuellen Wärmeversorgung in der Gemeinde Wardenburg verdeutlicht den dringenden Handlungsbedarf: Mehr als 90 % der bereitgestellten Wärme basiert stets auf fossilen Energieträgern, insbesondere Erdgas und Heizöl. Um das Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, ist es essenziell, diese durch nachhaltige Energiequellen zu ersetzen. Besonders der Wohnsektor, der für einen Großteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich ist, spielt dabei eine entscheidende Rolle.

Maßnahmen wie Energieberatungen, Gebäudesanierungen und der Ausbau von Wärmenetzen spielen eine zentrale Rolle für eine erfolgreiche Wärmewende. Die im Rahmen der KWP erstellte Datengrundlage bietet hierbei Transparenz und dient als entscheidende Basis für die Umsetzung. Der digitale Zwilling leistet durch die Veranschaulichung dieser Daten einen wichtigen Beitrag zur Optimierung des gesamten Planungsprozesses.

Basierend auf der Bestandsanalyse wurden im Rahmen des Projekts Wärmenetzeignungsgebiete identifiziert. Für diese Bereiche wurden erneuerbare Energiequellen sowie potenzielle Abwärmequellen untersucht und konkrete Maßnahmen zur Wärmeversorgung definiert. In diesen priorisierten Eignungsgebieten kann die Wärmewende nun gezielt vorangetrieben werden. In den nächsten Planungsschritten sollen die potenziellen Wärmenetzeignungsgebiete hinsichtlich technischer Machbarkeit und wirtschaftlicher Tragfähigkeit weiter untersucht werden, um eine belastbare Grundlage für den Bau zu schaffen. Hierfür sind sowohl die in den Maßnahmen formulierten Projektskizzen als auch nachgelagerte Machbarkeitsstudien erforderlich.

Während in den ausgewiesenen Wärmenetzeignungsgebieten die Umsetzung von Wärmenetzen in den kommenden Jahren vorangetrieben wird, prägt den Großteil der Gemeinde Wardenburg weiterhin die Einzelversorgung. Dies betrifft insbesondere Gebiete mit Einfamilien-, Doppel- und kleineren Mehrfamilienhäusern, in denen eine dezentrale Wärmeversorgung im Vordergrund stehen wird. Hier werden voraussichtlich Wärmepumpen als bevorzugte Heizlösung dominieren, während Biomasseheizungen wie etwa Pelletheizungen eine ergänzende Rolle spielen könnten (siehe Abbildung 46). Biomethan kann im Gasnetz als mittelfristige Übergangslösung fungieren, während der Einsatz von Wasserstoff nicht zu erwarten ist. Um diese Einzelversorgungsgebiete bestmöglich zu unterstützen, sollen gezielte Beratungsangebote zu Gebäudesanierung, Heizungsmodernisierung und der Nutzung erneuerbarer Energien bereitgestellt werden.

Die im Zuge der KWP erarbeiteten konkreten Maßnahmen (siehe Tabelle 6: ) bilden die ersten Schritte hin zur Transformation der Wärmeversorgung.

**Tabelle 6: Kurzübersicht der erarbeiteten Maßnahmen in Wardenburg**

Nr.	Maßnahmen	Art der Maßnahme	Kosten [€]	Fördermittel	Umsetzungsjahr				
					2025	2026	2027	2028	2029
1.1	Vorstudie Eignungsgebiet „IGS Wardenburg Am Everkamp“	Planung & Studie	ca. 25.000	BEW-Förderung optional möglich					
1.2	Vorstudie Eignungsgebiet Gewerbegebiet „Astrup“	Planung & Studie	ca. 25.000	BEW-Förderung optional möglich					
2.1	Energieberatung - aufsuchend, stationär und digital	Beratung, Koordination & Management	individuell						
3.1	Prüfung von Ausweisungen von einzelnen Sanierungsgebieten	Beratung, Koordination & Management	individuell						
4.1	Einsatz regenerativer Energiequellen und Steigerung der Energieeffizienz für kommunale Gebäude“	Planung & Studie	individuell						
5.1	Informationskampagne für Gebäude- und Heizungssanierung sowie Realisierung von erneuerbaren Energien für Gebäude	Information, Kommunikation, Beratung	ca. 25.000						

Neben dem Wohnsektor sollte auch besonderer Fokus auf den Bereich Gewerbe-Handel und Dienstleistung gelegt werden. Die ortsansässigen Unternehmen müssen aktiv in die Umsetzung der Wärmewende eingebunden werden, um beispielsweise Einsparpotenziale innerhalb ihrer Betriebe auszuschöpfen oder industrielle Abwärme effizient zu nutzen. Erste Gespräche zeigen, dass sich bereits einige Unternehmen, insbesondere in den definierten Wärmenetzeignungsgebieten, mit der Nutzung von Biogas auseinandersetzen.

Die Energiewende erfordert erhebliche Investitionen und stellt damit eine große Herausforderung für die Volkswirtschaft dar. Ein entscheidender Faktor für den Erfolg der Wärmewende ist der Einstieg mit wirtschaftlich tragfähigen Projekten, um Akzeptanz zu schaffen und langfristig eine erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten. Für Transformation und Ausbau von Wärmenetzen stehen attraktive Förderprogramme zur Verfügung, die gezielt genutzt werden sollten, um Projekte erfolgreich umzusetzen.

Gleichzeitig muss deutlich gemacht werden, dass fossile Energiequellen in Zukunft mit steigenden Kosten und zunehmenden Versorgungsrisiken verbunden sein werden, etwa durch die kontinuierliche Bepreisung von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Wärmewende kann nur durch die Zusammenarbeit zahlreicher engagierter lokaler Interessengruppen gelingen.

Durch die Beteiligung innovativer regionaler Unternehmen und die Schaffung neuer Arbeitsplätze entstehen zudem wertvolle wirtschaftliche Chancen für die gesamte Region. Gleichzeitig werden nachhaltige Strukturen aufgebaut, die langfristig zur Stabilität und Unabhängigkeit der lokalen Energieversorgung beitragen.

## Literaturverzeichnis

BAFA. (2024a). *Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)*. BAFA.de. Aufgerufen am 22. Juli 2024 unter [https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente\\_Waermenetze/effiziente\\_waermenetze\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html)

BAFA. (2024b). *Förderprogramm im Überblick*. BAFA.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente\\_Gebaeude/Foerderprogramm\\_im\\_Ueberblick/foerderprogramm\\_im\\_ueberblick\\_node.html](https://www.bafa.de/DE/Energie/Effiziente_Gebaeude/Foerderprogramm_im_Ueberblick/foerderprogramm_im_ueberblick_node.html)

BMWK. (2023). *Häufig gestellte Fragen und Antworten zum Gebäudeenergiegesetz (GEG)*. Energiewechsel.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.energiewechsel.de/KAENEF/Navigation/DE/Service/FAQ/GEG/faq-geg.html>

BMWSB. (2023). *Bundesregierung einigt sich auf neues Förderkonzept für erneuerbares Heizen*. BMWSB.bund.de. Aufgerufen am 13. Februar 2024 unter <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/pressemitteilungen/Webs/BMWSB/DE/2023/04/geg-foerderkonzept.html>

dena. (2016). *Der dena-Gebäudereport 2016. Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand*. Deutsche Energie-Agentur dena.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.dena.de/fileadmin/user\\_upload/8162\\_dena-Gebaeudereport.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/user_upload/8162_dena-Gebaeudereport.pdf)

EWE. *Ratgeber: Wärmepumpe im Altbau*  
ewe-waerme.de. Aufgerufen am 05.12.2024 unter <https://ewe-waerme.de/zuhause/ratgeber/waermepumpe-altbau>

Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze (Wärmeplanungsgesetz - WPG)

IWU. (2012). „TABULA“ – *Entwicklung von Gebäudetypologien zur energetischen Bewertung des Wohngebäudebestands in 13 europäischen Ländern*. Institut Wohnen und Umwelt (IWU). Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.iwu.de/index.php?id=205>

KEA-BW. (2020). *Leitfaden Kommunale Wärmeplanung*. KEA-BW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.kea-bw.de/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/094\\_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf](https://www.kea-bw.de/fileadmin/user_upload/Publikationen/094_Leitfaden-Kommunale-Waermeplanung-022021.pdf)

KEA-BW. (2024). *Technikkatalog zur kommunalen Wärmeplanung | Wärmewende*. KEA-BW.de. Aufgerufen am 15. Juli 2024 unter <https://www.kea-bw.de/waermewende/wissensportal/technikkatalog>

KfW. (2024a). *Heizungsförderung für Privatpersonen – Wohngebäude – Zuschuss (458)*. KfW.de. Aufgerufen am 22. Juli 2024 unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Heizungsf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-Privatpersonen-Wohngeb%C3%A4ude-\(458\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Heizungsf%C3%B6rderung-f%C3%BCr-Privatpersonen-Wohngeb%C3%A4ude-(458)/)

KfW. (2024b). *Energetische Stadtsanierung - Zuschuss (432)*. KfW.de. Aufgerufen am 12. Februar 2024 unter [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-\(432\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/%C3%96ffentliche-Einrichtungen/Kommunen/Quartiersversorgung/F%C3%B6rderprodukte/Energetische-Stadtsanierung-Zuschuss-Kommunen-(432)/)

KWW, *Emissionsfaktoren nach Energieträger (2024); Technikkatalog Wärmeplanung 1.1 (Excel-Tabelle) Wärmeplanungsgesetz (WPG) - Leitfaden und Technikkatalog - Kompetenzzentrum Kommunale Wärmewende*

Niedersächsisches Klimagesetz (NKlimaG)

Umweltbundesamt. (2023). *Erneuerbare Energien in Zahlen*. Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 12. Oktober 2023 unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>

Umweltbundesamt. (2024). *Energieverbrauch für fossile und erneuerbare Wärme*.

Umweltbundesamt.de. Aufgerufen am 14. Februar 2024 unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-fuer-fossile-erneuerbare-waerme>